

BG-Regel

Explosionsschutz-Regeln

Sammlung technischer Regeln für
das Vermeiden der Gefahren durch
explosionsfähige Atmosphäre
mit Beispielsammlung

Ausgabe Januar 2007



Vorbemerkungen zur vierten Ergänzungslieferung der EX-RL

BG-Regeln richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften und/oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den BG-Regeln enthaltenen Empfehlungen, insbesondere den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

Im Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) wurde festgelegt, dass der Textteil der EX-RL ohne Anlagen und ohne Beispielsammlung in die Technischen Regeln zur Betriebssicherheit einfließen soll. Insofern wird gegenwärtig der Textteil der EX-RL in die Technischen Regeln zur Betriebssicherheit implementiert. Die Abstimmungen zwischen dem ABS UA 5 "Brand- und Explosionsschutz" und dem Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosionsschutz" laufen so, dass der Textteil ausschließlich im ABS UA 5 bearbeitet wird. Zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Fortschreibung ist festgelegt, dass der Textteil der EX-RL zunächst ohne wesentliche Änderung in die Technischen Regeln zur Betriebssicherheit implementiert wird, wobei erforderliche redaktionelle Änderungen vorgenommen werden müssen. Änderungs- und Ergänzungsvorschläge, die beim Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosionsschutz" eingehen, werden an den ABS UA 5 weitergeleitet. Im UA 5 sind Vertreter aus dem ehemaligen Deutschen Ausschuss für explosionsgeschützte elektrische Anlagen (DExA), dem ehemaligen Deutschen Ausschuss für brennbare Flüssigkeiten (DAbF) und dem Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosionsschutz" vertreten. Um dem Anwender weiterhin ein in sich geschlossenes Basiswerk zum Explosionsschutz anzubieten, wird die EX-RL in der Summe erhalten bleiben, wobei der Textteil systematisch durch die beschlossenen Technischen Regeln zur Betriebssicherheit ausgetauscht wird.

Die Struktur der zukünftigen EX-RL ist zunächst wie folgt vorgesehen:

Textteil	TRBS 1001	Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit
	TRBS 1111	Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
	TRBS 1201	Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
	TRBS 1201 Teil 1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen
	TRBS 1203	Befähigte Personen – Allgemeiner Teil
	TRBS 1203 Teil 1	Besondere Anforderungen – Explosionsgefährdungen
	TRBS 2131	Elektrische Gefährdungen
	TRBS 2152	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines
	TRGS 720	
	TRBS 2152 Teil 1	Beurteilung der Explosionsgefährdung
	TRGS 721	
	TRBS 2152 Teil 2	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
	TRGS 722	
	TRBS 2152 Teil 3	Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
	TRBS 2152 Teil 4	Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz)
	TRBS 2153	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
	TRBS 2154	Explosionsschutzdokument
	TRBS 2155	Anwendung von Prozessleittechnik im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen
	TRBS 2156	Schutzmaßnahmen bei Instandhaltungsarbeiten
	TRBS 2157	Organisatorische Maßnahmen
Anlagen	Anlage 1	Literaturhinweise
	Anlage 2	Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV
	Anlage 3	Hinweis auf das Verzeichnis der geprüften Gaswarngeräte durch anerkannte nationale Prüfstellen
	Anlage 4	Beispielsammlung (blau)
	Anlage 5	Hinweis auf die alte Beispielsammlung

Inhaltsverzeichnis

		Seite
TRBS 1001	Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit	7
TRBS 1111	Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung	14
TRBS 1201	Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen	26
TRBS 1201 Teil 1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen	45
TRBS 1203	Befähigte Personen – Allgemeiner Teil	64
TRBS 1203 Teil 1	Besondere Anforderungen – Explosionsgefährdungen	69
TRBS 2152 TRGS 720	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines	74
TRBS 2152 Teil 1 TRGS 721	Beurteilung der Explosionsgefährdung	84
TRBS 2152 Teil 2 TRGS 722	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre	94

E Schutzmaßnahmen^{*)}

E 2	Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen)	119
E 2.1	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche	119
E 2.2	Umfang der Schutzmaßnahmen	122
E 2.3	Zündquellenarten und Schutzmaßnahmen	124
E 2.3.1	Heiße Oberflächen	126
E 2.3.2	Flammen und heiße Gase	128
E 2.3.3	Mechanisch erzeugte Funken	129
E 2.3.4	Elektrische Anlagen	132
E 2.3.5	Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	133
E 2.3.6	Statische Elektrizität	134
E 2.3.7	Blitzschlag	135

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

E 2.3.8	Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9 kHz bis 300 GHz	136
E 2.3.9	Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz bzw. Wellenlängen von 1.000 μm bis 0,1 μm (Optischer Spektralbereich)	137
E 2.3.10	Ionisierende Strahlung	138
E 2.3.11	Ultraschall	139
E 2.3.12	Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	140
E 2.3.13	Chemische Reaktionen	141
E 3	Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz)	142
E 3.1	Explosionsfeste Bauweise	143
E 3.1.1	Explosionsdruckfeste Bauweise	144
E 3.1.2	Explosionsdruckstoßfeste Bauweise	144
E 3.2	Explosionsdruckentlastung	145
E 3.3	Explosionsunterdrückung	146
E 3.4	Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkopplung)	147
E 3.4.1	Flammendurchschlagsichere Einrichtungen für Gase, Dämpfe und Nebel	147
E 3.4.2	Entkoppelungseinrichtungen für Stäube	149
E 3.4.2.1	Löschmittelsperre	149
E 3.4.2.2	Schnellschlussschieber, Schnellschlussklappe	149
E 3.4.2.3	Schnellschlussventil (Explosionsschutzventil)	150
E 3.4.2.4	Zellenradschleuse	150
E 3.4.2.5	Entlastungsschlot	150
E 3.4.2.6	Produktvorlage	151
E 3.4.2.7	Doppelschieber	151
E 3.4.3	Explosionstechnische Entkopplung bei hybriden Gemischen	151

E 4	Anwendung von Prozessleittechnik im Rahmen von Explosions- schutzmaßnahmen	151
E 5	Schutzmaßnahmen bei Instandsetzungsarbeiten	154
E 5.1	Allgemeines	154
E 5.2	Schutzmaßnahmen	154
E 6	Explosionsschutzdokument	156
E 7	Organisatorische Maßnahmen	
E 7.1	Einleitung	159
E 7.2	Unterrichtung/Unterweisung der Beschäftigten	160
E 7.3	Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben	160
E 7.4	Koordination	160
Anlage 1:	Literaturhinweise	161
Anlage 2:	Betriebssicherheitsverordnung	170
Anlage 3	Hinweis auf das Verzeichnis der geprüften Gaswarngeräte durch an- erkannte nationale Prüfstellen	230
Anlage 4	Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen nach TRBS 2152 Teil 2, Anhang Abschnitt 2 (blau)	231
Anlage 5	Hinweis auf die alte Beispielsammlung (grün)	330

Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit

Ausgabe September 2006



TRBS 1001

Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS im Dezember 2006 im Bundesanzeiger (BAnz. 232a vom 9. Dezember 2006) veröffentlicht.

Vorbemerkung

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom

Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)

ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Inhalt	Seite
1 Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit	
1.1 Ermittlung von TRBS	10
1.2 Berücksichtigung von TRBS	10
2 Aufbau der Technischen Regeln	
2.1 Gefährdungsorientierter Ansatz	10
2.2 Gruppen technischer Regeln	11
3 Gliederung des Regelwerkes	11
4 Anwendung der TRBS	
4.1 Anwendung	12
4.2 Auslösen der Vermutungswirkung	13

1 Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit

1.1 Ermittlung von TRBS

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit werden auf Grundlage von § 24 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ermittelt. Sie geben dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Die Technischen Regeln werden vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelt, der Entwicklung entsprechend angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt und im Bundesanzeiger bekannt gemacht.

1.2 Berücksichtigung von TRBS

Der Arbeitgeber hat bei der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 der BetrSichV die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln. Dabei hat er insbesondere die Gefährdungen zu berücksichtigen, die mit der Bereitstellung und Benutzung des Arbeitsmittels selbst verbunden sind und die am Arbeitsplatz durch Wechselwirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung hervorgerufen werden. Der Betreiber einer überwachungsbedürftigen Anlage hat nach § 12 der BetrSichV für den sicheren Betrieb zu sorgen.

Durch die Technischen Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung werden die jeweiligen Verpflichtungen näher bestimmt.

Die Vermutungswirkung geht von der Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen aus. Weicht ein Arbeitgeber von den in einer TRBS beispielhaft genannten **Maßnahmen** ab, so kann er den geforderten Nachweis einer gleichwertigen Erfüllung der Verordnung z.B. durch Dokumentation der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung, durch Begehungsprotokolle oder durch kommentierte Betriebsanleitungen leisten.

Öffentlich-rechtliche Sicherheitsvorschriften wie die BetrSichV und das Haftungsrecht sind getrennte Rechtsgebiete. Die Erfüllung der Anforderungen der BetrSichV ist eine Grundvoraussetzung, um im Haftungsfall ein regelkonformes Handeln nachweisen zu können. Im Haftungsfall ist dies aber ggf. nicht ausreichend. Wenn trotz Einhaltung der sicherheitstechnischen Regeln Gefahren erkennbar sind, haben Arbeitgeber oder Betreiber hierauf zu reagieren und erforderlichenfalls weitere Maßnahmen zu ergreifen.

2 Aufbau der Technischen Regeln

2.1 Gefährdungsorientierter Ansatz

Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist entscheidend für die vom Arbeitgeber zu treffenden Maßnahmen bei der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln. Gleich-

ches gilt für das Ergebnis der sicherheitstechnischen Bewertung durch den Betreiber für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen.

Die Technischen Regeln sollen dem Arbeitgeber Hilfestellung für die von ihm durchzuführende Gefährdungsbeurteilung oder dem Betreiber für die sicherheitstechnische Bewertung sowie für die zu treffenden Maßnahmen geben. Die Technischen Regeln beschreiben gefährdungsabhängig die gesetzlichen Schutzziele und nennen beispielhafte Maßnahmen. Mit diesem modularen Aufbau wird erreicht, dass ein widerspruchsfreies, kohärentes Regelwerk für alle Arbeitsmittel sowie für überwachungsbedürftige Anlagen entsteht.

Nicht Gegenstand der Technischen Regeln sind Gefährdungen, die allein von Gefahrstoffen gemäß § 3 der Gefahrstoffverordnung herrühren und deren daraus resultierende Gefährdungen gemäß § 7 Gefahrstoffverordnung ermittelt werden.

2.2 Gruppen technischer Regeln

Das Regelwerk enthält allgemeine und gefährdungsbezogene Regeln. Lösungen für technische Einzelprobleme werden nur im Ausnahmefall aufgezeigt. Allgemeine Regeln (1000er Reihe) behandeln zum einen die Sachverhalte, die Gültigkeit für das gesamte Regelwerk haben (z.B. Begriffe) und zum anderen Verfahrensregeln. Verfahrensregeln vermitteln dem Arbeitgeber/Betreiber in geeigneter Form, was und wie er etwas zu tun hat und wen er zu beteiligen oder zu beauftragen hat. Dabei werden Systematik und Lösungsansätze beschrieben.

Die gefährdungsbezogenen Regeln (2000er Reihe) geben hinsichtlich einer Gefährdungsart Hilfestellung bei der Ermittlung und Bewertung der Gefährdung und nennen beispielhafte Maßnahmen.

In Ausnahmefällen können auch spezifische Regeln für Arbeitsmittel, überwachungsbedürftige Anlagen oder Tätigkeiten festgelegt werden (3000er Reihe).

3 Gliederung des Regelwerkes

Technische Regeln werden entsprechend der folgenden thematischen Gliederung in das Regelwerk eingefügt:

1	Allgemeines und Grundlagen	(TRBS 1001 ... 1009)
1.1	Methodisches Vorgehen	
1.1.1	Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung	(TRBS 1111 ... 1119)
1.1.2	Änderung und wesentliche Veränderung	(TRBS 1121 ... 1129)
1.1.3	Dokumentation	(TRBS 1131 ... 1139)
1.1.4	Information und Kennzeichnung	(TRBS 1141 ... 1149)

TRBS 1001

1.1.5	Ergonomische Zusammenhänge	(TRBS 1151 ... 1159)
1.2	Prüfungen	(TRBS 1201 ... 1209)
1.3	Erfassung und Behandlung von Unfällen und Schadensfällen	(TRBS 1301 ... 1309)
2	Gefährdungsbezogene Regeln	
2.1	Allgemeine Gefährdungen	
2.1.1	Mechanische Gefährdungen	(TRBS 2111 ... 2119)
2.1.2	Gefährdungen durch Absturz von Personen, Lasten oder Materialien	(TRBS 2121 ... 2129)
2.1.3	Elektrische Gefährdungen	(TRBS 2131 ... 2139)
2.1.4	Gefährdungen durch Dampf und Druck	(TRBS 2141 ... 2149)
2.1.5	Brand- und Explosionsgefährdungen	(TRBS 2151 ... 2159)
2.1.6	Thermische Gefährdungen	(TRBS 2161 ... 2169)
2.1.7	Gefährdungen durch sonstige physikalische Einwirkungen	(TRBS 2171 ... 2179)
2.1.8	Sonstige Gefährdungen	(TRBS 2181 ... 2189)
2.2	Gefährdungen durch Wechselwirkungen	(TRBS 2201 ... 2209)
2.3	Tätigkeitsbezogene und sonstige Gefährdungen	
2.3.1	Tätigkeitsbezogene Gefährdungen	(TRBS 2311 ... 2319)
2.3.2	Sonstige Gefährdungen	(TRBS 2321 ... 2329)
3	Spezifische Regeln für Arbeitsmittel, überwachungsbedürftige Anlagen oder Tätigkeiten	(TRBS 3)

4 Anwendung der TRBS

4.1 Anwendung

Der Arbeitgeber hat die bei der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln auftretenden Gefährdungen zu ermitteln. Ebenso hat der Betreiber die beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen auftretenden Gefährdungen zu ermitteln. Die einzelne TRBS gibt Hilfestellung bei der Ermittlung und Bewertung der jeweiligen Gefährdung und nennt beispielhaft Maßnahmen. Die Festlegung der notwendigen Maßnahmen für die Bereit-

stellung und Benutzung des Arbeitsmittels oder für den Betrieb der überwachungsbedürftigen Anlage ergibt sich dann aus der Summe dieser Einzelbetrachtungen.

4.2 Auslösen der Vermutungswirkung

Eine TRBS wird veröffentlicht und entfaltet bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen ihre Vermutungswirkung.

Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung

Ausgabe September 2006



Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS im Dezember 2006 im Bundesanzeiger (BAnz. 232a vom 9. Dezember 2006) veröffentlicht.

Vorbemerkung

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom

Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)

ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Inhalt	Seite
1 Anwendungsbereich	18
1.1 Gefährdungsbeurteilung	18
1.2 Sicherheitstechnische Bewertung	18
2 Verantwortung	18
3 Gefährdungsbeurteilung	
3.1 Bereitstellung von Arbeitsmitteln	19
3.2 Benutzung von Arbeitsmitteln	19
3.3 Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und Folgemaßnahmen	
3.3.1 Allgemeines	20
3.3.2 Informationen beschaffen	20
3.3.3 Gefährdungen ermitteln	21
3.3.4 Gefährdungen bewerten	21
3.3.5 Maßnahmen festlegen	21
3.3.6 Maßnahmen umsetzen	22
3.3.7 Wirksamkeit der Maßnahmen überprüfen	22
3.3.8 Dokumentation	22

4	Sicherheitstechnische Bewertung überwachungsbedürftiger Anlagen	23
4.1	Informationen beschaffen	23
4.2	Gefährdungen ermitteln	23
4.3	Gefährdungen bewerten	24
4.4	Maßnahmen festlegen	24
4.5	Maßnahmen umsetzen	24
4.6	Wirksamkeit der Maßnahmen überprüfen	24

1 Anwendungsbereich

Diese Technische Regel beschreibt die Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie zur Ableitung der notwendigen Maßnahmen für

- die Bereitstellung von Arbeitsmitteln,
- die Benutzung von Arbeitsmitteln und
- das Betreiben überwachungsbedürftiger Anlagen.

1.1 Gefährdungsbeurteilung

Der Arbeitgeber hat die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes in Verbindung mit § 3 BetrSichV zu ermitteln. Dabei sind auch überwachungsbedürftige Anlagen zu berücksichtigen, die als Arbeitsmittel von Beschäftigten bei der Arbeit benutzt werden.

1.2 Sicherheitstechnische Bewertung

Gemäß § 12 Abs. 1 BetrSichV hat der Betreiber eine überwachungsbedürftige Anlage nach dem Stand der Technik zu montieren, zu installieren und zu betreiben. Nach Absatz 3 hat er die Anlage in ordnungsgemäßigem Zustand zu erhalten, zu überwachen, notwendige Instandsetzungs- oder Wartungsarbeiten unverzüglich vorzunehmen und die den Umständen nach erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen. Eine überwachungsbedürftige Anlage darf nicht betrieben werden, wenn sie Mängel aufweist, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden können (§ 12 Abs. 5 BetrSichV).

Zur Erfüllung dieser Verpflichtungen hat der Betreiber die notwendigen Maßnahmen für das sichere Betreiben einer überwachungsbedürftigen Anlage auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung festzulegen. Die Ermittlung der Prüffristen nach § 15 Abs. 1 BetrSichV erfolgt auf der Grundlage dieser Bewertung. Eine gesonderte sicherheitstechnische Bewertung ist nicht erforderlich, soweit sie bereits im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung im Sinne von § 3 BetrSichV erfolgt ist.

2 Verantwortung

Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung ist der Arbeitgeber, für die Durchführung der sicherheitstechnischen Bewertung ist der Betreiber verantwortlich. Sie können sich fachkundig beraten lassen (z.B. durch Fachkräfte für Arbeitssicherheit und Betriebsärzte). Dies wird dem Arbeitgeber oder Betreiber empfohlen, sofern er nicht selbst über die erforderlichen Kenntnisse verfügt.

Hinsichtlich der Beteiligungsrechte des Betriebsrates/Personalrates gelten die Bestimmungen des Betriebsverfassungsgesetzes.

3 Gefährdungsbeurteilung

3.1 Bereitstellung von Arbeitsmitteln

Ziel der Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln ist die Auswahl eines geeigneten Arbeitsmittels, bei dessen bestimmungsgemäßer Benutzung Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten gewährleistet sind. Dabei hat der Arbeitgeber die ergonomischen Erfordernisse zu berücksichtigen.

Die Bereitstellung umfasst auch Montagearbeiten, wie den Zusammenbau eines Arbeitsmittels einschließlich der für die sichere Benutzung erforderlichen Installationsarbeiten. Die dadurch auftretenden Gefährdungen sind bei der Auswahl des Arbeitsmittels zu berücksichtigen.

Weiterhin hat der Arbeitgeber die Anforderungen an das bereitzustellende Arbeitsmittel hinsichtlich möglicher Wechselwirkungen des Arbeitsmittels mit bereits vorhandenen Arbeitsmitteln, Arbeitsstoffen und der Arbeitsumgebung zu ermitteln. Diese sind dahingehend zu bewerten, ob hierdurch neue Gefährdungen (z.B. beengte Raumverhältnisse durch Aufstellen einer zusätzlichen Maschine) auftreten oder bereits vorhandene Gefährdungen (z.B. bereits vorhandene Lärmquellen) verändert werden.

Für Arbeitsmittel, deren Sicherheit vom Zusammenbau und der Installation abhängt, müssen außerdem die Gefährdungen ermittelt und bewertet werden, die sich aus der Montage ergeben können und die erforderlichen Maßnahmen festgelegt werden, um eine sichere Benutzung zu gewährleisten.

Auf Grundlage der Bewertung sind die Anforderungen an das Arbeitsmittel und die Voraussetzungen für seine Bereitstellung festzulegen. Bei komplexen Arbeitsmitteln sind Vorgaben für die Herstellung (Einsatz bestimmter Werkstoffe, Berücksichtigung sich anschließender fertigungstechnischer Einheiten) im Hinblick auf die sichere Benutzung und den sicheren Betrieb sinnvoll, z.B. in Form eines Pflichtenheftes.

3.2 Benutzung von Arbeitsmitteln

Ziel der Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen bei der Benutzung von Arbeitsmitteln ist die Ableitung notwendiger Maßnahmen einschließlich notwendiger Prüfungen, um Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Benutzung der Arbeitsmittel gemäß § 2 Abs. 3 BetrSichV zu gewährleisten. Dabei sind auch Gefährdungen durch Betriebsstörungen und bei der Störungssuche zu berücksichtigen.

Gegenstand der Ermittlung und Bewertung sind die Gefährdungen, die von der Benutzung des Arbeitsmittels selbst ausgehen (z.B. durch Funkenflug bei einem Handschleifgerät) wie auch Gefährdungen, die durch Wechselwirkungen mit anderen Arbeitsmitteln, mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung (z.B. durch Lichtbögen beim Schweißen) hervorgerufen werden.

Bei der Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen sind die Fähigkeiten und die Eignung der Beschäftigten, die das Arbeitsmittel benutzen, einzubeziehen.

3.3 Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und Folgemaßnahmen

3.3.1 Allgemeines

Das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) verpflichtet den Arbeitgeber dazu, zu ermitteln, ob Gefährdungen für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz bestehen und diese zu bewerten. Auf dieser Grundlage hat er die notwendigen Maßnahmen zu treffen und die Wirksamkeit der Maßnahmen zu überprüfen. Diese Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG wird durch die Anforderungen der BetrSichV für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln konkretisiert.

In dieser TRBS wird der grundsätzliche Ablauf zur Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen sowie zur Ableitung von Maßnahmen beschrieben (**Bild 1**). Die gefährdungsbezogenen Technischen Regeln (2000er Reihe) können für die jeweils identifizierte Gefährdung konkrete Hilfestellung zur Ermittlung und Bewertung geben. Bezogen auf die Gefährdung nennen sie beispielhaft Maßnahmen, wie der Gefährdung begegnet werden kann.

Der Umfang und die Methodik der Gefährdungsbeurteilung orientiert sich an der Art des einzelnen Arbeitsmittels und den betrieblichen Gegebenheiten. Bei gleichartigen Arbeitsmitteln und Gefährdungen reicht die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung für ein Arbeitsmittel aus.

Bei Änderungen an Arbeitsmitteln, Arbeitsstoffen, der Arbeitsumgebung oder bei dem das Arbeitsmittel benutzenden Personal ist zu prüfen, ob sich diese auf die Ergebnisse der bestehenden Gefährdungsbeurteilung auswirken und ob in deren Folge zusätzliche oder ergänzende Maßnahmen erforderlich sind. Ebenso können neue Erkenntnisse, z.B. auf Grund von Prüfungen, Unfällen oder Schadensfällen, dies erfordern.

3.3.2 Informationen beschaffen

Zur Vorbereitung der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Informationen zu beschaffen, z.B. über

- rechtliche Grundlagen,
- vorliegende Gefährdungsbeurteilungen,
- Hersteller- und Lieferinformationen,
- Informationen zu Arbeitsstoffen und zur Arbeitsumgebung,
- Erfahrungen der Beschäftigten,
- das Unfallgeschehen und
- Fähigkeiten und Eignung der Beschäftigten, die das Arbeitsmittel benutzen.

3.3.3 Gefährdungen ermitteln

Zur Ermittlung von Gefährdungen muss geprüft werden, ob durch die Bereitstellung oder Benutzung des zu betrachtenden Arbeitsmittels Beeinträchtigungen der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu erwarten sind.

Gefährdungen sind z.B.

- mechanische Gefährdungen,
- Gefährdungen durch Absturz von Personen, Lasten oder Materialien,
- elektrische Gefährdungen,
- Gefährdungen durch Dampf und Druck,
- Brand- und Explosionsgefährdung,
- thermische Gefährdungen und
- Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen, z.B. Lärm, Erschütterungen.

Dabei sind die Gefährdungen, die von dem Arbeitsmittel selbst ausgehen können oder die durch Wechselwirkungen mit anderen Arbeitsmitteln, Arbeitsstoffen oder mit der Arbeitsumgebung auftreten können, zu berücksichtigen.

3.3.4 Gefährdungen bewerten

Die ermittelten Gefährdungen sind dahingehend zu bewerten, ob Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten ohne weitere Maßnahmen gewährleistet sind. Ist dies nicht der Fall, sind die notwendigen zusätzlichen Maßnahmen festzulegen. Hierbei sind die gefährdungsbezogenen technischen Regeln als Entscheidungsmaßstab zu berücksichtigen.

Darüber hinaus können beispielsweise folgende Quellen zur Bewertung herangezogen werden:

- Betriebserfahrungen und eigene Einschätzungen
- Betriebsanleitungen
- Vorschriften und Regelwerke der Unfallversicherungsträger
- Expertenmeinungen
- Messergebnisse

3.3.5 Maßnahmen festlegen

Als Ergebnis der Beurteilung der Gefährdungen legt der Arbeitgeber die notwendigen Maßnahmen fest. Die Maßnahmen dienen dazu, die Gefährdung zu vermeiden oder hinreichend zu begrenzen. Bei der Festlegung von Maßnahmen sind die allgemeinen Grundsätze nach § 4 ArbSchG zu berücksichtigen. Die nachfolgenden Maßnahmen sind in der vorliegenden Rangfolge auf Realisierbarkeit zu prüfen:

1. Vermeidung der Gefährdung
2. Verbleibende Gefährdung möglichst gering halten
3. Schutz vor Gefährdung durch Einsatz technischer Maßnahmen
4. Personen aus dem Gefahrenbereich fernhalten
5. Schulen und Unterweisen
6. Schutz vor Gefährdungen durch Einsatz persönlicher Schutzausrüstung

Dabei sind die Zusammenhänge zwischen Arbeitsplatz, Arbeitsmittel, Arbeitsorganisation, Arbeitsablauf und Arbeitsaufgabe zu berücksichtigen. Die gefährdungsbezogenen technischen Regeln (2000er Reihe) berücksichtigen, bezogen auf die jeweilige konkrete Gefährdung, diese Rangfolge bei den genannten Maßnahmen.

Für Prüfungen der Arbeitsmittel ist die konkrete Vorgehensweise zur Ermittlung von Prüfart, Prüfungsfumfang und Prüffrist sowie der Auswahl der mit der Prüfung zu beauftragenden Person in der TRBS 1201 beschrieben. Anforderungen an die Auswahl der befähigten Person sind in der TRBS 1203 enthalten.

Als Ergebnis der Beurteilung der Gefährdungen können auch Anforderungen an die Qualifikation der Beschäftigten, die das Arbeitsmittel benutzen, festgelegt werden (z.B. Benutzung eines Gabelstaplers nur durch geschulte Personen).

3.3.6 Maßnahmen umsetzen

Der Arbeitgeber hat die Voraussetzungen zu schaffen und dafür zu sorgen, dass die festgelegten Maßnahmen umgesetzt und eingehalten werden.

3.3.7 Wirksamkeit der Maßnahmen überprüfen

Bei der Kontrolle der Wirksamkeit muss der Arbeitgeber insbesondere feststellen, ob

- die Maßnahmen geeignet und ausreichend wirksam sind und
- sich aus diesen Maßnahmen keine neuen Gefährdungen ergeben haben.

Wird festgestellt, dass die Maßnahmen nicht ausreichend wirksam sind oder sich daraus neue Gefährdungen ergeben, muss der beschriebene Prozess der Gefährdungsbeurteilung erneut durchlaufen werden (**Bild 1**).

3.3.8 Dokumentation

Die Dokumentation nach § 6 ArbSchG muss darauf geprüft werden, ob Ergänzungen im Hinblick auf die Ermittlung der Prüffristen nach Art, Frist, Umfang und Prüfpersonen für Arbeitsmittel nach § 3 Abs. 3 BetrSichV notwendig sind.

Bei gleichartigen Arbeitsmitteln und Gefährdungen ist es ausreichend, wenn die Dokumentation zusammengefasste Angaben enthält.

4 Sicherheitstechnische Bewertung überwachungsbedürftiger Anlagen

Zur Erfüllung seiner Verpflichtungen nach § 12 BetrSichV ermittelt der Betreiber die notwendigen Maßnahmen für das sichere Betreiben einer überwachungsbedürftigen Anlage in einer sicherheitstechnischen Bewertung zum Schutz Beschäftigter oder Dritter. Die Ermittlung der Prüffristen nach § 15 Abs. 1 BetrSichV erfolgt auf der Grundlage dieser Bewertung. Der folgende Ablauf der sicherheitstechnischen Bewertung berücksichtigt auch den Fall, dass der Betreiber nicht Arbeitgeber ist und deshalb nicht den Abschnitt 2 der BetrSichV zu berücksichtigen hat. Der folgende Ablauf kann entfallen, soweit die Aspekte der sicherheitstechnischen Bewertung bereits vollständig in einer Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt sind.

4.1 Informationen beschaffen

Zur Vorbereitung hat der Betreiber einer überwachungsbedürftigen Anlage die erforderlichen Informationen zu beschaffen, z.B. über

- rechtliche Grundlagen,
- vorliegende sicherheitstechnische Bewertungen und Gefährdungsbeurteilungen,
- Hersteller- und Lieferinformationen,
- die Personen, denen die überwachungsbedürftige Anlage nicht als Arbeitsmittel bereitgestellt wurde, die aber die Anlage nutzen,
- Personen, die durch den Betrieb der überwachungsbedürftigen Anlage gefährdet werden können und
- das Unfall- und Schadensgeschehen.

4.2 Gefährdungen ermitteln

Es sind die Gefährdungen zu ermitteln, die beim Betrieb einer überwachungsbedürftigen Anlage auftreten können. Hierzu können z.B. gehören:

- Mechanische Gefährdungen,
- Gefährdungen durch Absturz von Personen, Lasten oder Materialien,
- Elektrische Gefährdungen,
- Gefährdungen durch Dampf und Druck,
- Brand- und Explosionsgefährdung,
- Thermische Gefährdungen und
- Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen.

Dabei sind die Gefährdungen, die von dem Betrieb einer überwachungsbedürftigen Anlage selbst ausgehen können oder die durch Wechselwirkungen mit anderen Anlagen oder der Umgebung entstehen können, zu berücksichtigen.

4.3 Gefährdungen bewerten

Die ermittelten Gefährdungen sind dahingehend zu bewerten, ob der Schutz von Beschäftigten oder Dritten ohne zusätzliche Maßnahmen gewährleistet ist. Ist dies nicht der Fall, sind die notwendigen Maßnahmen festzulegen. Hierbei sind die technischen Regeln als Entscheidungsmaßstab zu berücksichtigen. Darüber hinaus können beispielsweise folgende Quellen zur Bewertung herangezogen werden:

- Betriebserfahrungen und eigene Einschätzungen
- Angaben zur Auslegung und Fertigung sowie Betriebsanleitungen
- Expertenmeinungen
- Ergebnisse aus Prüfungen

4.4 Maßnahmen festlegen

Maßnahmen dienen dazu, den sicheren Betrieb einer überwachungsbedürftigen Anlage zu gewährleisten. Dazu gehören

- Sicherstellung des Betriebs innerhalb der festgelegten Parameter,
- Festlegung von Prüfungen (Art und Umfang der Prüfung, Prüffristen, Auswahl der Prüfer, soweit nicht vom Gesetzgeber vorgegeben),
- Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten und
- Information, z.B. Verbots- oder Hinweisschilder.

Für Prüfungen der überwachungsbedürftigen Anlage ist die konkrete Vorgehensweise zur Ermittlung von Prüffart, Prüfumfang und Prüffrist sowie der Auswahl der neben der zugelassenen Überwachungsstelle mit Prüfungen zu beauftragenden Personen in der TRBS 1201 beschrieben. Anforderungen an die Auswahl der befähigten Person sind in der TRBS 1203 enthalten.

4.5 Maßnahmen umsetzen

Der Betreiber der überwachungsbedürftigen Anlage hat die Voraussetzungen zu schaffen und dafür zu sorgen, dass die festgelegten Maßnahmen umgesetzt und eingehalten werden.

4.6 Wirksamkeit der Maßnahmen überprüfen

Bei der Kontrolle der Wirksamkeit muss der Betreiber insbesondere feststellen, ob

- die Maßnahmen geeignet und ausreichend wirksam sind und
- sich aus diesen Maßnahmen keine neuen Gefährdungen ergeben haben.

Wurde festgestellt, dass die Maßnahmen nicht ausreichend wirksam sind oder sich daraus neue Gefährdungen ergeben haben, muss der beschriebene Prozess der sicherheitstechnischen Bewertung erneut durchlaufen werden.

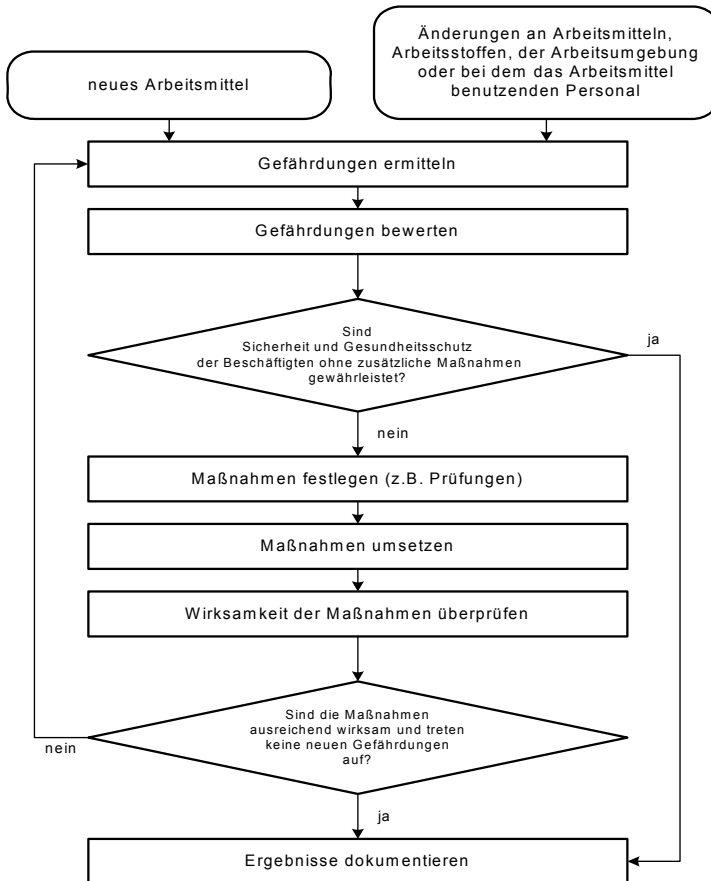


Bild 1: Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und Folgemaßnahmen

Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen

Ausgabe September 2006



Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS im Dezember 2006 im Bundesanzeiger (BAnz. 232a vom 9. Dezember 2006) veröffentlicht.

Vorbemerkung

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom

Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)

ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	30
2	Begriffserläuterungen und -bestimmungen	
2.1	Prüfung	30
2.2	Prüfart	31
2.3	Prüfumfang	31
2.4	Prüffrist	32
2.5	Prüfgegenstand	32
3	Ermittlung und Festlegung erforderlicher Prüfungen	
3.1	Allgemeines	32
3.2	Festlegung des Sollzustandes	33
3.3	Festlegung der mit der Prüfung zu beauftragenden Person	33
3.3.1	Prüfungen, durch unterwiesene Personen, soweit sie nicht nach 3.3.2 bis 3.3.4 geregelt sind	34
3.3.2	Prüfungen nach § 10 BetrSichV durch befähigte Personen	34
3.3.3	Prüfungen von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen	36
3.3.4	Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen	36

3.4	Festlegung von Prüfart und Prüfumfang	
3.4.1	Prüfungen durch unterwiesene Personen, soweit sie nicht nach Nrn. 3.3.2 bis 3.3.4 geregelt sind	37
3.4.2	Prüfungen nach § 10 BetrSichV durch befähigte Personen	37
3.4.3	Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen	38
3.4.4	Prüfungen von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen	38
3.5	Festlegung der Prüffrist	
3.5.1	Prüfungen durch unterwiesene Personen, soweit sie nicht nach Nrn. 3.3.2 bis 3.3.4 geregelt sind	38
3.5.2	Prüfungen nach § 10 BetrSichV durch befähigte Personen	38
3.5.3	Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen	41
4	Durchführung der Prüfung	41
4.1	Vergleich und Bewertung	42
4.2	Aufzeichnungen	
4.2.1	Aufzeichnungen von Prüfungen nach Nr. 3.3.1	44
4.2.2	Aufzeichnungen von Prüfungen nach Nr. 3.3.2	44
4.2.3	Prüfbescheinigungen und Aufzeichnungen von Prüfungen nach Nr. 3.3.4	44

1 Anwendungsbereich

Diese Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung hinsichtlich

- der Ermittlung und Festlegung von Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen,
- der Verfahrensweise zur Bestimmung der mit der Prüfung zu beauftragenden Person,
- der Durchführung der Prüfungen und
- der Erstellung der ggf. erforderlichen Aufzeichnungen.

Sie gilt auch für die Prüfung der Explosionssicherheit an Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV vor erstmaliger Nutzung (s. TRBS 1201 Teil 1).

Prüfungen zählen zu den vom Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelten Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel. Beim Betreiben überwachungsbedürftiger Anlagen gehören Prüfungen zu den notwendigen Maßnahmen, die der Betreiber zum Schutz Beschäftigter und Dritter in einer sicherheitstechnischen Bewertung festlegt. Dies umfasst auch alle Prüfungen, die zur Einhaltung des ordnungsgemäßen Zustands nach § 12 BetrSichV erforderlich sind. Hinsichtlich der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bzw. der sicherheitstechnischen Bewertung gilt die TRBS 1111.

Prüfungen von Arbeitsmitteln sind nach dem Abschnitt 2 der BetrSichV durchzuführen. Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen sind im Abschnitt 3 der BetrSichV geregelt. Sind überwachungsbedürftige Anlagen als Arbeitsmittel bereitgestellt und werden sie von Beschäftigten bei der Arbeit benutzt, hat der Arbeitgeber/Betreiber seine Verpflichtungen sowohl nach dem Abschnitt 2 als auch nach dem Abschnitt 3 der BetrSichV zu erfüllen. Doppelprüfungen sind hieraus jedoch nicht abzuleiten.

2 Begriffserläuterungen und -bestimmungen

2.1 Prüfung

Prüfung ist

- die Ermittlung des Istzustandes
- eines Arbeitsmittels,
- einer überwachungsbedürftigen Anlage oder
- eines Arbeitsplatzes in explosionsgefährdeten Bereichen nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV,
- der Vergleich des Istzustandes mit dem Sollzustand sowie
- die Bewertung der Abweichung des Istzustandes vom Sollzustand.

Istzustand umfasst den durch die Prüfung festgestellten Zustand des Prüfgegenstandes.

Sollzustand ist bei Arbeitsmitteln der durch die Gefährdungsbeurteilung festgelegte sichere Zustand für die weitere Benutzung und bei überwachungsbedürftigen Anlagen der durch die sicherheitstechnische Bewertung festgelegte ordnungsgemäße Zustand für den weiteren Betrieb.

2.2 Prüffart

Prüffarten werden unterschieden nach der Methode und dem Verfahren der Durchführung.

Prüffarten sind z.B.

- Ordnungsprüfungen und
- technische Prüfungen.

Bei der Ordnungsprüfung wird insbesondere festgestellt, ob

- die erforderlichen Unterlagen vorhanden und schlüssig sind,
- der Prüfgegenstand gemäß Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung eingesetzt und verwendet wird,
- die von der Behörde ggf. geforderten Auflagen im Erlaubnis- oder Genehmigungsbescheid eingehalten sind,
- die erforderlichen Prüfparameter definiert sind (Prüfumfang, Prüffrist),
- die technischen Unterlagen mit der Ausführung übereinstimmen,
- die Beschaffenheit oder die Betriebsbedingungen seit der letzten Prüfung geändert worden ist bzw. sind.

Bei der technischen Prüfung werden die sicherheitstechnisch relevanten Merkmale eines Prüfgegenstandes auf Zustand, Vorhandensein und ggf. Funktion am Objekt selbst mit geeigneten Verfahren geprüft. Hierzu gehören z.B.

- äußere oder innere Sichtprüfung,
- Funktions- und Wirksamkeitsprüfung,
- Prüfung mit Mess- und Prüfmitteln,
- labortechnische Untersuchung,
- zerstörungsfreie Prüfung und
- Prüfung mit datentechnisch verknüpften Messsystemen (z.B. Online-Überwachung).

2.3 Prüfumfang

Prüfumfang umfasst sowohl die Auswahl der Prüfgegenstände (z.B. Komponenten, Stichproben) als auch die Tiefe der jeweiligen Prüfung.

2.4 Prüffrist

Prüffrist ist der Zeitraum bis zur nächsten wiederkehrenden Prüfung. Sie muss so festgelegt werden, dass der Prüfgegenstand nach allgemein zugänglichen Erkenntnisquellen und betrieblichen Erfahrungen im Zeitraum zwischen zwei Prüfungen sicher benutzt werden kann.

2.5 Prüfgegenstand

Prüfgegenstand können Arbeitsmittel, überwachungsbedürftige Anlagen und Arbeitsplätze nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV, Teile hiervon und zugehörige Dokumente sein.

3 Ermittlung und Festlegung erforderlicher Prüfungen

3.1 Allgemeines

Es ist zwischen folgenden Prüfungen zu unterscheiden:

- Prüfungen nach § 3 Abs. 3 BetrSichV
- Prüfungen nach § 10 BetrSichV
- Prüfungen nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV
- Prüfungen an überwachungsbedürftigen Anlagen nach §§ 14, 15 und 17 BetrSichV

Für die einzelnen Prüfungen sind Prüffart, Prüfumfang und ggf. Prüffristen durch den Arbeitgeber entsprechend der jeweiligen Beanspruchung festzulegen. Bei Prüfungen nach § 3 Abs. 3 BetrSichV hat er auch zu ermitteln und festzulegen, welche Voraussetzungen die Personen erfüllen müssen, die von ihm mit der Prüfung beauftragt werden.

Wenn Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen unterliegen, die zu gefährlichen Situationen führen können, können die Anforderungen nach § 10 Abs. 2 Satz 1 BetrSichV auch durch die ständige Überwachung erfüllt werden. Arbeitsmittel gelten als ständig überwacht, wenn sie unter verantwortlicher Einbeziehung der befähigten Person durch qualifiziertes Fachpersonal in Stand gehalten werden und durch messtechnische Maßnahmen überwacht werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass Schäden rechtzeitig entdeckt und behoben werden können.

Ausgehend von der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung hat der Arbeitgeber/Betreiber die im Hinblick auf Prüfungen zutreffenden

- Informationen des Herstellers des Arbeitsmittels bzw. der überwachungsbedürftigen Anlage,
 - Erkenntnisse der gesetzlichen Unfallversicherungsträger,
 - betrieblichen Erfahrungen und
 - sonstigen Informationen zum Stand der Technik
- zu berücksichtigen.

3.2 Festlegung des Sollzustandes

Der Arbeitgeber/Betreiber legt den Sollzustand für die sichere Bereitstellung und Benutzung des Arbeitsmittels, für den Betrieb der überwachungsbedürftigen Anlage sowie für die Explosionssicherheit an Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen fest. Bei der Festlegung des Sollzustandes berücksichtigt er auch

- Informationen des Herstellers,
- standardisierte oder vereinbarte Betriebsbedingungen (z.B. Herstellerspezifikationen, Sicherheitsabstände, Umgebungsbedingungen wie Klima und Beleuchtung, Schallleistungspegel, Leistungsaufnahme, zulässige Abnutzungsraten),
- Bedingungen mit definierter Überlast und sonstige Grenzbedingungen (z.B. Drehzahl, Geschwindigkeiten, Lasten, Bearbeitungsräume) und
- Betriebsabläufe.

Beispiele für die Festlegung des Sollzustandes:

- erforderliche Schutzart eines elektrischen Arbeitsmittels
- erforderliche Schutzeinrichtungen: Lichtschranken, Kontaktleisten, Schutzgitter, Sicherheitsventile

3.3 Festlegung der mit der Prüfung zu beauftragenden Person

Die mit der Prüfung zu beauftragende Person ist vom Arbeitgeber/Betreiber entsprechend der nach BetrSichV notwendigen Prüfungen festzulegen. Dabei sind die in der Verordnung genannten Bedingungen zu beachten (siehe **Bild 1**).

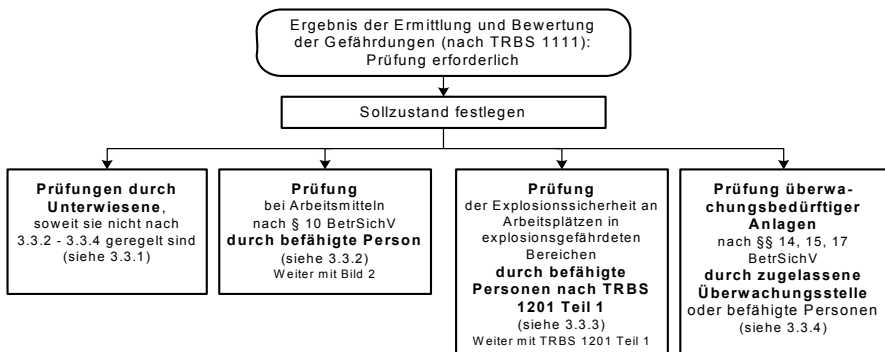


Bild 1: Prüfende Personen

3.3.1 Prüfungen, durch unterwiesene Personen, soweit sie nicht nach 3.3.2 bis 3.3.4 geregelt sind

Der Arbeitgeber hat die notwendigen Voraussetzungen zu ermitteln und festzulegen, welche die Personen erfüllen müssen, die er mit den Prüfungen an Arbeitsmitteln beauftragt.

Bei diesen Prüfungen ist i.d.R. davon auszugehen, dass

- Gefährdungen, die vom Prüfgegenstand ausgehen, ohne oder mit einfachen Hilfsmitteln offensichtlich feststellbar sind und
- der Sollzustand jedem nach § 9 BetrSichV unterwiesenen Beschäftigten einfach vermittelbar ist und
- der Istzustand von jedem nach § 9 BetrSichV unterwiesenen Beschäftigten leicht erkennbar ist und
- der Prüfungsumfang nur wenige Prüfschritte umfasst und
- die Abweichung zwischen Ist- und Sollzustand durch nach § 9 BetrSichV unterwiesene Personen einfach bewertbar ist.

Gleiches gilt für den Betreiber einer überwachungsbedürftigen Anlage. Es handelt sich dabei um die sich aus der sicherheitstechnischen Bewertung ergebenden Maßnahmen zur Einhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes.

3.3.2 Prüfungen nach § 10 BetrSichV durch befähigte Personen

Die Prüfung des Arbeitsmittels durch eine befähigte Person (siehe **Bild 2**) ist erforderlich nach

- § 10 Abs. 1 Satz 1 BetrSichV, wenn die Sicherheit der Arbeitsmittel von den Montagebedingungen abhängt,
- § 10 Abs. 2 Satz 1 BetrSichV, wenn die Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen unterliegen, die zu gefährlichen Situationen führen können,
- § 10 Abs. 2 Satz 2 BetrSichV, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben, die schädigende Auswirkungen auf die Sicherheit der Arbeitsmittel haben können sowie
- § 10 Abs. 3 BetrSichV nach Instandsetzungsarbeiten, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können.

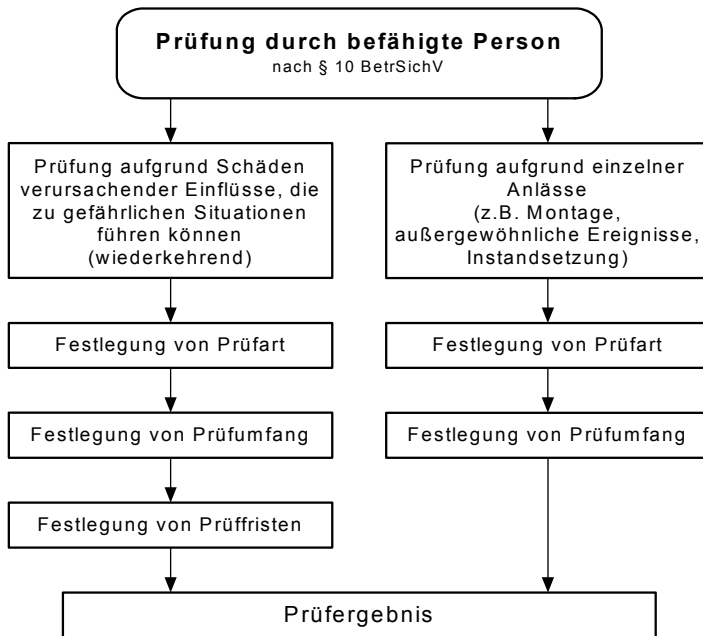


Bild 2: Prüfungen nach § 10 BetrSichV

Beispiele für Arbeitsmittel, deren Sicherheit von den Montagebedingungen abhängen kann:

- Baustellenkrane
- Zentrifugen
- Arbeitsmittel, die vor der ersten Inbetriebnahme zusammengesetzt, montiert und aufgestellt werden (z.B. Werkzeugmaschinen, Krane, Baustromverteiler)
- Rammen

Beispiele für Schäden verursachende Einflüsse, die zu gefährlichen Situationen führen können:

- Verschleiß der Tragmuttern an einer Fahrzeughebebühne
- Korrosive Medien bei Lagerbehältern
- Verschmutzung von Isolierstrecken an elektrischen Arbeitsmitteln
- Abnutzung von Kupplungs- und Bremsbelägen an Exzenterpressen
- UV-Strahlung, die zur Versprödung von Kunststoffteilen führt
- längere Zeiten der Nichtbenutzung (Alterung, Witterung, Verschmutzung)

Beispiele für außergewöhnliche Ereignisse, die schädigende Einflüsse auf die Sicherheit der Arbeitsmittel haben können:

- Naturereignisse (Blitzschlag, Sturm, Überschwemmung)
- Unfälle (Umstürzendes Arbeitsmittel, Abstürzen eines Arbeitsmittels, Zusammenstoß)
- Veränderungen an Arbeitsmitteln (Aufspielen einer neuen Software, Austausch der Antriebe mit solchen anderer Kenndaten)
- Längere Zeiträume der Nichtbenutzung (Stillstandszeiten des Arbeitsmittels, die den Zeitraum zwischen den wiederkehrenden Prüfungen überschreiten)

Beispiele für Instandsetzungsarbeiten, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können:

- Austausch von Steuerungselementen
- Austausch von Schutzeinrichtungen
- Austausch einer elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Netzanschlussleitung

3.3.3 Prüfungen von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen

Prüfungen der Explosionssicherheit an Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV sind in TRBS 1201 Teil 1 geregelt.

3.3.4 Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen

Die Prüfung einer überwachungsbedürftigen Anlage durch eine zugelassene Überwachungsstelle oder befähigte Person ist erforderlich nach

- § 14 Abs. 1 BetrSichV vor erstmaliger Inbetriebnahme und vor Inbetriebnahme nach einer wesentlichen Veränderung,
- § 14 Abs. 2 BetrSichV nach einer Änderung, soweit der Betrieb oder die Bauart der Anlage durch die Änderung beeinflusst wird,
- § 14 Abs. 6 BetrSichV nach Instandsetzung von Geräten, Schutzsystemen oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG,
- § 15 BetrSichV wiederkehrend sowie
- § 17 BetrSichV in Verbindung mit Anhang 5 bei besonderen Druckgeräten.

Einzelheiten zu diesen Prüfungen sind in Folgeteilen dieser TRBS geregelt. Dabei handelt es sich um die mit dem Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen verbundenen spezifischen Gefährdungen. Sind die überwachungsbedürftigen Anlagen zugleich Arbeitsmittel, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu klären, ob auch Prüfungen nach Nummern 3.3.1 und 3.3.2 erforderlich sind.

3.4 Festlegung von Prüfmart und Prüfumfang

3.4.1 Prüfungen durch unterwiesene Personen, soweit sie nicht nach Nrn. 3.3.2 bis 3.3.4 geregelt sind

Diese Prüfungen bestehen in der Regel aus Sicht- oder Funktionsprüfungen.

Beispiele:

- Sichtprüfung vor Arbeitsaufnahme, um zu erkennen, ob am Hammerkopf der Keil fehlt
- Funktionsprüfungen der Bedienungseinrichtungen an einem Kran bei Arbeitsbeginn
- Funktionsprüfung von Bremsen an Flurförderzeugen vor Beginn jeder Arbeitsschicht
- Funktionsfähigkeit der Beleuchtung in der Aufzugskabine

3.4.2 Prüfungen nach § 10 BetrSichV durch befähigte Personen

Für Arbeitsmittel, die von der befähigten Person entsprechend Nummer 3.3.2 dieser Technischen Regel geprüft werden, sind die zu prüfenden Merkmale in Abhängigkeit von den Erfordernissen der bestimmungsgemäßen Benutzung erforderlichen Eigenschaften ggf. schriftlich festzulegen.

Die Prüfung besteht z.B. aus Sichtprüfungen oder Messungen mit technischen Hilfsmitteln. Sie ist unter angemessenen technisch-organisatorischen Rahmenbedingungen, ggf. verbunden mit einer Zerlegung des Arbeitsmittels und eingehender Funktionsprüfung, durchzuführen.

Für die Festlegung von Prüfmart und Prüfumfang sind u.a. die folgenden Fragen durch den Arbeitgeber zu beantworten:

- Welche sicherheitstechnisch relevanten Merkmale sind für das jeweilige Arbeitsmittel festgelegt? (z.B. Warn- und Signalfarbe, maximal zulässige Drehzahl, notwendige elektrische Schutzart, zulässiger Lärmpegel, zulässige Toleranz, Vorhandensein von Schutzeinrichtungen)
- Mit welchen Abweichungen vom Sollzustand muss gerechnet werden?
- Wie können Abweichungen vom Sollzustand erkannt werden?
- Mit welcher Prüfmart und welchem Prüfumfang kann der Istzustand ermittelt werden?
- Welche Hilfsmittel sind dazu erforderlich?

Der Prüfumfang kann eine Kombination mehrerer Prüfmarten umfassen. Prüfungen können in mehreren aufeinander abgestimmten Teilprüfungen durchgeführt werden, wobei erforderlichenfalls das Zusammenwirken von Teilkomponenten eines Arbeitsmittels zu berücksichtigen ist.

Beispiele:

- Sicht- und Funktionsprüfung an Lastaufnahmemitteln

- Sicht- und Funktionsprüfung des Zustandes der Bauteile und Einrichtungen, einschließlich des bestimmungsgemäßen Zusammenbaus auf Vollständigkeit und Wirksamkeit der Sicherheitseinrichtungen
- Technische Teilprüfungen von elektrischen und mechanischen Merkmalen durch zwei befähigte Personen mit unterschiedlichen Anforderungen

3.4.3 Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen

Prüfart und -umfang sind im Rahmen der sicherheitstechnischen Bewertung festzulegen. Eine gesonderte Festlegung in der sicherheitstechnischen Bewertung ist nicht erforderlich, soweit sie bereits Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung ist.

3.4.4 Prüfungen von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen

Prüfart und -umfang von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV sind in TRBS 1201 Teil 1 geregelt.

3.5 Festlegung der Prüffrist

3.5.1 Prüfungen durch unterwiesene Personen, soweit sie nicht nach Nrn. 3.3.2 bis 3.3.4 geregelt sind

Prüffristen sind so festzulegen, dass einfach feststellbare Abweichungen vom Sollzustand rechtzeitig erkannt werden können.

Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung/der sicherheitstechnischen Bewertung müssen Prüffristen für diese Arbeitsmittel/überwachungsbedürftigen Anlagen festgelegt werden. Sie können z.B. arbeitstäglich oder vor jeweiliger Benutzung erfolgen.

Prüffristen nach Nrn. 3.5.2 und 3.5.3 sind hierdurch nicht berührt.

Beispiel:

- Funktionsfähigkeit eines Gabelstaplers, arbeitstäglich
- Prüfung der Wirksamkeit einer Lichtschranke vor der Benutzung der Maschine

3.5.2 Prüfungen nach § 10 BetrSichV durch befähigte Personen

Die Festlegung von Prüffristen nach Nummer 3.3.2 erfolgt für Arbeitsmittel, die Schäden verursachenden Einflüssen unterliegen, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können. In den übrigen in § 10 BetrSichV genannten Fällen erfolgt die Prüfung auf Grund der genannten Ereignisse (Montage, außergewöhnliche Anlässe, Instandsetzung).

Kriterien für die Festlegung von Prüffristen können sein:

- Einsatzbedingungen (spezielle Belastungen, Benutzungszeit je Tag usw.) bei denen das Arbeitsmittel benutzt wird
- Herstellerhinweise, die in der Betriebsanleitung enthalten sind
- Schädigung des Arbeitsmittels, Qualifikation der Beschäftigten, Erfahrungen mit dem "Ausfallverhalten" des Arbeitsmittels
- Funktionsfähigkeit eines Verfahrens, mit dem eine planmäßige Instandhaltung (ständige Überwachung), insbesondere für sicherheitsrelevante Bau- und Verschleißteile erfolgt
- Unfallgeschehen oder Häufung von Mängeln an vergleichbaren Arbeitsmitteln

Aufgrund der Prüfergebnisse durchgeführter Prüfungen kann eine Änderung der Prüffristen im Sinne einer Verlängerung oder Verkürzung erforderlich sein. Dabei sind die oben genannten Kriterien ebenfalls zu berücksichtigen.

Beispiel: Presse

Bisher bewährte Prüffrist: soweit erforderlich, jedoch mindestens einmal jährlich.

Vergleich mit der eigenen betrieblichen Situation (Beurteilung der konkreten Gefährdung):

Betriebliche Situation	Mögliche Auswirkung auf die Prüffrist
Einsatzart der Presse, z.B. für vorrangige Arbeiten im Automatikbetrieb vom Coil, Arbeiten mit sicheren Werkzeugen.	Verlängerung der Prüffrist
Einsatzart der Presse, z.B. für Einlegearbeiten in das offene Werkzeug.	wurde in bewährter Prüffrist berücksichtigt (Prüffrist bleibt gleich)
hohe Beanspruchung (Frequenz, Nutzungsdauer, Belastung, Betriebsweise) der Presse	Verkürzung der Prüffrist
niedrige Beanspruchung (Frequenz, Nutzungsdauer, Belastung) der Presse	Verlängerung der Prüffrist
umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse der Instandhalter; es gibt eine planmäßige vorbeugende Instandhaltung (in regelmäßigen Abständen) und dabei werden besonders verschleißanfällige sicherheitsrelevante Bauteile, soweit erforderlich, unverzüglich gewechselt	Verlängerung der Prüffrist

Betriebliche Situation	Mögliche Auswirkung auf die Prüffrist
wenig Erfahrung der Instandhalter; es gibt keine planmäßige vorbeugende Instandhaltung	wurde in bewährter Prüffrist berücksichtigt (Prüffrist bleibt gleich)
benutzen betriebsspezifischer Prüfpläne, die es ermöglichen, über die Zeit den Zustand der Presse zu beurteilen	Verlängerung der Prüffrist

Nach Schadensfällen wird eine erneute, eingeschränkte Gefährdungsbeurteilung durchgeführt. Sie dient der Überprüfung ggf. Anpassung der festgelegten Prüffrist.

Beispiel: elektrische Arbeitsmittel

Zur Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes werden elektrische Arbeitsmittel in bestimmten Zeitabständen geprüft.

Als Maß für die ausreichende Bemessung von Prüffristen für elektrische Arbeitsmittel, kann die festgestellte Abweichung vom Sollwert herangezogen werden (Fehlerquote). Aufgrund von Betriebserfahrungen und arbeitsmittelbezogenen Fehlerquoten haben sich folgende Richtwerte für Prüffristen von elektrischen Arbeitsmitteln bewährt, z.B.:

Bisher bewährte Prüffrist für ortsveränderliche elektrische Arbeitsmittel: soweit erforderlich, jedoch mindestens jährlich.

Vergleich mit der eigenen betrieblichen Situation (Beurteilung der konkreten Gefährdung):

Betriebliche Situation	Mögliche Auswirkung auf die Prüffrist
handgeführte elektrische Arbeitsmittel und andere während der Benutzung bewegte oder ähnlich stark beanspruchte elektrische Arbeitsmittel, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen	Verkürzung der Prüffrist (auf die Hälfte)
wie oben, aber auf Baustellen	erhebliche Verkürzung der Prüffrist (auf ein Viertel)
bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss, Anschlussleitungen mit Stecker in Büros oder unter ähnlichen Bedingungen	Verlängerung der Prüffrist (Verdoppelung)

Bisher bewährte Prüffrist für ortsfeste elektrische Arbeitsmittel: soweit erforderlich, jedoch mindestens alle 4 Jahre.

Vergleich mit der eigenen betrieblichen Situation (Beurteilung der konkreten Gefährdung):

Betriebliche Situation	Mögliche Auswirkung auf die Prüffrist
In dem Betrieb sind Elektrofachkräfte beschäftigt, deren Aufgabenbereich auch die Instandhaltung und Überwachung der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel umfasst	Verlängerung der Prüffrist
stark beanspruchte elektrische Arbeitsmittel	Verkürzung der Prüffrist

3.5.3 Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen

Auf der Grundlage der sicherheitstechnischen Bewertung legt der Betreiber die Prüffristen für die Gesamtanlage und die Anlagenteile fest. Die Prüffristen sind unter Berücksichtigung der in § 15 BetrSichV genannten Höchstfristen so festzulegen, dass nach allgemein zugänglichen Erkenntnisquellen, Detailuntersuchungen und betrieblichen Erfahrungen zu erwarten ist, dass im Zeitraum zwischen den Prüfungen ein sicherer Anlagenbetrieb gewährleistet ist. Ergeben sich aus den wiederkehrenden Prüfungen Anhaltspunkte (z.B. erkennbare Korrosion, erhöhter Verschleiß), ist die sicherheitstechnische Bewertung in Kenntnis dieser Punkte zu überprüfen, erforderlichenfalls sind weitere Maßnahmen festzulegen oder die Prüffristen zu verändern. Sind die wiederkehrenden Prüfungen von zugelassenen Überwachungsstellen vorzunehmen, unterliegt die Ermittlung der Prüffrist durch den Betreiber einer Überprüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle gemäß § 15 Abs. 4 BetrSichV. Dabei ist zu beachten, dass bei Verlängerung der in § 15 genannten Höchstfristen die Zustimmung der zuständigen Behörde erforderlich ist.

4 Durchführung der Prüfung

Der Arbeitgeber bzw. der Betreiber ist für die Festlegungen zur Durchführung der Prüfung verantwortlich und hat die erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen.

Hierzu gehören

- die Bereitstellung der für die Prüfung erforderlichen Hilfsmittel und Unterlagen,
- die Zugänglichkeit des zu prüfenden Arbeitsmittels/der zu prüfenden überwachungsbedürftigen Anlage gewährleisten,

- ausreichend bemessene Zeit für die Prüftätigkeit und
- für die Prüfung geeignete und für den Prüfer sichere Arbeitsbedingungen.

Bei Vergabe eines Prüfauftrages haben sich Auftraggeber und -nehmer über die vorgeannten Punkte abzustimmen.

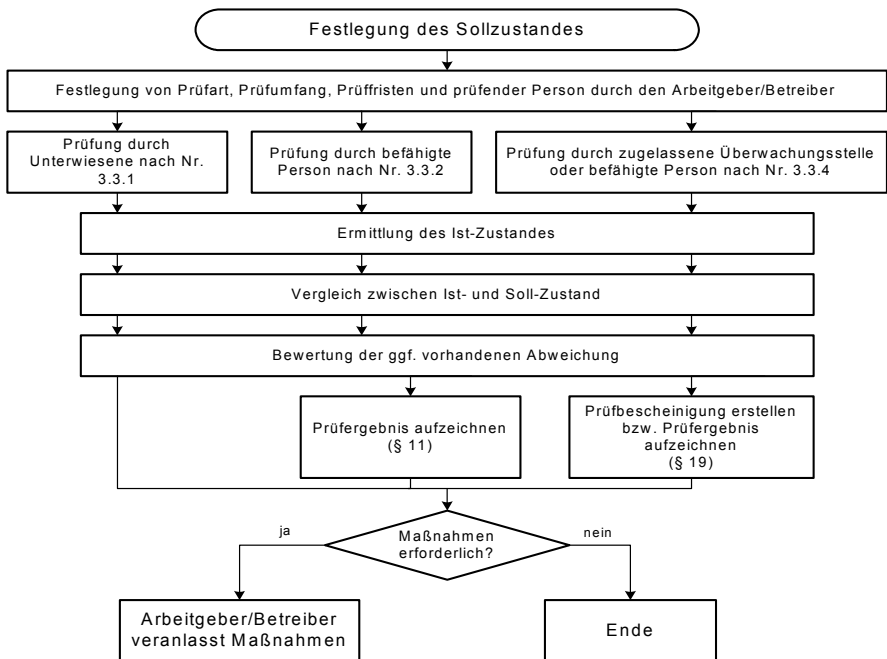


Bild 3: Durchführung der Prüfung

4.1 Vergleich und Bewertung

Der ermittelte Istzustand wird durch Vergleich mit dem Sollzustand bewertet. Die Bewertung enthält eine Aussage darüber, ob und unter welchen Bedingungen das Arbeitsmittel weiterhin sicher benutzt werden kann bzw. sich die überwachungsbedürftige Anlage in einem ordnungsgemäßen Zustand befindet.

Ist die Abweichung größer (positiv oder negativ) als erwartet, kann dies ein Anlass zur Überprüfung der bislang festgelegten Prüffristen (Verlängerung, Verkürzung) sein.

Beispiele für eine Prüfung nach Nr. 3.3.1

Beispiel a) "Hammer"

1. Sollzustand: Hammerkopf durch Keil an Hammerstiel befestigt
2. Istzustand (Sichtprüfung): Keil fehlt
3. Abweichung zwischen Soll und Ist ergibt:
Hammer der Benutzung entziehen

Beispiel b) "Hydraulische Presse"

1. Sollzustand: Der Handschutz ist durch ein sicheres Werkzeug gewährleistet
2. Istzustand (Sichtprüfung): Presse ist mit einem Werkzeug eingerichtet, dessen Schutzeinrichtung die Möglichkeit des rückwärtigen Eingriffs in die Quetschstelle gibt.
3. Abweichung zwischen Soll und Ist ergibt:
 - a) Werkzeuggestaltung so ändern, dass keinerlei Eingriff in den Gefahrenbereich möglich ist.
 - b) Prüfung muss nach jedem Einrichten erfolgen (Prüffrist).

Beispiele für eine Prüfung nach Nr. 3.3.2

Beispiel a) "Hydraulische Presse"

1. Sollzustand: Schutzmaßnahmen durch sicheren Zustand insbesondere mechanischer und hydraulischer Art gewährleistet
2. Istzustand: Ausbau und Beschaltungskontrolle ergibt Fehlfunktion des Pressensicherheitsventils.
3. Abweichung zwischen Soll und Ist ergibt:
Maßnahme "Pressensicherheitsventil ersetzen"
4. Erneute Prüfung nach Einbau des Pressensicherheitsventils, durch Kenntnis der erhöhten Ausfallwahrscheinlichkeit des verwendeten Pressensicherheitsventils ggf. Verkürzung der Prüffrist.

Beispiel b) Prüfung eines handgeführten elektrischen über eine Steckvorrichtung angeschlossenen Arbeitsmittels

1. Sollzustand: Beschaffenheitsanforderungen nach Niederspannungsrichtlinie
2. Ermittlung des Istzustandes:
 - Sichtprüfung: Besichtigung des Arbeitsmittels auf äußerlich erkennbare Mängel (z.B. Schäden am Gehäuse, sicherheitsbeeinträchtigende Verschmutzung und Korrosion) ggf. nach Öffnung der Gehäuse
 - Überprüfung des Schutzleiterwiderstandes durch Messung oder Grenzwertermittlung
 - Messen des Isolationswiderstandes, des Schutzleiterstromes, des Berührungsstromes und des Ableitstromes mit geeigneten Messgeräten

- Erproben des Arbeitsmittels und Überprüfen der Funktionsfähigkeit der Schutzeinrichtungen
- 3. Vergleich Ist-Soll: Die Werte des ermittelten Istzustandes sind mit den Werten der zutreffenden Normen zu vergleichen.

4.2 Aufzeichnungen

4.2.1 Aufzeichnungen von Prüfungen nach Nr. 3.3.1

Für die Ergebnisse der Prüfungen nach 3.3.1 besteht keine Aufzeichnungspflicht nach §§ 11 oder 19 BetrSichV.

4.2.2 Aufzeichnungen von Prüfungen nach Nr. 3.3.2

Der Arbeitgeber legt fest, dass und wie das Ergebnis der Prüfung durch die befähigte Person nach Nr. 3.3.2 aufgezeichnet wird. Die Aufzeichnungen müssen der Art und dem Umfang der Prüfung angemessen sein und können dementsprechend folgende Angaben enthalten:

- Datum der Prüfung
- Art der Prüfung
- Prüfgrundlagen
- Was wurde im einzelnen geprüft
- Ergebnis der Prüfung
- Bewertung festgestellter Mängel und Aussagen zum Weiterbetrieb
- Name

Prüfungen können auch in Form einer Prüfplakette oder in elektronischen Systemen dokumentiert werden.

4.2.3 Prüfbescheinigungen und Aufzeichnungen von Prüfungen nach Nr. 3.3.4

Für die Erteilung von Prüfbescheinigungen durch zugelassene Überwachungsstellen oder die Aufzeichnung der Ergebnisse von Prüfungen durch befähigte Personen gelten die Regelungen des § 19 BetrSichV. Prüfbescheinigungen oder Aufzeichnungen über Ergebnisse von Prüfungen können auch in elektronischen Systemen geführt werden, wenn die Datensicherheit gewährleistet ist.

Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen

Prüfung von Anlagen
in explosionsgefährdeten Bereichen
und Überprüfung von Arbeitsplätzen
in explosionsgefährdeten Bereichen

Ausgabe September 2006

TRBS 1201 Teil 1

Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS im Dezember 2006 im Bundesanzeiger (BAnz. 232a vom 9. Dezember 2006) veröffentlicht.

Vorbemerkung

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom

Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)

ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	49
2	Begriffsbestimmungen	
2.1	Überwachungsbedürftige Anlage im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV	49
2.2	Prüfarten bei überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV	
2.2.1	Ordnungsprüfung	50
2.2.2	Technische Prüfungen	50
2.2.3	Prüfumfang	51
2.2.4	Prüffristen	51
2.2.5	Prüfregeln	51
2.2.6	Prüfkonzept	51
2.2.7	Sichere Funktion	51
3	Vorgehensweise bei Prüfungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen – Ermittlung der Prüfanforderungen, Entwicklung von Prüfkonzepten	
3.1	Allgemeine Zielsetzung	52

3.2	Festlegung von Prüfart und -umfang, Nutzung von Prüfkonzepten	
3.2.1	Prüfarten und Prüfumfang	52
3.2.2	Festlegen der Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen nach § 15 ..	55
3.2.3	Prüfkonzept	55
3.3	Festlegung der mit der Prüfung beauftragten befähigten Person	56
4	Durchführung der Prüfungen	
4.1	Allgemeines	56
4.2	Ordnungsprüfung	57
4.3	Technische Prüfung	57
5	Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV	
5.1	Zielsetzung der Überprüfung	58
5.2	Inhalt der Überprüfung	59
5.3	Erneute Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV	60
6	Dokumentation	60
Anhang:	Typische Prüfpunkte zur Durchführung von Überprüfungen nach Anhang 4 Abschnitt A, Nr. 3.8 BetrSichV	61

1 Anwendungsbereich

Diese technische Regel gilt für die Ermittlung und die Durchführung der besonderen Prüfungen zum Explosionsschutz an überwachungsbedürftigen Anlagen nach § 1 Abs. 2 Nr. 3 BetrSichV, anderen Arbeitsmitteln sowie Einrichtungen und Verbindungselementen auch außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche, sofern diese den explosionsssicheren Betrieb der überwachungsbedürftigen Anlagen beeinflussen. Nr. 5 dieser TRBS befasst sich mit der Überprüfung der Explosionssicherheit von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV.

Prüfungen nach Instandsetzungen gemäß § 14 Abs. 6 BetrSichV werden in dieser Regel nicht behandelt.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Überwachungsbedürftige Anlage im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV

1. Als überwachungsbedürftige Anlage im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV – im weiteren als "Ex-Anlage" bezeichnet – wird die Gesamtheit aller Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 94/9/EG und deren funktionale Zusammenschaltung bezeichnet.
2. Zu der "Ex-Anlage" gehören auch die in den explosionsgefährdeten Bereichen befindlichen Einrichtungen (z.B. zur Inertisierung), Bauwerksteile und andere verwendete Arbeitsmittel, soweit deren Eigenschaften und ihre Wechselwirkungen untereinander im Hinblick auf die Explosionsgefährdungen von Bedeutung sind.
3. Neben den Geräten, Schutzsystemen und Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen nach Nr. 1 umfasst die "Ex-Anlage" auch die für den Explosionsschutz bedeutsamen Verbindungselemente. Darüber hinaus sind auch Einrichtungen und Verbindungselemente außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche erfasst, sofern diese für den explosionsssicheren Betrieb von Arbeitsmitteln innerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche erforderlich sind oder zum explosionsssicheren Betrieb der Arbeitsmittel beitragen.
4. Die Gesamtanlage im Sinne des § 15 Abs. 1 BetrSichV umfasst hinsichtlich der Explosionsgefährdung alle eigenständigen "Ex-Anlagen" nach Nrn. 1 bis 3, die sich in einem räumlich zusammenhängenden explosionsgefährdeten Bereich befinden, sowie die zugehörigen Funktionseinheiten mit für den Explosionsschutz bedeutsamen Wechselwirkungen.

Hinweis:

Überschneidungen hinsichtlich der Zuordnung von Arbeitsmitteln oder Anlagenteilen zu anderen überwachungsbedürftigen oder nicht überwachungsbedürftigen Anlagen unterschiedlicher Gefährdungen sind möglich. Auch bei Überschneidungen der Gefährdungen erfolgen die Prüfung der überwachungsbedürftigen Anlagen vor Inbetriebnahme sowie die wiederkehrenden Prüfungen entsprechend den spezifischen Vorgaben der BetrSichV für die jeweilige Gefährdung (z.B. Druck, Absturz, Brand- und Explosion).

2.2 Prüffarten bei überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV

2.2.1 Ordnungsprüfung

Bei der Ordnungsprüfung wird insbesondere festgestellt, ob

- die erforderlichen Unterlagen vollständig sind,
- die Geräte gemäß dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung eingesetzt sind,
- die von der Behörde im Erlaubnis- oder Genehmigungsbescheid geforderten Auflagen eingehalten sind,
- die erforderlichen Prüfparameter definiert und eingehalten sind (Prüffrist, Prüfumfang, Prüftiefe),
- die Übereinstimmung zwischen Dokumentation und Ist-Zustand gegeben ist und
- ob die Beschaffenheit oder der Betrieb seit der letzten Prüfung geändert worden ist.

2.2.2 Technische Prüfungen

2.2.2.1 Sichtprüfung

Die Sichtprüfung beinhaltet eine durch äußere Begutachtung (ohne Eingriffe in Geräte, Einrichtungen, die Installation und die Montage) erzielte rechtzeitige Feststellung von optisch zu erkennenden Mängeln. Darüber hinaus erfolgt dabei auch die Feststellung von Mängeln durch Wahrnehmungen über andere Sinnesorgane (Tast-, Gehör-, Geruchssinn; Beispiele: übermäßige Vibration, Lagergeräusche an einer Maschine, Korrosion an einem druckfesten Gerät, Undichtigkeiten).

2.2.2.2 Nahprüfung

Die Nahprüfung beinhaltet die rechtzeitige Feststellung von nicht unmittelbar sicht- oder hörbaren Mängeln und wird analog zur Sichtprüfung, jedoch unter Verwendung von Zugangseinrichtungen (z.B. Leitern) und falls erforderlich anderen Hilfsmitteln durchgeführt. Eingriffe in die Prüfobjekte, z.B. die Öffnung eines Gehäuses, sind üblicherweise für eine Nahprüfung nicht erforderlich.

2.2.2.3 Detailprüfung

Die Detailprüfung beinhaltet zusätzlich zu den Aspekten der Sicht- und Nahprüfungen die Feststellung solcher Fehler, die nur durch Eingriffe, z.B. das Öffnen von Gehäusen und/oder, falls erforderlich, unter Verwendung von Werkzeugen und Prüfeinrichtungen zu erkennen sind.

2.2.2.4 Instandhaltungsbegleitende Prüfung

Instandhaltungsbegleitende Prüfungen sind Sicht-, Nah- und Detailprüfungen, die im Rahmen der Instandhaltung durchgeführt werden¹⁾.

2.2.3 Prüfumfang

Zur Definition des Prüfumfanges siehe Nr. 2.3 TRBS 1201. Arten und Gegenstände der Prüfungen sind festzulegen.

2.2.4 Prüffristen

Zur Definition der Prüffristen siehe Nr. 2.4 TRBS 1201

2.2.5 Prüfregeln

Prüfregeln im Sinne dieser TRBS sind alle Festlegungen zur Durchführung der Prüfung selbst und der erforderlichen Randbedingungen.

2.2.6 Prüfungskonzept

Ein Prüfungskonzept besteht aus einer geeigneten Kombination der unter Nrn. 2.2.2.1 bis 2.2.2.4 aufgeführten Prüfarten technischer Prüfungen mit der geeigneten Festlegung von Prüfumfang, von Prüfregeln und der Festlegung der Befähigung des Prüfers.

2.2.7 Sichere Funktion

Für den Explosionsschutz beschreibt der Begriff sichere Funktion:

- a) für Geräte gemäß Richtlinie 94/9/EG die der Kategorie entsprechende Zündquellenfreiheit
- b) für Schutzsysteme gemäß Richtlinie 94/9/EG die vorgesehene technische Wirksamkeit
- c) für Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen gemäß Richtlinie 94/9/EG die der Zone entsprechende Wirksamkeit der Schutzfunktion (zur Vermeidung von wirksamen Zündquellen)
- d) für sonstige technische Einrichtungen für die Explosionssicherheit die vorgesehene technische Wirksamkeit

¹⁾ Diese Prüfungen sind aus sich heraus keine Prüfungen im Sinne des § 15 BetrSichV.

3 Vorgehensweise bei Prüfungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen – Ermittlung der Prüfanforderungen, Entwicklung von Prüfkonzepten

3.1 Allgemeine Zielsetzung

Durch Prüfungen an Überwachungsbedürftigen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV wird der ordnungsgemäße Zustand vor Inbetriebnahme der Anlagen nach Nr. 2.1 hinsichtlich Montage, Installation, Aufstellungsbedingungen und sicherer Funktion festgestellt.

Die wiederkehrenden Prüfungen nach § 15 BetrSichV dienen der Sicherstellung des ordnungsgemäßen Zustandes der Anlagen hinsichtlich des Betriebs.

3.2 Festlegung von Prüfart und -umfang, Nutzung von Prüfkonzepten

3.2.1 Prüfarten und Prüfumfang

Siehe hierzu auch Nrn. 2.2 und 2.3 TRBS 1201. Bei der Festlegung der Prüfarten berücksichtigt der Arbeitgeber/Betreiber die für die Feststellung des ordnungsgemäßen Zustandes erforderlichen Prüfschritte wie Sicht-, Nah- und Detailprüfungen sowie die Prüfung der sicheren Funktion. Prüfarten können kombiniert angewendet werden. Prüfarten werden durch die Gefährdungsbeurteilung oder durch die sicherheitstechnische Bewertung ermittelt; siehe hierzu **Bild 1**.

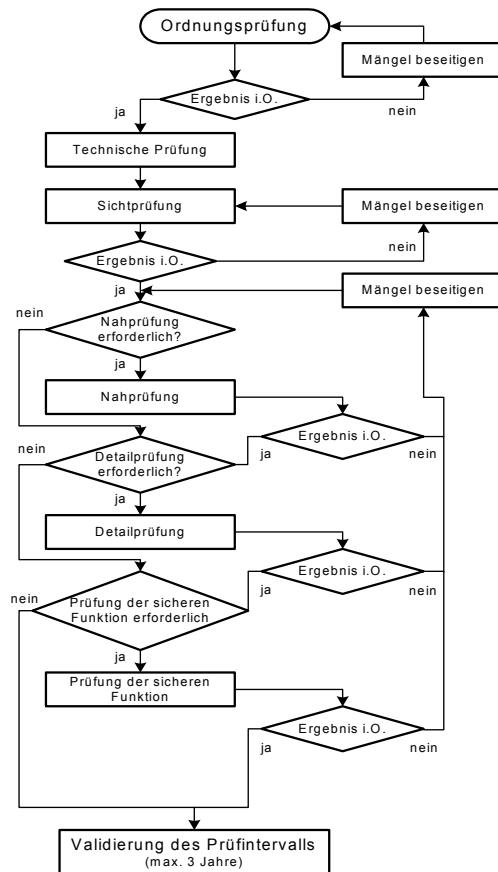


Bild 1: Prüfablauf im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung

Die Empfehlungen und Prüfangaben der Hersteller der Geräte und Einrichtungen sind einzubeziehen. Die Prüffarten sind den speziellen Belastungen im jeweiligen Betrieb anzupassen.

Der Prüfumfang ist für die Ex-Anlage gemäß Nr. 2.1 durch den Arbeitgeber/Betreiber, im Bedarfsfall unter Hinzuziehung von internen oder externen fachkundigen Stellen, spezifisch auf der Basis der Gefährdungsbeurteilung/ sicherheitstechnischen Bewertung festzulegen.

3.2.1.1 Festlegung des Prüfumfangs für Prüfungen vor Inbetriebnahme nach § 14 BetrSichV

Bei den Prüfungen gemäß § 14 BetrSichV sind grundsätzlich zu prüfen:

1. Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 94/9/EG²⁾ hinsichtlich ihres Zustandes, ihrer Zusammenschaltung, ihrer Aufstellungsbedingungen und ihrer Installation/Montage auf ihre Explosionssicherheit
2. Sicherheits-, Kontroll- und Regeleinrichtungen, die sich außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche befinden, daraufhin, ob durch sie
 - bei den unter Ziffer 1 genannten Geräten deren ordnungsgemäße Zündquellenfreiheit,
 - bei den unter Ziffer 1 genannten Schutzsystemen deren Funktion gewährleistet ist
3. Verbindungselemente hinsichtlich ihres Zustandes, ihrer Zusammenschaltung und ihrer Installation/Montage auf ihre Explosionssicherheit (z.B. Verlegeart, Isolationswiderstand von elektrischen Kabeln und Leitungen)
4. Bedeutsame Wechselwirkungen von Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen und deren Verbindungselementen – untereinander und anderen Anlagenteilen – sind zu berücksichtigen. Dazu gehören z.B. Prüfungen des Potentialausgleiches, der Einbindung von Rohrleitungen in den Potentialausgleich, zum Überspannungsschutz und zur Näherung im Blitzschutz, Ausrichtung von Aggregaten (z.B. Pumpe-Kupplung-Motor).

3.2.1.2 Festlegung des Prüfumfangs für wiederkehrende Prüfungen nach § 15 BetrSichV

Bei den Prüfungen gemäß § 15 Abs. 15 BetrSichV sind grundsätzlich zu prüfen:

1. elektrische Geräte, Schutzsysteme und Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne der EG-Richtlinie 94/9/EG auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und ihre ordnungsgemäße Zusammenschaltung
2. Mechanische Geräte im Sinne der EG-Richtlinie 94/9/EG, wenn sie schädigenden Einflüssen ausgesetzt sind (z.B. durch mechanische Belastungen, starke Verschmutzung, Chemikalien, Feuchtigkeit, Kälte oder Hitze), die Einfluss auf die Explosionssicherheit haben, auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und ihre ordnungsgemäße Zusammenschaltung

²⁾ Dies bezieht sich auch auf Geräte, die im Rahmen einer Gestattung gemäß Explosionsschutzverordnung § 4 Abs. 5 in Verkehr gebracht wurden, sowie in Eigenbau erstellte Geräte.

3. Die in Nr. 3.2.1.1. unter Ziffer 2 genannten Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen auf ihre ordnungsgemäße Funktion entsprechend der ausgeführten Kategorie
4. Die in Nr. 3.2.1.1. unter Ziffer 4 genannten Wechselwirkungen von Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen und deren Verbindungselementen - untereinander und anderen Anlagenteilen
5. Mechanische Lüftungs- und Absauganlagen auf ihre Wirksamkeit
6. Gaswarnanlagen auf ihre Funktionsfähigkeit
7. Inertisierungseinrichtungen gemäß TRBS 2152 Teil 2 auf ihre Funktionsfähigkeit nach den Maßgaben der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung

Zusätzlich gilt:

Sofern andere Arbeitsmittel, Anlagenteile/Anlagen schädigenden Einflüssen ausgesetzt sind (z.B. durch mechanische Belastungen, starke Verschmutzung, Chemikalien, Feuchtigkeit, Kälte oder Hitze), die Einfluss auf die Explosionssicherheit haben, unterliegen diese nach den auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung festgelegten Maßnahmen ebenso der Pflicht zur wiederkehrenden Prüfung. Die Prüfung erstreckt sich auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und ihre ordnungsgemäße Zusammenschaltung.

3.2.2 Festlegen der Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen nach § 15 BetrSichV

Der Betreiber muss im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung oder sicherheitstechnischen Bewertung die Prüffristen für Geräte und Einrichtungen festlegen. Die maximale Zeitspanne für die wiederkehrende Prüfung der überwachungsbedürftigen Anlage beträgt 3 Jahre³⁾. Die Prüffrist wird objektbezogen festgelegt. Dies gilt auch für Prüfungen gemäß Nr. 3.2.3. Betriebserfahrungen und Angaben der Hersteller zu Prüffristen der Geräte und Einrichtungen sind zu berücksichtigen.

Die Ermittlung der Prüffristen und Prüfanforderungen erfolgt in einer Gefährdungsbeurteilung oder in einer sicherheitstechnischen Bewertung gemäß TRBS 1111 und ist in TRBS 1201 allgemein beschrieben.

In Abhängigkeit der Prüfergebnisse kann auch die Anpassung der Prüffristen erforderlich sein (s. hierzu auch **Bild 1**).

3.2.3 Prüfungskonzept

Zur Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes der überwachungsbedürftigen Anlage nach Nr. 2.1 kann ein Prüfungskonzept erstellt werden, nach dem durch qualifiziertes Fachpersonal Maßnahmen, insbesondere instandhaltungsbegleitende Prüfungen, durchgeführt werden.

³⁾ Für Anlagen, die nach § 15 Abs. 16 BetrSichV geprüft werden, beträgt die maximale Prüffrist für die Prüfung durch die zugelassene Überwachungsstelle fünf Jahre.

Sofern dieses Prüfkonzept sicherheitstechnische Anforderungen der Prüfung nach § 15 BetrSichV berücksichtigt, können die Ergebnisse der Instandhaltungsbegleitenden Prüfungen durch die befähigte Person zur Erfüllung der Anforderungen nach § 15 BetrSichV herangezogen werden. In diesen Fällen bewertet die befähigte Person die Ergebnisse der Instandhaltungsbegleitenden Prüfungen und kann sie sich als seine Prüfung zu eigen machen, sofern an Hand der Ergebnisse der Prüfungen eine klare Aussage über den Anlagenzustand möglich ist. Ungeachtet dessen ist im Rahmen der technischen Prüfung durch die befähigte Person zumindest eine stichprobenartige Kontrolle von Anlagenteilen erforderlich.

Bemerkung:

Bei der Nutzung der Instandhaltungsbegleitenden Prüfung als Prüfung gemäß § 15 BetrSichV ist für den Beginn der Prüffrist des Einzelobjektes der Zeitpunkt der Instandhaltungsbegleitenden Prüfung maßgebend.

Im Rahmen der Ordnungsprüfung hat sich die befähigte Person davon zu überzeugen, dass innerhalb der festgelegten Prüffrist alle erforderlichen Prüfungen an der Anlage durchgeführt wurden. Andernfalls sind diese innerhalb der Prüffrist nachzuholen.

In Abhängigkeit vom Prüfergebnis kann im Einzelfall auch die Anpassung des Prüfkonzeptes erforderlich sein.

3.3 Festlegung der mit der Prüfung beauftragten befähigten Person

Der Arbeitgeber/Betreiber legt fest, wer für die Überwachungsbedürftige Anlage in explosionsgefährdeten Bereichen (gemäß Nr. 2.1) die Prüfungen als befähigte Person (eigene oder fremde befähigte Personen) durchführt. Der Arbeitgeber/Betreiber benennt und beauftragt die befähigten Personen mit der Prüfung. Die Verantwortung für die sachgerechte Auswahl liegt stets beim Arbeitgeber/Betreiber, auch wenn er externe "befähigte Personen" mit der Durchführung der Prüfung beauftragt. Die erforderliche Qualifikation von befähigten Personen ist in den TRBS 1203 und TRBS 1203 Teil 1 beschrieben.

4 Durchführung der Prüfungen

4.1 Allgemeines

Grundsätzlich setzen sich Prüfungen aus Ordnungsprüfungen und technischen Prüfungen zusammen. Dies gilt sowohl für Prüfungen nach § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV und Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV als auch für Prüfungen nach § 15 BetrSichV.

Eine wiederkehrende Prüfung der Ex-Anlage im Sinne der Nr. 2.1 in Bezug auf den Explosionsschutz ist erfüllt, wenn die wiederkehrenden Prüfungen nach Nr. 3.2.1.2 und soweit erforderlich auch der Einrichtungen nach 2.1 Nr. 2 sowie deren funktionale Zusammenschaltung durchgeführt wurden.

Die nachfolgend aufgeführten Prüfarten sind für die Feststellung des ordnungsgemäßen Zustandes der in den überwachungsbedürftigen Anlagen realisierten Explosionsschutzmaßnahmen anwendbar⁴⁾.

4.2 Ordnungsprüfung

Bei der Ordnungsprüfung gemäß Nr. 2.2.1 werden folgende Unterlagen herangezogen, soweit sie aufgrund der Vorschriften für das Prüfobjekt gefordert sind. Dazu können z.B. gehören:

- Sicherheitstechnische Bewertung/Gefährdungsbeurteilung, Explosionsschutzdokument, Betriebsanleitungen und Schaltpläne
- EG-Konformitätserklärungen, Konformitätsbescheinigungen
- Betriebsanleitungen des Herstellers
- Bescheinigung für eine Sonderanfertigung
- Ausnahmegenehmigungen
- Bescheinigungen über den ordnungsgemäßen Einbau von Anlageteilen (Errichterbescheinigungen), sofern der ordnungsgemäße Einbau bei der technischen Prüfung nicht oder nur teilweise feststellbar ist, z.B. von flammenddurchschlagsicheren Armaturen oder Grenzwertgebern
- Prüfbücher
- Aufzeichnung der Prüfergebnisse/Prüfbescheinigung/Prüfbericht der letzten wiederkehrenden Prüfung
- Erlaubnisse oder Genehmigungsauflagen

Bei der wiederkehrenden Prüfung müssen die Unterlagen, die bei der Prüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme, nach einer wesentlichen Veränderung oder Änderung der Geräte und Einrichtungen vorlagen, nur in dem Umfang herangezogen werden, wie es für die Durchführung der technischen Prüfung erforderlich ist.

Die Ordnungsprüfung beschränkt sich bei wiederkehrenden Prüfungen auf die Vollständigkeit der Prüfungen der Anlagenteile und auf Änderungen im Vergleich zur Prüfung vor Inbetriebnahme (bei Instandhaltungsbegleitenden Prüfungen siehe hierzu auch Nr. 3.2.3).

4.3 Technische Prüfung

Die technische Prüfung kann sich in Abhängigkeit von dem Prüfkonzept und den gerätebezogenen Prüfanforderungen aus Sichtprüfungen, sofern erforderlich Nah- oder Detailprüfungen, sowie der Prüfung der sicheren Funktion zusammensetzen.

⁴⁾ Anlagenspezifische Festlegungen und spezielle Prüfarten, die nicht den Explosionsschutz betreffen, bleiben hiervon unberührt.

Zur Konkretisierung der technischen Prüfungen können die einschlägig bekannten und unter den Fachleuten akzeptierten technischen Regeln, Richtlinien und Normen dienen. Die Mess- und Prüfangaben in der Betriebsanleitung der Hersteller für Geräte und Einrichtungen sind zu berücksichtigen. Besondere Anforderungen können sich aus dem besonderen Betrieb oder den Genehmigungsbescheiden für die überwachungsbedürftige Anlage ergeben.

Bei der Prüfung vor Inbetriebnahme nach § 14 Abs. 1 bis 3 BetrSichV von Geräten und Einrichtungen, die gemäß Explosionsschutzverordnung in Verkehr gebracht worden sind, wird im Rahmen der technischen Prüfung die Überprüfung der ordnungsgemäßen Montage, Installation, der Aufstellungsbedingungen sowie der sicheren Funktion durchgeführt. Zu dieser Prüfung gehören unter anderem:

- Prüfung der sicheren Funktion der Geräte:
Prüfung eines Gerätes, unmittelbar oder anhand relevanter Parameter, auf die vorgesehene Zündquellenfreiheit (z.B. ausreichender Isolationswiderstand einer elektrischen Leitung, Unversehrtheit eines Gehäuses oder der Spaltflächen)
- Prüfung der sicheren Funktion der Schutzsysteme:
Prüfung der technischen Wirksamkeit unmittelbar oder anhand relevanter Parameter (Unterdrückungsanlagen etc.)
- Prüfung der sicheren Funktion von Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen (Motorschutzschalter, Trockenlaufschutz von Spaltrohrmotorpumpen)
- Prüfung der der Zone entsprechenden Wirksamkeit der Schutzfunktion unmittelbar oder anhand relevanter Parameter (z.B. bei Inertisierungseinrichtungen zur Zonenreduzierung)
- Prüfung der sicheren Funktion sonstiger technischer Einrichtungen für die Explosionsicherheit (z.B. Unversehrtheit einer Dämmung zur Verhinderung heißer Oberflächen)
- Prüfung der vorgesehenen technischen Wirksamkeit unmittelbar oder anhand relevanter Parameter (z.B. Lüftungseinrichtungen)

Sofern eine EG-Konformitätserklärung oder eine entsprechende Darstellung im Explosionsschutzdokument vorliegt, wird bei der Prüfung der sicheren Funktion einzelner Geräte und Schutzsysteme im Sinne der EG-Richtlinie 94/9/EG im Rahmen der Prüfung vor Inbetriebnahme die Einhaltung der Beschaffenheitsanforderungen nicht mehr geprüft.

5 Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV

5.1 Zielsetzung der Überprüfung

Vor der erstmaligen Benutzung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen sind Überprüfungen nach Anhang 4 Abschnitt A, Nr. 3.8 BetrSichV durchzuführen. Sie dienen der Feststellung der Explosionsicherheit der Arbeitsplätze einschließlich der Arbeitsmittel und der Arbeitsumgebung. Wegen der Definition der überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV betrifft diese Überprüfung

auch Arbeitsplätze an überwachungsbedürftigen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen. Die Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV stellt eine ganzheitliche Systembetrachtung unter Einbeziehung aller Funktionseinheiten und deren Wechselwirkungen zum Schutz von Beschäftigten und Dritten dar. Sie dient dem Nachweis der Richtigkeit des Explosionsschutzkonzeptes und seiner Umsetzung in die gesamte überwachungsbedürftige Anlage und kann sich auf bereits durchgeführte Prüfungen abstützen (siehe Nrn. 3 und 4).

5.2 Inhalt der Überprüfung

Die Überprüfung der Umsetzung der Anforderungen nach BetrSichV Anhang 4 Nr. 3.8 BetrSichV setzt sich aus folgenden Prüfschritten zusammen:

5.2.1 Prüfung der sachlichen Richtigkeit des Explosionsschutzkonzeptes – entfällt bei Anlagen, für die im Wege des Erlaubnisverfahrens diese Prüfung bereits erfolgt ist.

5.2.2 Prüfung der Konkretisierung des Explosionsschutzkonzeptes im Explosionsschutzdokument. Sofern kein Explosionsschutzdokument erforderlich ist, erfolgt die Prüfung auf der Grundlage der Festlegungen der sicherheitstechnischen Bewertung.

5.2.3 Prüfung der Umsetzung des Explosionsschutzkonzeptes für den konkreten Bereich. Dieser Prüfschritt beinhaltet die ganzheitliche Prüfung der Umsetzung aller organisatorischen und technischen Maßnahmen. Prüfergebnisse anderer fachkundiger Personen und Prüfergebnisse nach § 14 Abs. 1 oder 2 BetrSichV können herangezogen werden.

Zu prüfen sind dazu:

1. Das Explosionsschutzkonzept vor dem Hintergrund der örtlichen Gegebenheiten.
2. Die Umsetzung der gemäß Explosionsschutzkonzept erforderlichen vorbeugenden und konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen einschließlich der Maßnahmen und Vorkehrungen für vorhersehbare Störungen, z.B.
 - das Vorhandensein eines Zonenplans,
 - die Umsetzung des Zonenplans daraufhin, ob die explosionsgefährdeten Bereiche gemäß Zonenplan realisiert sind,
 - Geräte und Schutzsysteme daraufhin, ob sie für die Zonen, in denen sie verwendet werden sollen, auf Grund ihrer Klassifikation geeignet sind,
 - Arbeitsmittel und zugehörige Verbindungsvorrichtungen, die nicht Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG sind, auf ihre Eignung und Funktionsfähigkeit,
 - mechanische Lüftungs- oder Absauganlagen für den Explosionsschutz auf ihre Wirksamkeit,

- Gaswarnanlagen zur Vermeidung oder Einschränkung der Explosionsgefahr auf ihre Funktionsfähigkeit,
- sonstige Arbeitsmittel daraufhin, ob sie für die Verwendung in den entsprechenden explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sind,
- Verbindungseinrichtungen daraufhin, ob sie eine Explosionsgefahr darstellen können, wobei auch die Gefahr des Vertauschens zu berücksichtigen ist,
- das Vorhandensein und die Funktionsfähigkeit sonstiger zum Explosionsschutz erforderlicher technischer Einrichtungen,
- andere Einrichtungen, Ausrüstungen und Bauwerksteile sowie persönliche Schutzausrüstungen daraufhin, ob sie für die Verwendung in den entsprechenden explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sind (z.B. bei Fußböden, Auskleidungen oder Arbeitsschuhen ihre elektrostatische Ableitfähigkeit; Blitzschutzanlage),
- das Vorhandensein und die Wahrnehmbarkeit der Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche und
- das Vorhandensein und die Durchführbarkeit sonstiger zum Explosionsschutz erforderlicher organisatorischer Maßnahmen.

Eine detaillierte Liste einzelner Prüfpunkte befindet sich im Anhang.

5.3 Erneute Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV

Eine erneute Überprüfung im Sinne des Anhangs 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV ist nur erforderlich, wenn die zur Gewährleistung des Explosionsschutzes erforderlichen Bedingungen soweit verändert wurden, dass die Explosionssicherheit der Arbeitsplätze und der Arbeitsumgebung sowie der Maßnahmen zum Schutz von Dritten beeinträchtigt wurde.

6 Dokumentation

Die Ergebnisse der Prüfungen gemäß §§ 14 und 15 BetrSichV sind nach Vorgabe des § 19 Abs. 1 Satz 2 BetrSichV aufzuzeichnen. Die Aufzeichnung kann in Papierform oder in elektronischen Systemen erfolgen. Die Prüfdokumentationen sind am Betriebsort verfügbar zu halten.

Anhang

Typische Prüfpunkte zur Durchführung von Überprüfungen nach Anhang 4 Abschnitt A, Nr. 3.8 BetrSichV

Dieser Anhang dient zur Strukturierung von Überprüfungen nach Anhang 4 Abschnitt A, Nr. 3.8 BetrSichV. Die Detaillierungstiefe der erforderlichen Informationen hängt vom Einzelfall ab.

1 Liegt die verfahrenstechnische Beschreibung vor?

2 Stoffdaten (Eingangsstoffe, Zwischen- und Ausgangsprodukte)

2.1 Sind die relevanten sicherheitstechnischen Kenngrößen bekannt?

2.2 Gibt es "besondere" Stoffe, z.B. Oxidationsmittel, pyrophore Stoffe oder hochgradig instabile Stoffe?

Bei diesen Stoffen treten zusätzliche Gefährdungen auf, die nicht Gegenstand dieser Überprüfungen zum Explosionsschutz sind. Hinsichtlich der Auswirkungen als potenzielle Zündquellen sind diese zu berücksichtigen.

3 Betrachtungen für das Innere von Apparaten/Rohrleitungen auch bei Abweichungen von den Betriebsbedingungen

3.1 Liegen explosionsfähige Gemische vor oder können sie entstehen? Sind sie eindeutig identifizierbar?

3.2 Sind Maßnahmen ergriffen, konzeptionell richtig und richtig ausgeführt, welche die Bildung explosionsfähiger Gemische einschränken oder verhindern?

3.3 Ist eine Klassifizierung der Wahrscheinlichkeit bzgl. des Vorliegens explosionsfähiger Gemische (im Sinne einer Ex-Zonen-Einteilung) erfolgt?

3.4 Sind mögliche Zündquellen identifiziert und klassifiziert hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens (Zündquellenliste)?

3.5 Ist die Klassifizierung unter Berücksichtigung der getroffenen Maßnahmen richtig und gemäß der Wahrscheinlichkeit bzgl. des Vorliegens explosionsfähiger Gemische ausreichend (unter Berücksichtigung auch der Apparatewerkstoffe, Betriebsmittel und Ausrüstungen sowie Verfahrensweisen)?

3.6 Ist die Unabhängigkeit des Auftretens explosionsfähiger Gemische und Zündquellen gegeben?

Wenn nein: Sind entsprechende Maßnahmen getroffen?

3.7 Sind Maßnahmen zum konstruktiven Explosionsschutz notwendig, konzeptionell richtig und richtig ausgeführt?

3.8 Ist eine Explosionsübertragung von innen nach außen bzw. von außen nach innen möglich und sicher verhindert?

4 Betrachtungen für die Umgebung von Apparaten/Rohrleitungen

- 4.1 Sind die betrieblichen und potentiellen Freisetzungsquellen an Apparaten/Rohrleitungen, Beschickungs-/Entleerungs-/Abfüllstellen identifiziert und klassifiziert?
- 4.2 Sind die wirksamen Lüftungsparameter bestimmt?
- 4.3 Ist die mit Hilfe der Ergebnisse der Nrn. 4.1 und 4.2 vorgenommene Zoneneinteilung richtig?
- 4.4 Sind von den Nrn. 4.1 und 4.2 abweichende Methoden verwendet worden und ist die dabei getroffene Zoneneinteilung richtig?
- 4.5 Wurde die Auswahl der Arbeitsmittel inklusive Ausrüstungsteile, Verpackungsmaterialien, Persönliche Schutzausrüstungen etc. auf der Grundlage der Zoneneinteilung getroffen? Werden gemäß der Zoneneinteilung geeignete Geräte entsprechend der Kategorien im Sinne von Anhang 4 Abschnitt B BetrSichV eingesetzt bzw. liegen bei Abweichungen Einzelbewertungen vor, die im Explosionsschutzdokument niedergelegt und richtig sind?
- 4.6 Ist die unverzügliche Entfernung freigesetzter brennbarer (insbesondere staubförmiger abgelagerter) Stoffe über organisatorische Regelungen gewährleistet?
- 4.7 Sind die Verfahrensanweisungen für den Betrieb in Bezug auf die Zoneneinteilung richtig?

5 Auswirkungsbegrenzung

- 5.1 Gibt es über das übliche Maß (siehe TRBS 2152 Teil 1) hinausgehende Auswirkungen eines Explosionsereignisses?
- 5.2 Sind die zur Begrenzung der Auswirkungen getroffenen Maßnahmen konzeptionell ausreichend und richtig ausgeführt?

6 Dokumentation

- 6.1 Liegt ein Explosionsschutzdokument gemäß § 6 BetrSichV vor?
- 6.2 Liegen die erforderlichen Dokumentationen für die in Ex-Bereichen verwendeten Arbeitsmittel vor?
- 6.3 Liegen die erforderlichen Bescheinigungen über den ordnungsgemäßen Einbau von Anlagenteilen vor?
- 6.4 Liegen die erforderlichen Prüfbescheinigungen gemäß § 19 BetrSichV (explosionschutzrelevante Bescheinigungen) vor?
- 6.5 Liegen Instandhaltungs-, Prüf- und Wartungspläne zum Explosionsschutz für die Arbeitsmittel (soweit erforderlich) vor?
- 6.6 Sind die Anforderungen an die "Befähigten Personen" (Ex-Schutz) festgelegt?

7 Organisation

- 7.1 Liegen die für den Explosionsschutz relevanten Anweisungen vor?

- 7.2 Liegen Anweisungen zu Risiken vor, die besondere Maßnahmen erfordern (z.B. bei Betriebsstörungen)?
- 7.3 Ist die Koordination und Kontrolle bei Arbeiten an unterschiedlichen Gewerken (gegenseitige Gefährdung) festgelegt?
- 7.4 Sind die Ex-Bereiche eindeutig gekennzeichnet?
- 7.5 Sind die erforderlichen Flucht- und Rettungswege vorhanden und ausreichend gekennzeichnet?
- 7.6 Sind die erforderlichen Fluchtmittel vorhanden?
- 7.7 Ist der Zugang Unbefugter ausreichend verhindert?

Befähigte Personen

– Allgemeine Anforderungen –

Ausgabe November 2004



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit hat diese TRBS im Januar 2005 im Bundesarbeitsblatt (BARbBl.) Heft 1 veröffentlicht.

Vorbemerkung

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom

Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)

ermittelt und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	67
2	Anforderungen an befähigte Personen	
2.1	Berufsausbildung	67
2.2	Berufserfahrung	67
2.3	Zeitnahe berufliche Tätigkeit	67
3	Weisungsfreiheit	68

1 Anwendungsbereich

Der Arbeitgeber muss befähigte Personen mit der Prüfung von Arbeitsmitteln auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 BetrSichV beauftragen, wenn zutreffende Bestimmungen der §§ 10, 11, 14, 15 und 17 sowie des Anhangs 2 Nr. 5.2 und des Anhangs 4 Teil A Nr. 3.8 der BetrSichV zur Anwendung kommen.

Befähigte Personen verfügen entsprechend § 2 Abs. 7 BetrSichV für diese Tätigkeit über Fachkenntnisse, die sie durch

1. Berufsausbildung,
 2. Berufserfahrung und
 3. zeitnahe berufliche Tätigkeit
- erworben haben.

Diese Technische Regel konkretisiert die Voraussetzungen für die fachliche Befähigung und Anforderungen an die Weisungsfreiheit einer befähigten Person.

Dieser Teil stellt allgemeine Anforderungen, die alle befähigten Personen erfüllen müssen.

Die Teile 1 und folgende enthalten die bei bestimmten Gefährdungen oder Arbeitsmitteln zusätzlich zu erfüllenden Anforderungen.

2 Anforderungen an befähigte Personen

2.1 Berufsausbildung

Die befähigte Person muss eine Berufsausbildung abgeschlossen haben, die es ermöglicht, ihre beruflichen Kenntnisse nachvollziehbar festzustellen. Die Feststellung soll auf Berufsabschlüssen oder vergleichbaren Nachweisen beruhen.

2.2 Berufserfahrung

Berufserfahrung setzt voraus, dass die befähigte Person eine nachgewiesene Zeit im Berufsleben praktisch mit Arbeitsmitteln umgegangen ist. Dabei hat sie genügend Anlässe kennen gelernt, die Prüfungen auslösen, zum Beispiel im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung oder aus arbeitstäglicher Beobachtung.

2.3 Zeitnahe berufliche Tätigkeit

Eine zeitnahe berufliche Tätigkeit im Umfeld der anstehenden Prüfung des Prüfgegenstandes und eine angemessene Weiterbildung sind unabdingbar. Die befähigte Person muss Erfahrungen über die Durchführung der anstehenden Prüfung oder vergleichbarer Prüfungen gesammelt haben. Die befähigte Person muss über Kenntnisse zum Stand

TRBS 1203

der Technik hinsichtlich des zu prüfenden Arbeitsmittels und der zu betrachtenden Gefährdungen verfügen.

Die Anforderungen der Nummern 2.1 bis 2.3 leiten sich aus der Art der durchzuführenden Prüfungen ab.

3 Weisungsfreiheit

Die befähigte Person unterliegt bei ihrer Prüftätigkeit keinen fachlichen Weisungen und darf wegen dieser nicht benachteiligt werden.

Befähigte Personen

Besondere Anforderungen – Explosionsgefährdungen

Ausgabe November 2004



TRBS 1203 Teil 1

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit hat diese TRBS im Januar 2005 im Bundesarbeitsblatt (BARbBl.) Heft 1 veröffentlicht.

Vorbemerkung

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom

Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)

ermittelt und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	72
2	Anforderungen an befähigte Personen	
2.1	Berufsausbildung	72
2.2	Berufserfahrung	72
2.3	Zeitnahe berufliche Tätigkeit	72
3	Anerkennung, alternative Anforderungen	
3.1	Anerkennung	73
3.2	Alternative Anforderungen	73

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil stellt zusätzliche Anforderungen, die alle befähigten Personen erfüllen müssen, denen Prüfungen zum Schutz vor Explosionsgefährdungen übertragen werden. Diese sind ergänzend zu den allgemeinen Anforderungen zu erfüllen.

2 Anforderungen an befähigte Personen

2.1 Berufsausbildung

Die befähigte Person für die Prüfungen zum Explosionsschutz gemäß § 14 Abs. 1 bis 3 und 6 sowie § 15 BetrSichV muss eine technische Berufsausbildung abgeschlossen haben oder eine andere für die vorgesehenen Prüfaufgaben ausreichende technische Qualifikation besitzen, welche die Gewähr dafür bietet, dass die Prüfungen ordnungsgemäß durchgeführt werden.

Die befähigte Person für die Prüfungen zum Explosionsschutz gemäß Anhang 4 Teil A Nr. 3.8 BetrSichV muss über

- ein einschlägiges Studium oder
- eine vergleichbare technische Qualifikation oder
- eine andere technische Qualifikation mit langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik

verfügen und auf Grund umfassender Kenntnisse des Explosionsschutzes einschließlich des zugehörigen Regelwerkes die Gewähr dafür bieten, dass die Prüfungen ordnungsgemäß durchgeführt werden.

2.2 Berufserfahrung

Die befähigte Person für die Prüfungen zum Explosionsschutz nach § 14 Abs. 1 bis 3 und § 15 BetrSichV muss eine mindestens einjährige Erfahrung mit der Herstellung, dem Zusammenbau oder der Instandhaltung der Anlagen oder Anlagenkomponenten im Sinne von § 1 Abs. 2 Nr. 3 BetrSichV besitzen.

Die befähigte Person für die Prüfungen zum Explosionsschutz nach § 14 Abs. 6 BetrSichV muss eine mindestens einjährige Erfahrung mit der Herstellung oder Instandsetzung von Geräten, Schutzsystemen oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 94/9/EG besitzen.

2.3 Zeitnahe berufliche Tätigkeit

Die befähigte Person für die Prüfungen zum Explosionsschutz nach § 14 Abs. 1 bis 3 und 6 sowie § 15 BetrSichV muss über die im Einzelnen erforderlichen Kenntnisse des Explosionsschutzes sowie der relevanten technischen Regelungen verfügen und sofern

erforderlich diese Kenntnisse aktualisieren, zum Beispiel durch Teilnahme an Schulungen oder Unterweisungen.

Die befähigte Person für die Prüfungen zum Explosionsschutz nach Anhang 4 Teil A Nr. 3.8 BetrSichV muss regelmäßig durch Teilnahme an einem einschlägigen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet des Explosionsschutzes fortgebildet werden.

3 Anerkennung, alternative Anforderungen

3.1 Anerkennung

Die befähigte Person nach § 14 Abs. 6 BetrSichV muss von der zuständigen Behörde für diese Prüfungen anerkannt sein.

3.2 Alternative Anforderungen

Aufgaben der befähigten Personen nach § 14 Abs. 1 bis 3 und § 15 sowie Anhang 4 Teil A Nr. 3.8 BetrSichV können auch von Zugelassenen Überwachungsstellen wahrgenommen werden, welche die Zulassung für Anlagen nach § 1 Abs. 2 Nr. 3 und 4 BetrSichV besitzen.

Gefährliche explosions- fähige Atmosphäre

Allgemeines

Ausgabe Juni 2006



Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS/TRGS im Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006 veröffentlicht.

Vorbemerkung

Bei der nachfolgenden Technischen Regel handelt es sich um eine Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) und eine Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS).

Diese **Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS 2152)** gibt dem Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird **vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)** ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Diese **Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS 720)** gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie wird vom **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)** ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht. Die Technische Regel konkretisiert die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Gefahrstoffverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der in der Gefahrstoffverordnung enthaltenen Anforderungen in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	77
2	Begriffsbestimmungen	
2.1	Grundlegende Begriffsbestimmungen	77
2.2	Explosionsgefährdete Bereiche	78
2.3	Für die Beurteilung der Gefährdung und die Festlegung von Maßnahmen bedeutsame sicherheitstechnische Kenngrößen	79
3	Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen	81

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Technische Regel gilt für die Beurteilung der Explosionsgefährdungen durch Stoffe, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können und für die Auswahl und Durchführung geeigneter Schutzmaßnahmen.

(2) Diese Technische Regel gilt nicht für eine Beurteilung der Maßnahmen zum Vermeiden von Gefährdungen durch explosionsfähige Gemische unter anderen als atmosphärischen Bedingungen (erhöhter Druck, erhöhte Temperatur) oder mit anderem Reaktionspartner als Luft sowie Gefährdungen durch chemisch instabile Stoffe.

(3) Im Text dieser Technischen Regel hervorgehobene Hinweise beschreiben besondere Umstände, die der vertieften Behandlung durch den Arbeitgeber/Betreiber bedürfen. Im Text dieser Technischen Regel hervorgehobene Bemerkungen dienen der näheren Erläuterung eines Sachverhaltes.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Grundlegende Begriffsbestimmungen

(1) Brennbarer Stoff ist ein Stoff in Form von Gas, Dampf, Flüssigkeit, Feststoff oder Gemischen davon, der bei Entzündung eine exotherme Reaktion mit Luft eingehen kann.

(2) Normalbetrieb ist der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden.

Bemerkung: Inspektion und Wartung sowie die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe können zum Normalbetrieb gehören, z.B. die geringe Freisetzung von Stoffen

- aus Dichtungen, deren Wirkungen auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht oder
- bei betriebsüblichen Störungen (z.B. Abrutschen eines Sackes von einer Füllereinrichtung).

Störungen (z.B. Versagen von Dichtungen, von Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen), die z.B. Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, werden nicht als Normalbetrieb angesehen.

(3) Explosionsfähiges Gemisch ist ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Zündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

(4) Explosionsfähige Atmosphäre ist ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. Als atmosphärische Bedingungen im Sinne dieser Technischen Regel gelten Gesamtdrucke von 0,8 bar bis 1,1 bar und Gemischtemperaturen von -20 °C bis +60 °C.

Bemerkung: "Übertragung auf das gesamte unverbrannte Gemisch" ist im Sinne einer selbstständigen Fortpflanzung der Reaktion zu verstehen.

- (5) Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist eine explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefährdrohende Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter erforderlich werden.
- (6) Explosion im Sinne dieser Technischen Regel ist eine plötzliche Oxidationsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beidem gleichzeitig.
- (7) Deflagration ist eine Explosion, die sich mit Unterschallgeschwindigkeit fortpflanzt.
- (8) Detonation ist eine Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt; sie ist gekennzeichnet durch eine Stoßwelle.
- (9) Explosionsbereich ist der Bereich der Konzentration (Stoffmengenanteil) eines brennbaren Stoffes in Luft, in dem eine Explosion auftreten kann.
- (10) Selbstentzündung einer Staubschüttung ist die Entzündung von Stäuben, die dadurch hervorgerufen wird, dass die Wärmeproduktionsgeschwindigkeit der Oxidations- oder Zersetzungsreaktion der Stäube größer ist als die Wärmeverlustgeschwindigkeit an die Umgebung.
- (11) Hybrides Gemisch ist ein Gemisch von Luft mit brennbaren Stoffen in unterschiedlichen Aggregatzuständen. Beispiele für hybride Gemische sind Gemische aus Methan und Kohlenstaub mit Luft oder Gemische aus Benzindampf und Benzintröpfchen mit Luft.

2.2 Explosionsgefährdete Bereiche

(1) Explosionsgefährdeter Bereich ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich.

(2) Zoneneinteilung

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. Diese Einteilung dient als Grundlage für die Festlegung von Maßnahmen, insbesondere zur Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.

(3) Zone 0

Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Bemerkung: Der Begriff "häufig" ist im Sinne von "zeitlich überwiegend" zu verwenden.

(4) Zone 1

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

(5) Zone 2

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Bemerkung: Dies ist gleichbedeutend damit, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und auch nur kurzzeitig auftritt.

(6) Zone 20

Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Bemerkung: Der Begriff "häufig" ist im Sinne von "zeitlich überwiegend" zu verwenden.

(7) Zone 21

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.

(8) Zone 22

Bereich, in dem bei Normalbetrieb gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Bemerkung: Dies ist gleichbedeutend damit, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und auch nur kurzzeitig auftritt.

(9) Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.

2.3 Für die Beurteilung der Gefährdung und die Festlegung von Maßnahmen bedeutsame sicherheitstechnische Kenngrößen

(1) Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der unter festgelegten Versuchsbedingungen eine Flüssigkeit, brennbares Gas oder brennbaren Dampf in solcher Menge abgibt, dass bei Kontakt mit einer wirksamen Zündquelle sofort eine Flamme auftritt.

(2) Explosionspunkte: Unterer Explosionspunkt (UEP) bzw. oberer Explosionspunkt (OEP) einer brennbaren Flüssigkeit ist die Temperatur, bei der die Konzentration (Stoffmengenanteil) des gesättigten Dampfes im Gemisch mit Luft die untere bzw. obere Explosionsgrenze erreicht. Bei reinen Stoffen und azeotropen Gemischen lassen sich mit Hilfe der Explosionspunkte und der Dampfdruckkurve die Explosionsgrenzen bestimmen.

(3) Explosionsgrenzen sind Grenzen des Explosionsbereiches. Untere Explosionsgrenze (UEG) bzw. obere Explosionsgrenze (OEG) ist der untere bzw. obere Grenzwert der Konzentration (Stoffmengenanteil) eines brennbaren Stoffes in einem Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln und/oder Stäuben, in dem sich nach dem Zünden eine von der Zündquelle unabhängige Flamme gerade nicht mehr selbstständig fortpflanzen kann.

- (4) Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) ist die maximale Sauerstoffkonzentration (Stoffmengenanteil) in einem Gemisch eines brennbaren Stoffes mit Luft und inertem Gas oder Staub, in dem eine Explosion nicht auftritt; sie wird bestimmt unter festgelegten Versuchsbedingungen.
- (5) Mindestzündenergie (MZE) ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte, kleinste in einem Kondensator gespeicherte elektrische Energie, die bei Entladung ausreicht, das zündwilligste Gemisch einer explosionsfähigen Atmosphäre zu entzünden.
- (6) Zündtemperatur (eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit) ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Entzündung eines brennbaren Stoffes als Gas/Luft- oder Dampf/Luft-Gemisch eintritt.
- (7) Mindestzündtemperatur einer explosionsfähigen Atmosphäre ist die Zündtemperatur eines brennbaren Gases oder des Dampfes einer brennbaren Flüssigkeit oder einer Staubwolke; sie wird jeweils unter festgelegten Versuchsbedingungen bestimmt.
- (8) Mindestzündtemperatur einer Staubschicht ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Staubschicht entzündet wird.
- (9) Mindestzündtemperatur einer Staubwolke ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der sich das zündwilligste Gemisch des Staubes mit Luft entzündet.
- (10) Glimmtemperatur ist die Mindestzündtemperatur einer Staubschicht von 5 mm Dicke.
- (11) Schwelpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der ein Staub brennbare dampf- oder gasförmige Produkte ("Schwelgas") in solchen Mengen entwickelt, dass diese im Luftraum oberhalb der Schüttung durch eine kleine Flamme entzündet werden können.
- (12) Explosionsdruck (p_{ex}) ist der unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte Druck, der in einem geschlossenen Behälter bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre mit bestimmter Zusammensetzung auftritt. Maximaler Explosionsdruck (p_{max}) ist der höchste ermittelte Explosionsdruck, der bei Änderung der Brennstoffanteile auftritt.
- (13) Maximaler zeitlicher Druckanstieg ($(dp/dt)_{max}$) ist der unter festgelegten Versuchsbedingungen bei Änderung der Brennstoffanteile ermittelte höchste zeitliche Druckanstieg in einem geschlossenen Behälter, der bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre auftritt.

3 Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen

(1) Im Rahmen seiner Verpflichtung nach § 5 ArbSchG hat der Arbeitgeber die Gefährdung seiner Beschäftigten durch Explosionen zu ermitteln, zu beurteilen und die notwendigen Schutzmaßnahmen abzuleiten. Dabei sind die folgenden Gesichtspunkte zu beachten:

1. Es ist zu prüfen, ob brennbare feste, flüssige, gasförmige oder staubförmige Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder unter den in Betracht zu ziehenden Betriebszuständen gebildet werden können. Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721.
2. Wenn brennbare Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder gebildet werden können, muss festgestellt werden, ob nach Art des Auftretens dieser brennbaren Stoffe überhaupt mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist. Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721.
3. Es ist zu beurteilen, ob die zu erwartenden Mengen explosionsfähiger Atmosphäre auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefährdend sind. Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721.
4. Ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich, sind die unter 5. und 7. aufgeführten Schutzmaßnahmen zu treffen.
5. Es sind bevorzugt Stoffe und Zubereitungen einzusetzen, die keine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.
Ist dies nach dem Stand der Technik nicht möglich, ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern oder einzuschränken.
Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist gefahrlos zu beseitigen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.
6. Kann gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch die unter 5. genannten Maßnahmen nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen:
 - a) die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre,
 - b) die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins oder der Entstehung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
 - c) die zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen; besondere örtliche Verhältnisse sowie das übliche Maß (siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1 Anhang/TRGS 721 Anhang) über- oder unterschreitende Explosionsgefährdungen müssen berücksichtigt werden.
7. Aus der unter 6. genannten Beurteilung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten abzuleiten:
 - a) Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre). Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722.
 - b) Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen, einschließlich elektrostatischer Entladungen).

- c) Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (konstruktiver Explosionsschutz).

In der Regel ist den Maßnahmen nach 7a) sicherheitstechnisch Vorrang zu geben. Es ist deshalb zunächst zu überlegen, ob und wie weit diese Maßnahmen sinnvoll angewendet werden können. Führt diese Überlegung nicht zu einer befriedigenden Lösung, so sind nach sachkundigem Ermessen Maßnahmen nach 7b) oder 7c) oder geeignete Kombinationen von Maßnahmen nach 7a), 7b) und 7c) anzuwenden. Für die Festlegung von Maßnahmen nach 7b) sind die explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen einzuteilen (siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721).

- (2) Der Prozess der Entscheidung gemäß Absatz 1 ist in Bild 1 für den Fall der das übliche Maß nicht überschreitenden Auswirkungen einer Explosion in Form eines Abfrageschemas grafisch dargestellt.
- (3) Die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen müssen im Rahmen eines in sich widerspruchsfreien Explosionsschutzkonzeptes ausgewählt und bewertet werden. Die getroffenen Maßnahmen müssen im Explosionsschutzdokument festgehalten werden.

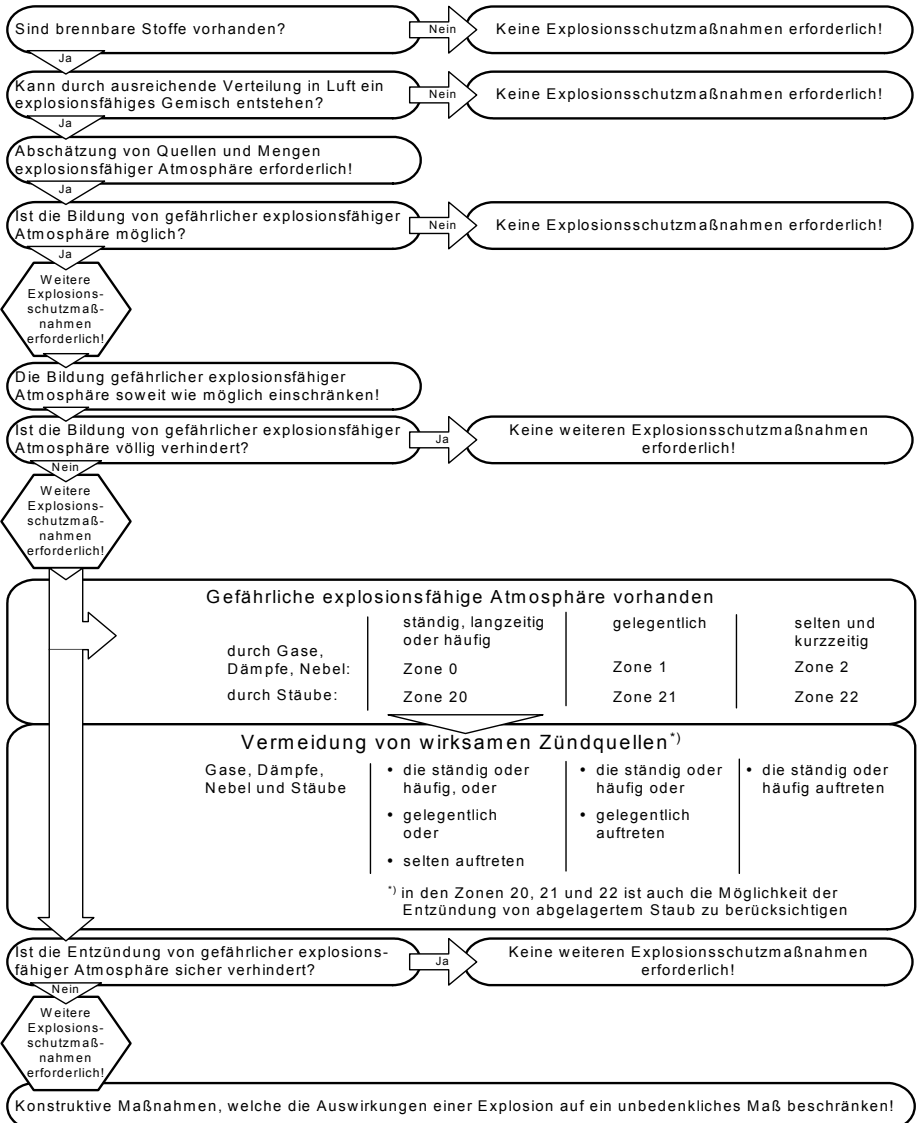


Bild 1: Abfrageschema zum Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen

Gefährliche explosions- fähige Atmosphäre

Beurteilung der Explosionsgefährdung

Ausgabe Juni 2006



Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS/TRGS im Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006 veröffentlicht.

Vorbemerkung

Bei der nachfolgenden Technischen Regel handelt es sich um eine Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) und eine Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS).

Diese **Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS 2152)** gibt dem Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird **vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)** ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Diese **Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS 721)** gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie wird vom **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)** ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht. Die Technische Regel konkretisiert die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Gefahrstoffverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der in der Gefahrstoffverordnung enthaltenen Anforderungen in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	88
2	Grundlagen	
2.1	Allgemeines	88
2.2	Explosionsfähige Atmosphäre	88
2.3	Explosionsgefährdung	88
3	Beurteilungsmaßstäbe	
3.1	Allgemeines	89

3.2	Beurteilung des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre	90
3.3	Ermittlung der Menge explosionsfähiger Atmosphäre	91
3.4	Beurteilung der Gefährlichkeit explosionsfähiger Atmosphäre und der Explosionsauswirkungen	
3.4.1	Beurteilung der Gefährlichkeit explosionsfähiger Atmosphäre	92
3.4.2	Beurteilung der Explosionsauswirkungen	93

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der TRBS 2152/die TRGS 721 konkretisiert die Anforderungen an die Beurteilung von Explosionsgefährdungen durch explosionsfähige Atmosphären.

2 Grundlagen

2.1 Allgemeines

Kann nach den Bestimmungen der §§ 7 und 12 der Gefahrstoffverordnung die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber nach § 3 Abs. 2 BetrSichV zu beurteilen:

1. die Wahrscheinlichkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre,
2. die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins oder der Entstehung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
3. das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen.

Die Beurteilung muss sich auf die konkreten örtlichen und betrieblichen Verhältnisse beziehen.

2.2 Explosionsfähige Atmosphäre

(1) Explosionsfähige Atmosphäre liegt vor, wenn brennbare Stoffe in feiner Verteilung (hoher Dispersionsgrad) in Form von Gasen, Dämpfen, Nebeln (Flüssigkeitströpfchen bzw. Aerosole) oder Stäuben (Feststoffteilchen) vorhanden sind und ihre Konzentration im Gemisch mit Luft innerhalb der Explosionsgrenzen liegt.

Bemerkung: Bei Explosionen treten Flammen, hohe Temperaturen und vielfach auch hohe Drücke und Druckanstiegsgeschwindigkeiten auf. Hierbei können Personen verletzt, Gebäude oder Anlagenteile zerstört sowie weitere brennbare Stoffe entzündet werden (Folgebrände).

(2) Explosionsfähige Atmosphäre liegt dann in gefahrdrohender Menge vor (gefährliche explosionsfähige Atmosphäre), wenn im Falle ihrer Entzündung die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter beeinträchtigt werden kann und deshalb besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden.

2.3 Explosionsgefährdung

(1) Explosionen mit gefährlichen Auswirkungen können auftreten, wenn die folgenden vier Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. hoher Dispersionsgrad der brennbaren Stoffe,
2. Konzentration der brennbaren Stoffe in Luft innerhalb ihrer Explosionsgrenzen,

3. gefährdrohende Menge explosionsfähiger Atmosphäre,
4. wirksame Zündquelle.

Bemerkung 1: Der Dispersionsgrad von Nebeln oder Stäuben kann für das Zustandekommen einer Explosion bereits ausreichend sein, wenn die Tröpfchen- oder Teilchengröße bei 1 mm liegt. Zahlreiche praktisch vorkommende Nebel, Aerosole und Stäube haben Teilchengrößen zwischen 0,1 und 0,001 mm. Bei Stoffen in gas- oder dampfförmigem Zustand ist ein ausreichender Dispersionsgrad naturgemäß gegeben.

Bemerkung 2: Wenn die Konzentration des ausreichend dispergierten brennbaren Stoffes in Luft einen Mindestwert (untere Explosionsgrenze) überschreitet, ist eine Explosion möglich. Eine Explosion ist nicht mehr möglich, wenn die Konzentration einen maximalen Wert (obere Explosionsgrenze) überschritten hat.

Bemerkung 3: Über einer brennbaren Flüssigkeit kann sich explosionsfähige Atmosphäre nur bilden, wenn die Temperatur der Flüssigkeitsoberfläche einen Mindestwert überschreitet (vgl. Nummer 3.2).

Bemerkung 4: Zur Einleitung einer Explosion muss eine wirksame Zündquelle vorhanden sein. Die Wirksamkeit von Zündquellen, d.h. die Fähigkeit, explosionsfähige Atmosphäre zu entzünden, hängt u.a. von der Energie der Zündquelle und von den Eigenschaften der explosionsfähigen Atmosphäre ab. Unter anderen als atmosphärischen Bedingungen ändern sich die für die Entzündung maßgebenden Eigenschaften der explosionsfähigen Gemische, z.B. wird die Mindestzündenergie von Gemischen mit erhöhtem Sauerstoffgehalt verringert.

(2) Für andere als atmosphärische Bedingungen ist zu beachten, dass sich die Explosionsgrenzen ändern. Der Konzentrationsbereich zwischen den Explosionsgrenzen erweitert sich in der Regel mit steigendem Druck und steigender Temperatur des Gemisches. Die oberen Explosionsgrenzen liegen bei Gemischen mit Sauerstoff wesentlich höher als bei Gemischen mit Luft, bei einigen chemisch instabilen Stoffen liegt unter bestimmten Bedingungen (z.B. Acetylen und Ethylenoxid) keine obere Explosionsgrenze vor. Solche Stoffe können durch Entzünden auch ohne Anwesenheit von Luft oder Sauerstoff zu exothermen Reaktionen angeregt werden.

(3) Für Stäube ist bei der Anwendung der Explosionsgrenzen zu beachten, dass sich die Staubkonzentration durch Aufwirbeln von Ablagerungen oder durch Absetzen von aufgewirbeltem Staub stark verändern kann. Es ist z.B. möglich, dass durch Aufwirbeln von Staub explosionsfähige Atmosphäre entsteht. Andererseits kann durch Absetzen eines Teiles des aufgewirbelten Staubes, dessen Konzentration zunächst oberhalb der oberen Explosionsgrenze lag, ebenfalls explosionsfähige Atmosphäre entstehen.

3 Beurteilungsmaßstäbe

3.1 Allgemeines

(1) Bei der Beurteilung der Explosionsgefahr ist davon auszugehen, dass eine Entzündung eventuell vorhandener explosionsfähiger Atmosphäre stets möglich ist. Die Beurteilung ist also unabhängig von der Frage, ob Zündquellen vorhanden sind.

(2) Es ist zu beachten, dass sicherheitstechnische Kenngrößen des Explosionsschutzes in der Regel für atmosphärische Bedingungen beschrieben sind.

(3) Liegen die entsprechenden Kenngrößen nicht vor, so müssen sie ermittelt werden.

3.2 Beurteilung des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre

(1) Das Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre muss für das Innere und für die Umgebung der zu beurteilenden Arbeitsmittel oder Anlagen beurteilt werden.

(2) Die Beurteilung des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre bezieht sich auf die Eigenschaften der Stoffe und auf deren mögliche Verarbeitungszustände, bei denen Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube, die explosionsfähige Atmosphäre bilden können, vorhanden sind oder entstehen können.

(3) Hierbei sind folgende Eigenschaften der Stoffe zu berücksichtigen:

1. **bei allen Stoffen:**

Untere und obere Explosionsgrenze,

2. **bei Flüssigkeiten:**

Flammpunkt bzw. unterer Explosionspunkt (UEP) und oberer Explosionspunkt (OEP), Sattendampfdruck bei den Verarbeitungs- bzw. Umgebungstemperaturen,

3. **bei Stäuben:**

Korngrößenverteilung und Dichte, Feuchte, Schwelppunkt.

(4) Darüber hinaus ist der Verarbeitungszustand der Stoffe zu berücksichtigen:

1. **bei allen Stoffen:**

Während des Umganges entstehende oder herrschende maximale (ggf. auch minimale) Konzentrationen der brennbaren Stoffe.

2. **bei Flüssigkeiten und bei Nebeln:**

a) Art der Verarbeitung einer Flüssigkeit (z.B. Versprühen, Verspritzen und Aufreißen eines Flüssigkeitsstrahles, Verdampfen und Kondensation). Werden die Flüssigkeiten in Tröpfchen verteilt, z.B. versprüht, ist auch bei Temperaturen unterhalb des unteren Explosionspunktes (UEP) mit der Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen. Bei Nebeln können sich wegen des Dampfdruckes der Flüssigkeit bei höheren Temperaturen die gefährlichen Eigenschaften den Werten des Dampf/Luft-Gemisches annähern.

b) maximale (ggf. auch minimale) Verarbeitungs- bzw. Umgebungstemperaturen. Liegt z.B. die maximale Verarbeitungstemperatur über dem UEP der Flüssigkeit, so können explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische vorhanden sein. Sofern der jeweilige UEP nicht bekannt ist, kann er in den folgenden beiden Fällen wie dargestellt abgeschätzt werden:

- bei reinen, nicht halogenierten Flüssigkeiten 5 K unter dem Flammpunkt,
- bei Lösemittel-Gemischen ohne halogenierte Komponente 15 K unter dem Flammpunkt.

3. bei Stäuben:

Vorhandensein oder Entstehen von Staub/Luft-Gemischen bzw. Staubablagerungen (vgl. auch Nummer 2.2), z.B. beim Mahlen, Sieben, Fördern, Füllen, Entleeren, Schleifen und Trocknen.

3.3 Ermittlung der Menge explosionsfähiger Atmosphäre

(1) Zusätzlich zu den in Nummer 3.2 Absatz 3 genannten Eigenschaften der Stoffe sind je nach Erfordernis zu berücksichtigen:

1. bei Gasen und Dämpfen:

Dichteverhältnis bezogen auf Luft und Diffusionskoeffizient,

2. bei Flüssigkeiten:

Verdunstungszahl.

Hinweise: Die Dichte der Dämpfe aller brennbaren Flüssigkeiten ist größer als die der Luft bei gleicher Temperatur.

Die Dichte von Gasen ist im Allgemeinen größer als die Dichte der Luft (ausgenommen z.B. Acetylen, Ammoniak, Cyanwasserstoff, Ethylen, Kohlenmonoxid, Methan und Wasserstoff). Je schwerer die Gase und Dämpfe sind, desto schneller fallen sie nach unten, wobei sie sich fortschreitend mit der zur Verfügung stehenden Luft vermischen.

Die Entmischung eines einmal gebildeten Gemisches in leichte und schwere Anteile allein durch die Schwerkraft ist nicht möglich. Schwere Schwaden fallen nach unten und breiten sich aus. Sie können auch über weite Strecken „kriechen“ und dort entzündet werden.

Hierbei ist zu beachten, dass die Dichte des sich über einer Flüssigkeit bildenden Dampf/Luft-Gemisches durch den temperaturabhängigen Sattdampfdruck der Flüssigkeit begrenzt wird. So beträgt z.B. die auf Luft bezogene Dichte (Dichteverhältnis) des Dampfes von Hexan 2,97. Da jedoch Hexan bei 20°C nur einen Sattdampfdruck von 0,16 bar hat, lässt sich die auf Luft bezogene Dichte des sich über der Flüssigkeit bildenden Dampf/Luft-Gemisches wie folgt berechnen: $2,97 \times 0,16 + (1 - 0,16) = 1,3$.

Gase, die leichter als Luft sind, steigen umso schneller nach oben, je geringer ihre Dichte ist; sie vermischen sich hierbei fortschreitend mit Luft.

Der Diffusionskoeffizient ist nur dann eine die Menge explosionsfähiger Atmosphäre bestimmende Größe, wenn im Raum keine wesentlichen Strömungen vorhanden sind (siehe hierzu auch Absatz 2).

(2) Über die nach Absatz 1 zu berücksichtigenden Eigenschaften der Stoffe hinaus sind die örtlichen und betrieblichen Verhältnisse zu berücksichtigen:

1. bei allen Stoffen:

- Art des Umganges mit den Stoffen unter gasdichtem, flüssigkeitsdichtem oder staubdichtem Einschluss oder in offenen Apparaturen, z.B. Beschickung und Entleerung.
- Möglichkeit des Austretens von Stoffen an Ventilen, Schiebern, Rohrleitungsverbindungen, Pumpen usw.
- Be- und Entlüftungsverhältnisse und sonstige räumliche Verhältnisse.

Hinweis: Mit dem Vorhandensein von brennbaren Stoffen oder Gemischen ist insbesondere in Bereichen zu rechnen, die von der Lüftung nicht erfasst sind, z.B. unbelüftete tief liegende Bereiche wie Gruben, Kanäle und Schächte.

2. bei Gasen und Dämpfen:

Geringe Luftbewegungen (natürlicher Zug, Umhergehen von Personen, thermische Konvektion) können bereits die Vermischung mit Luft erheblich beschleunigen.

3. bei Flüssigkeiten:

Größe der Verdunstungsfläche, Verarbeitungstemperatur, Versprühen oder Verspritzen von Flüssigkeiten.

4. bei Stäuben:

Bildung von Staubablagerungen, bevorzugt auf waagerechten oder schwach geneigten Flächen (vgl. TRBS 2152 Teil 2 Nummer 2.6/TRGS 722 Nummer 2.6), Aufwirbeln von Stäuben.

3.4 Beurteilung der Gefährlichkeit explosionsfähiger Atmosphäre und der Explosionsauswirkungen

3.4.1 Beurteilung der Gefährlichkeit explosionsfähiger Atmosphäre

(1) Zusätzlich zu den in Nummer 3.2 Absatz 3 genannten Eigenschaften der Stoffe sind je nach Erfordernis zu berücksichtigen:

- Maximaler Explosionsdruck,
- maximaler zeitlicher Druckanstieg,
- Detonationsgrenzen oder Neigung zur Detonation.

(2) Darüber hinaus sind die örtlichen und betrieblichen Verhältnisse zu berücksichtigen, insbesondere die Mengen der explosionsfähigen Atmosphäre und die Art ihres Einschlusses, z.B. in Behältern, mehr oder weniger geschlossenen Räumen, Gruben, Kanälen und im Freien.

Hinweis 1: Mehr als 10 Liter zusammenhängende explosionsfähige Atmosphäre müssen in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße grundsätzlich als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre angesehen werden (s. auch Nummer 3.3). Auch kleinere Mengen können bereits gefährdend sein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden. Auch in Räumen von weniger als etwa 100 m³ kann bereits eine kleinere Menge als 10 Liter gefährdend sein. Eine grobe Abschätzung ist mit Hilfe der Faustregel möglich, dass in solchen Räumen explosionsfähige Atmosphäre von mehr als einem Zehntausendstel des Raumvolumens gefährdend sein kann, also z.B. in einem Raum von 80 m³ bereits 8 Liter. Hieraus darf aber nicht gefolgert werden, dass dann der gesamte Raum als explosionsgefährdeter Bereich gilt. Nur der Teilbereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann, gilt als explosionsgefährdeter Bereich. Die Auswirkungen einer Explosion können jedoch darüber hinaus gehen und sind zu betrachten.

Hinweis 2: Bei vielen brennbaren Stäuben reicht bereits eine gleichmäßig über die gesamte Bodenfläche verteilte Staubablagerung von weniger als 1 mm Schichtdicke aus, um beim Aufwirbeln einen Raum normaler Höhe mit explosionsfähigem Staub/Luft-Gemisch vollständig auszufüllen. Infolge einer ersten Explosion kann abgelagerter Staub aufgewirbelt werden und zu Folgeexplosionen führen. In der Gefährdungsbeurteilung ist dies besonders zu beachten, weil in diesem Fall explosionsfähige Staub/Luft-Gemische und wirksame Zündquellen gleichzeitig auftreten.

Hinweis 3: Welche Menge explosionsfähiger Atmosphäre im Freien als gefährdrohend angesehen werden muss, lässt sich nur für den Einzelfall abschätzen.

Hinweis 4: Befindet sich explosionsfähige Atmosphäre in Gefäßen, die dem möglicherweise auftretenden Explosionsdruck nicht standhalten, so sind wegen der Gefährdung, beispielsweise durch Splitter beim Bersten, weitaus geringere Mengen als die oben angegebenen als gefährdrohend anzusehen. Eine untere Grenze kann hierfür nicht angegeben werden.

3.4.2 Beurteilung der Explosionsauswirkungen

(1) Die Vermeidung des Entstehens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre und des Wirksamwerdens von Zündquellen hat Vorrang vor einer Verringerung des Ausmaßes der Auswirkungen einer Explosion. Im Fall einer Explosion von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre ist stets mit einem hohen Schadensausmaß und Personenschäden zu rechnen, die von Verletzten bis zu Toten reichen können. Eine fallweise differenzierte Betrachtung der Auswirkungen ist im Beurteilungsprozess deshalb in der Regel nicht erforderlich. Unabhängig davon sind begrenzte physikalische Wirkungen einer Explosion (z.B. Flammenausbreitung und Wärmestrahlung, Druckwirkungen, Möglichkeiten zur Ausbildung von Detonationen) zu betrachten. Besondere örtliche Verhältnisse sind zu berücksichtigen. Durch eine Explosion können auch in der Umgebung Auswirkungen entstehen, durch die andere gefährliche oder brennbare Stoffe freigesetzt bzw. entzündet werden können.

Hinweis 1: Die sich in explosionsfähiger Atmosphäre ausbreitenden Flammen können ein Volumen einnehmen, das etwa zehnmal so groß ist wie das der explosionsfähigen Atmosphäre vor ihrer Entzündung. Bei Ausbreitung in einer Richtung muss deshalb mit entsprechend langen Stichflammen gerechnet werden.

Hinweis 2: In lang gestreckten Behältern oder Rohrleitungen besteht die Gefahr der Ausbildung von Detonationen. Detonationswellen haben beim Aufprall auf Hindernisse eine besonders starke zerstörende Wirkung.

(2) Eine das übliche Maß über- oder unterschreitende Explosionsauswirkung oder -gefährdung muss bzw. kann bei den zu ergreifenden Maßnahmen in Umfang und Art berücksichtigt werden.

Bemerkung 1: Mit einer das übliche Maß überschreitenden Auswirkung ist z.B. zu rechnen, wenn Versammlungsstätten (Kantinen usw.), Wege mit dichtem Verkehr (Straßen, viel benutzte Treppen, Fluchtwege usw.), Wohnungen und größere Büroräume im gefährdeten Bereich liegen oder wenn durch Explosionen Folgeschäden größeren Ausmaßes zu erwarten sind. Diesen Sonderfällen kann in der Regel bereits bei der Planung der Anlage durch Wahl ausreichender Abstände des explosionsgefährdeten Bereiches von den als Beispiel genannten Anlagen bzw. Einrichtungen oder durch Einsatz einer höherwertigen Gerätekategorie Rechnung getragen werden.

Bemerkung 2: Mit einer das übliche Maß unterschreitenden Auswirkung ist z.B. zu rechnen, wenn eine explosionsgefährdete Anlage unter solchen Bedingungen betrieben wird, z.B. abseits gelegene ferngesteuerte Anlage mit automatisch arbeitenden Notfunktionen, dass mit einer Gefährdung von Beschäftigten und Dritten nicht zu rechnen ist.

Bemerkung 3: Eine das übliche Maß unterschreitende Explosionsgefährdung ist z.B. bei der Handhabung von Chlor-Kohlenwasserstoff-Verbindungen (CKW) gegeben. Für CKW, die einen Explosionsbereich, jedoch keinen Flammpunkt besitzen, gilt, dass Geräte verwendet werden dürfen, die für die jeweils um eine Stufe weniger gefährliche Zone geeignet sind. In Zone 2 müssen jedoch elektrische Arbeitsmittel mit der Schutzart mind. IP 5X, bei Motoren IP 4X, eingesetzt werden. In Zone 2 darf die Oberflächentemperatur aller Arbeitsmittel die jeweilige Zündtemperatur des CKW nicht überschreiten; offene Flammen sind nicht zulässig.

Gefährliche explosions- fähige Atmosphäre

Vermeidung oder Einschränkung
gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

Ausgabe Juni 2006



BGM

Berufsgenossenschaft
Metall Nord Süd

Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat diese TRBS/TRGS im Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006 veröffentlicht.

Vorbemerkung

Bei der nachfolgenden Technischen Regel handelt es sich um eine Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) und eine Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS).

Diese **Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS 2152)** gibt dem Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird **vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)** ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Diese **Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS 722)** gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie wird vom **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)** ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht. Die Technische Regel konkretisiert die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Gefahrstoffverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der in der Gefahrstoffverordnung enthaltenen Anforderungen in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	98
2	Maßnahmen, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre)	
2.1	Allgemeines	98
2.2	Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen	98

2.3	Verhindern oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Anlagen und Anlagenteilen	
2.3.1	Allgemeines	99
2.3.2	Konzentrationsbegrenzung	99
2.3.3	Inertisierung	100
2.3.4	Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch Druckabsenkung	105
2.4	Verhindern oder Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen und Anlagenteilen	
2.4.1	Allgemeines	105
2.4.2	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Anlagen und Anlagenteile	106
2.4.3	Dichtheit von Anlagenteilen	106
2.4.4	Lüftungsmaßnahmen	110
2.5	Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen	
2.5.1	Allgemeines	112
2.5.2	Gaswarnanlagen mit Alarmierung	114
2.5.3	Gaswarnanlagen mit automatischen Schaltfunktionen	114
2.5.4	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen ..	114
2.6	Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Anlagenteile und Behälter	115
3	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche	115
Anhang		117

1 Anwendungsbereich

Diese Technische Regel konkretisiert die Anforderungen zur Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre. Sie gilt sowohl für Arbeitsmittel als auch überwachungsbedürftige Anlagen; wenngleich in dieser Technischen Regel immer Bezug auf Anlagen und Anlagenteile genommen wird, erstreckt sich ihre Anwendung auf Arbeitsmittel und überwachungsbedürftige Anlagen.

2 Maßnahmen, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre)

2.1 Allgemeines

Zu den Explosionsschutzmaßnahmen, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre verhindern oder einschränken, gehören:

- 2.1.1 Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen (s. Nummer 2.2),
- 2.1.2 Verhindern oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre im Innern von Anlagen und Anlagenteilen (s. Nummer 2.3),
- 2.1.3 Verhindern oder Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen und Anlagenteilen (s. Nummer 2.4),
- 2.1.4 Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen (s. Nummer 2.5),
- 2.1.5 Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung von staubführenden Anlagen und Anlagenteilen sowie Behältern.

2.2 Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen

Es ist zu prüfen, ob brennbare Stoffe durch solche ersetzbar sind, die keine explosionsfähigen Gemische zu bilden vermögen.

Bemerkung: Beispiele für Ersatzmöglichkeiten:

- brennbare Löse- und Reinigungsmittel durch wässrige Lösungen,
- Kohlenwasserstoffe mit niedrigem Flammpunkt durch Kohlenwasserstoffe mit einem ausreichend sicher über Raum- und Verarbeitungstemperatur liegendem Flammpunkt (vgl. TRBS 2152 Teil 1 Nr. 3.2/TRGS 721 Nr. 3.2),
- brennbare staubförmige Füllstoffe durch nichtbrennbare Füllstoffe.

Hinweis: Werden Kohlenwasserstoffen niedrigsiedende nicht- oder schwerbrennbare Halogenkohlenwasserstoffe zugesetzt, kann der Flammpunkt dieser Mischung heraufgesetzt oder gar unterdrückt werden. Bei der Verdampfung des Gemisches kann allerdings in diesen Fällen der Anteil von Halogenkohlenwasserstoffen im Flüssigkeitsgemisch so stark abnehmen, dass die später frei werdenden Dämpfe wieder explosionsfähige Atmosphäre bilden, z.B. bei Reinigungsarbeiten oder wenn das Lösemittelgemisch in offenen Gefäßen gehandhabt wird. Bei derartigen Gemischen entfallen weitere Schutzmaßnahmen nur dann, wenn für den jeweiligen Anwendungsfall die Unbedenklichkeit sichergestellt ist.

2.3 Verhindern oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Anlagen und Anlagenteilen

2.3.1 Allgemeines

- (1) Lässt sich der Umgang mit Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen, nicht vermeiden, so kann die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre in gefährdender Menge innerhalb von Anlagen und Anlagenteilen durch Begrenzung der Menge oder der Konzentration oder durch Inertisierung verhindert oder eingeschränkt werden.
- (2) Maßnahmen nach Abs. 1 sind in geeigneter Weise zu überwachen, sofern nicht die Einhaltung einer unbedenklichen Konzentration durch die Verfahrensbedingungen sichergestellt ist.
- (3) Die Überwachung kann z.B. durch geeignete und hinreichend funktionssichere Vorrichtungen, wie Strömungswächter oder Gaswarngeräte mit der Auslösung von Alarmen, von automatischen Schutzmaßnahmen oder von automatischen Notfunktionen erfolgen.
- (4) Druckabsenkung unter den atmosphärischen Druck kann die Explosionsheftigkeit oder -gefahr herabsetzen, da entweder der maximale Explosionsdruck abnimmt oder keine Explosion mehr stattfindet.

2.3.2 Konzentrationsbegrenzung

- (1) Durch Maßnahmen zur Konzentrationsbegrenzung soll die Konzentration der brennbaren Stoffe unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze gehalten werden. Beim Anfahren und Abstellen kann der Explosionsbereich durchfahren werden. Dieses ist in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

Hinweis 1: Liegt die Konzentration in einem Arbeitsmittel einschließlich Anlagen und Anlagenteilen über der oberen Explosionsgrenze, besteht zwar im Inneren keine Explosionsgefahr; austretende Gemische können jedoch durch Luftvermischung Explosionsgefahr außerhalb des Anlagenteils hervorrufen.

Hinweis 2: Liegt die Temperatur einer Flüssigkeitsoberfläche in einem Anlagenteil oberhalb des oberen Explosionspunktes, so ist dort nicht notwendigerweise mit Gemischkonzentrationen oberhalb der oberen Explosionsgrenze zu rechnen.

Bemerkung: Es ist möglich, durch Zugabe von brennbaren Gasen die Gesamtkonzentration der brennbaren Komponenten stets oberhalb der für das gesamte Gemisch gültigen oberen Explosionsgrenze zu halten.

- (2) Bei brennbaren Flüssigkeiten wird die untere Explosionsgrenze sicher unterschritten, wenn die Temperatur an der Flüssigkeitsoberfläche hinreichend weit (etwa 5 K bis 15 K, vgl. TRBS 2152 Teil 1 Nr. 3.2, Abs. 4, Ziffer 2.b/TRGS 721 Nr. 3.2, Abs. 4, Ziffer 2.b)) unterhalb des Flammpunktes gehalten wird.
- (3) Bei Stäuben ist die Vermeidung explosionsfähiger Gemische durch Begrenzung der Konzentration schwer zu erreichen. Insbesondere ist die Wechselwirkung zwischen aufgewirbeltem und abgelagertem Staub zu beachten. Homogene Staub/Luft-Gemische treten äußerst selten auf. Daher ist es in der Regel nur selten möglich, als Staubkonzentra-

tion die Gesamtmenge des Staubes bezogen auf den gesamten Raum oder das Gesamtvolumen eines Arbeitsmittels einschließlich Anlagen und Anlagenteilen zu betrachten und dabei eine gleichmäßige Verteilung anzunehmen.

(4) Bei inhomogener Staubverteilung kann in Teilen von Anlagen und Anlagenteilen sowie Behältern oder Räumen auch dann Explosionsgefahr bestehen, wenn die auf das Gesamtvolumen bezogene Staubmenge außerhalb der Explosionsgrenze liegt.

2.3.3 Inertisierung

2.3.3.1 Allgemeines

(1) Bei der Inertisierung kann durch Zugabe von gasförmigen Inertstoffen (z.B. Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgase, Wasserdampf) oder von pulverförmigen Inertstoffen die Bildung explosionsfähiger Gemische verhindert werden.

Bemerkung: Als Inertisierungsmethoden mit gasförmigen Inertstoffen haben sich in der Praxis Druckwechselverfahren mit oder ohne Vakuumanwendung, die Durchflussspülung sowie die Inertgasbeatmung mit Druckhaltung zur Aufrechterhaltung der vorhandenen Inertisierung bewährt.

Hinweis: Bei Inertisierung mit Wasserdampf ist der Einfluss der Kondensation zu berücksichtigen.

(2) Es ist zu unterscheiden zwischen partieller und totaler Inertisierung.

- Bei der totalen Inertisierung ist das Verhältnis des Anteiles von Inertgas zu dem des brennbaren Stoffes so hoch, dass das Gemisch auch nach Zumischung beliebig großer Luftmengen nicht explosionsfähig ist.

Hinweis: In der Regel kann eine totale Inertisierung nur bei explosionsfähiger Atmosphäre mit brennbaren Gasen und Dämpfen angewendet werden.

- Bei der partiellen Inertisierung wird dem Gemisch soviel Inertstoff zugeführt, dass die Sauerstoffgrenzkonzentration (vgl. TRBS 2152 Teil Allgemeines Nr. 2.3, Abs. 4/TRGS 720, Nr. 2.3, Abs. 4) sicher unterschritten wird (höchstzulässige Sauerstoffkonzentration). Nach Zumischen ausreichender Mengen von Sauerstoff oder Luft (z.B. Austritt ins Freie) wird das Gemisch wieder explosionsfähig.

Hinweis: Die Sauerstoffgrenzkonzentration ist vor allem vom brennbaren Stoff und vom Inertgas, aber auch von Temperatur und Druck abhängig.

(3) Die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration ergibt sich aus der experimentell bestimmten Sauerstoffgrenzkonzentration durch Abzug eines Sicherheitsabstandes. Der Sicherheitsabstand zwischen der experimentell bestimmten Sauerstoffgrenzkonzentration und der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration ist unter Berücksichtigung der betriebs- und störungsbedingten örtlichen und zeitlichen Schwankungen der Sauerstoffkonzentration und der Zeitspanne für das Wirksamwerden ausgelöster Schutzmaßnahmen oder Notfunktionen festzulegen.

(4) Wesentliche Voraussetzung für die Wirksamkeit der Inertisierung ist ihre Sicherstellung (z.B. durch Überwachung der Sauerstoffkonzentration, der Inertgaskonzentration, des Gesamtdruckes oder der Mengenströme von Inertgas und brennbarem Stoff). Weiterhin ist eine Alarmschwelle unterhalb der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration

festzulegen. Bei Erreichen der Alarmschwelle müssen – den Bedingungen des Einzelfalles entsprechend von Hand oder automatisch – Schutzmaßnahmen ausgelöst und durchgeführt werden. Die festzulegende Alarmschwelle, die Eigenschaften der Überwachungseinrichtungen, ihre erforderliche Funktionssicherheit und die Reaktionszeiten des Personals und der Anlage sind aufeinander abzustimmen. Abhängig von der Zuverlässigkeit der Inertisierung ist eine Zonenreduzierung für das Innere von Behältern und Anlagenteilen möglich.

2.3.3.2 Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus brennbaren Gasen und Dämpfen

(1) In Tabelle 1 sind für einige Stoffe die bei Inertisierung sicher zu unter- oder überschreitenden Grenzwerte angegeben.

Hinweis: Es sind hinreichende Sicherheitsabstände zu den experimentell bestimmten Grenzwerten vorzusehen.

Brennbarer Stoff	Temperatur in °C	Partielle Inertisierung				Totale Inertisierung	
		Sauerstoffgrenzkonzentration im Gesamtgemisch brennbarer Stoff/Inertgas/Luft bei der Inertisierung mit:		Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N ₂ oder CO ₂) und Luft (L) zur Inertisierung bei beliebiger Zugabe von brennbarem Stoff		Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N ₂ oder CO ₂) und brennbarem Stoff (B) zur Inertisierung bei beliebiger Zugabe von Luft	
		N ₂	CO ₂	N ₂ /L	CO ₂ /L	N ₂ /B	CO ₂ /B
		c _{max} O ₂ in mol %					
Benzol	100	8,5	11,8	1,4	0,7	42	22
n-Butan	20	9,6	~12	1,1	–	27	–
i-Butan	20	10,3	13,1	1,0	0,5	28	13
Cyclopropan	20	9,0	~12	–	–	–	–
Ethan	20	8,8	11,7	1,3	0,7	21	11
Ethylen	20	7,6	10,5	1,7	0,9	24	13
Ethylenoxid	20	wegen Zerfallsfähigkeit von Ethylenoxid existieren diese Werte nicht				17	15
Hexan	20	9,3	11,6* (100 °C)	1,3	0,8* (100 °C)	42	32* (100 °C)
Kohlenmonoxid	20	4,3	4,6	3,1	1,7	6	3
Methan	20	9,9	13,7	1,0	0,4	11	5
Pentan	20	9,3	–	~1,3	–	~42	–
Propan	20	9,8	12,6	1,1	0,6	26	13
Propylen	20	9,3	12,6	1,2	0,6	23	12

Brennbarer Stoff	Temperatur in °C	Partielle Inertisierung				Totale Inertisierung	
		Sauerstoffgrenzkonzentration im Gesamtgemisch brennbarer Stoff/Inertgase/Luft bei der Inertisierung mit:		Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N ₂ oder CO ₂) und Luft (L) zur Inertisierung bei beliebiger Zugabe von brennbarem Stoff		Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N ₂ oder CO ₂) und brennbarem Stoff (B) zur Inertisierung bei beliebiger Zugabe von Luft	
		N ₂	CO ₂	N ₂ /L	CO ₂ /L	N ₂ /B	CO ₂ /B
		c _{max} O ₂ in mol %					
Vergaserkraftstoff	20	~9,3	—	~1,3	—	~42	—
Wasserstoff	20	4,3	5,2	3,4	1,8	17	12
Heptan	100	—	10,9	—	0,9	—	35
Toluol	100	9,6	12,9	1,1	0,6	42	21
Xylol	100	9,7	13,1	1,1	0,6	42	21
Methylethylketon	20	9,5	—	1,2	—	26	—
Ethanol	20	8,5	—	1,4	—	17	—
Methanol	20	8,1	—	1,4	—	7	—
Propanol-1	20	9,3	—	1,3	—	19	—
Propanol-2	20	8,7	—	1,4	—	25	—
Ethylacetat	20	9,8	—	1,1	—	23	—
Propylformiat	20	9,8	—	1,1	—	21	—
Schwefelkohlenstoff	20	4,6	—	3,5	—	49	—
"~" = Schätzwert							
* Konzentration bei 20°C nicht erreichbar							

Tabelle 1: Grenzwerte für die Inertisierung brennbarer Gase und Dämpfe bei 1 bar Gesamtdruck

(2) Bei der totalen Inertisierung werden explosionsfähige Gemische dadurch vermieden, dass das Verhältnis des Partialdruckes des Inertgases zu demjenigen des brennbaren Gases oder Dampfes einen bestimmten Grenzwert (s. Tabelle 1) überschreitet. Im Anhang ist ein Rechenbeispiel für eine totale Inertisierung aufgeführt.

Hinweis: Die besondere technische Schwierigkeit besteht darin, dass der Partialdruck des brennbaren Gases oder Dampfes oft verfahrenstechnisch oder physikalisch (nämlich entsprechend der Dampfdruckkurve der Flüssigkeit) vorgegeben ist und damit zur Aufrechterhaltung der totalen Inertisierung ein erheblicher Gesamtüberdruck erforderlich sein kann.

(3) Bei der partiellen Inertisierung muss die in Tabelle 1 angegebene Sauerstoffgrenzkonzentration unterschritten oder der Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N₂ oder CO₂) und Luft (L) (zur Inertisierung bei beliebiger Zugabe von brennbarem Stoff) überschritten werden. Im Anhang ist ein Rechenbeispiel für eine partielle Inertisierung aufgeführt.

2.3.3.3 Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus brennbaren Stäuben

In Tabelle 2 sind für einige Stäube die für die Inertisierung von Staub/Luft-Gemischen mit Stickstoff maßgeblichen Sauerstoffgrenzkonzentrationen zusammengestellt.

	Feinheit (Medianwert) [µm]	Sauerstoffgrenzkonzentration (Molgehalt in der Gasphase) [%]
ABS Mischgut	125	11
Aluminium	22	5
Bariumstearat	< 63	13
Braunkohle	63	12
Cadmiumlaurat	< 63	14
Cadmiumstearat	< 63	12
Calciumstearat	< 63	12
Cellulose	22	9
Erbсенmehl	25	15
Harnstoff	< 10	10
Harz	< 63	10
Herbizid	10	12
Holz	27	10
Hopfen	500	17
Kakao	< 63	9
Kautschuk	95	11
Kolophonium, Balsamharz	440	12
Lycopodium	30	7,5
Maisstärke	17	9
Malzschrot	25	11

	Feinheit (Medianwert) [µm]	Sauerstoffgrenzkonzentration (Molgehalt in der Gasphase) [%]
Methionin	< 10	12
Methylcellulose	70	10
Organisches Pigment	< 10	12
Paraformaldehyd	23	6
Polyacrylnitril	26	10
Polyethylen (HDPE)	26	10
Polymethacrylat	18	7
Roggenmehl Typ 1150	29	13
Ruß	13	12
Stärkederivat	24	14
Steinkohle (Fett-)	17	14
Weizenmehl Typ 550	60	11

Tabelle 2: Sauerstoffgrenzkonzentration für verschiedene Stäube für das Inertisieren von Staub/Luft-Gemischen durch Stickstoff bei einer Gemischtemperatur von etwa 20 °C und einem Gesamtdruck von etwa 1 bar

Hinweis 1: Es sind hinreichende Sicherheitsabstände zu den experimentell bestimmten Grenzwerten vorzusehen.

Hinweis 2: Ebenso wie bei Gasen und Dämpfen ist die Sauerstoffgrenzkonzentration von der Art des Inertgases abhängig. Beim Einsatz von Kohlendioxid als Inertgas werden für die Sauerstoffgrenzkonzentration höhere Werte gemessen als beim Einsatz von Stickstoff. Die Sauerstoffgrenzkonzentration fällt mit zunehmender Temperatur und steigendem Druck ab.

Hinweis 3: Da viele Leichtmetallstäube mit Kohlendioxid und zum Teil auch mit Stickstoff reagieren können, können diese in diesen Sonderfällen nicht als Inertgas verwendet werden. In solchen Fällen können z.B. Edelgase eingesetzt werden.

Hinweis 4: Zum Vermeiden von Glimm- oder Schwelbränden bei Ablagerungen brennbarer Stäube müssen zum Teil noch wesentlich niedrigere Sauerstoffkonzentrationen eingehalten werden, als es zum Vermeiden von Staubexplosionen notwendig ist. Die dafür maßgeblichen Sauerstoffkonzentrationen müssen gesondert ermittelt werden.

Hinweis 5: Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische können auch durch Zugabe von inerten Stäuben (z.B. Steinsalz, Natriumsulfat oder Phosphat) ausreichend inertisiert werden. Im Allgemeinen ist hierfür jedoch ein Inertstaubzusatz von mehr als 50 % (Massegehalt) erforderlich.

2.3.3.4 Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus hybriden Gemischen

Bei gleichzeitigem Vorhandensein gasförmiger, staubförmiger und nebelförmiger brennbarer Stoffe ist zur Ermittlung der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration die Komponente mit der niedrigsten Sauerstoffgrenzkonzentration zugrunde zu legen.

2.3.4 Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch Druckabsenkung

- (1) Der zu erwartende Explosionsdruck beträgt üblicherweise das 8 – 10fache des Ausgangsdruckes. Durch Herabsetzen des Betriebsdruckes unter den Atmosphärendruck kann der zu erwartende Explosionsdruck minimiert werden. Wird der Betriebsdruck unter 0,1 bar abgesenkt, liegt der zu erwartende Explosionsdruck unter dem Atmosphärendruck. In diesem Fall ist kein unzulässiger Überdruck zu erwarten.
- (2) Wird der Betriebsdruck unter ca. 50 mbar abgesenkt, ist i.d.R. nicht mehr mit einer gefährlichen Explosionsausbreitung zu rechnen.
- (3) An- und Abfahrvorgänge sind hinsichtlich des Explosionsschutzes gesondert zu betrachten.
- (4) Der abgesenkte Druck ist messtechnisch zu überwachen. Für Betriebsstörungen (z.B. bei Luftenbruch) und An- und Abfahrvorgänge sind zusätzliche geeignete Maßnahmen (z.B. zeitweise Inertisierung oder zeitweise Vermeidung von Zündquellen) vorzusehen.

2.4 Verhindern oder Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen und Anlagenteilen

2.4.1 Allgemeines

In der Umgebung von Anlagen und Anlagenteilen ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern oder einzuschränken, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen sind geeignet, die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern bzw. einzuschränken.

Hinweis: Beim Ausströmen brennbarer Stoffe aus Öffnungen, undichten Stellen usw. können sich außerhalb der Anlagen und Anlagenteile gefährliche explosionsfähige Atmosphäre und bei Stäuben auch Ablagerungen bilden. Bei Stäuben ist besonders zu beachten, dass sich unerwünschte Staubablagerungen entfernt von der Austrittsstelle bilden können, besonders wenn es sich um sehr feinkörnigen Staub handelt. Sie können durch Aufwirbeln zur Entstehung explosionsfähiger Atmosphäre führen. Als Schutzmaßnahme ist daher häufiges und gründliches Entfernen (ohne Aufwirbeln) der Staubablagerungen notwendig.

Bemerkung: Auch durch Befeuchten oder durch Übersichten mit Inertstoffen lassen sich Staubablagerungen – zumindest zeitweise – unschädlich machen.

2.4.2 Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Anlagen und Anlagenteile

Schon bei der Planung einer Anlage zur Handhabung brennbarer Stoffe in großen Mengen ist anzustreben, dass sich die Stoffe stets in geschlossenen Anlagenteilen befinden. Beispielsweise kann das Befüllen und Entleeren von Behältern mit brennbaren Flüssigkeiten in geschlossenen Systemen vorgenommen werden, wenn sowohl die Flüssigkeits- als auch die Gasräume der Behälter durch Leitungen miteinander verbunden werden (Gaspendelverfahren). Kontinuierliche Verfahrensweisen sind diskontinuierlichen, chargenweisen Arbeitsabläufen in der Regel vorzuziehen. Arbeitsvorgänge in benachbarten Anlagen sollten so ablaufen, dass keine gefährliche Beeinflussung eintritt. Dies lässt sich z.B. durch räumliche Trennung oder gegenseitige Abschirmung erreichen. Die weitgehende Unterteilung der brennbaren Stoffe in kleinere Mengen und die gleichzeitige Anwesenheit jeweils nur kleinerer Mengen an einem bestimmten Ort – selbst bei großem Mengenstrom – kann sicherheitstechnische Vorteile bringen. Freianlagen sind Anlagen in Gebäuden im Allgemeinen vorzuziehen, vor allem im Hinblick auf die natürliche Luftbewegung.

2.4.3 Dichtheit von Anlagenteilen

2.4.3.1 Allgemeines

Die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre außerhalb von Anlagenteilen kann durch die Dichtheit des Anlagenteils verhindert oder eingeschränkt werden. Hierbei wird unterschieden in:

- auf Dauer technisch dichte Anlagenteile,
- technisch dichte Anlagenteile und Anlagenteile mit betriebsbedingtem Austritt brennbarer Stoffe.

Hinweis 1: Bei der Konstruktion von Anlagenteilen für die Handhabung mit brennbaren Gasen, Flüssigkeiten und Stäuben sollen die Werkstoffe so ausgewählt werden, dass sie den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen standhalten. Gefahren durch Reaktionen des Wandmaterials mit den brennbaren Gemischen sind auszuschließen.

Hinweis 2: Bei der Auswahl der Werkstoffe ist das Korrosionsverhalten zu berücksichtigen. Bei flächenhafter Abtragung sind bei der Berechnung der Wanddicke Zuschläge zu berücksichtigen; gegen Lochfraßkorrosion sind als grundsätzliche Schutzmaßnahme geeignete Werkstoffe auszuwählen sowie insbesondere auch sachgerechte Konservierungsmaßnahmen in Stillstandsphasen durchzuführen.

2.4.3.2 Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile

- (1) Bei Anlagenteilen, die auf Dauer technisch dicht sind, sind keine Freisetzungen zu erwarten.
- (2) Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn
 - a) sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder

- b) ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird.
- (3) Anlagenteile, die auf Dauer technisch dicht sind, verursachen durch ihre Bauart in ihrer Umgebung im ungeöffneten Zustand keine explosionsgefährdeten Bereiche.
- (4) Auf Dauer technisch dichte Anlagen- und Ausrüstungsteile nach Absatz 2 Buchstabe a) sind z.B.
1. geschweißte Anlagenteile mit
 - lösbaren Komponenten, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen betriebsmäßig nur selten gelöst und konstruktiv wie die nachgenannten lösbaren Rohrleitungsverbindungen gestaltet sind (Ausnahme: metallisch dichtende Verbindungen),
 - lösbaren Verbindungen zu Rohrleitungen, Armaturen oder Blinddeckeln, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen nur selten gelöst und konstruktiv wie die nachgenannten lösbaren Rohrleitungsverbindungen gestaltet sind,
 2. Wellendurchführungen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung (z.B. Pumpen, Rührwerke),
 3. Spaltrohrmotorpumpen,
 4. magnetisch gekoppelte dichtungslose Pumpen,
 5. Armaturen mit Abdichtung der Spindeldurchführung mittels Faltenbalg und Sicherheitsstopfbuchse, Stopfbuchsenabdichtung mit selbsttätig nachstellenden Packungen,
 6. stopfbuchsenlose Armaturen mit Permanent-Magnetantrieb (SLMA-Armaturen).
- (5) Auf Dauer technisch dichte Rohrleitungsverbindungen¹⁾ nach Absatz 2 Buchstabe a) sind z.B.
1. unlösbare Verbindungen, z.B. geschweißt,
 2. lösbare Verbindungen, die betriebsmäßig nur selten gelöst werden, z.B.
 - Flansche mit Schweißlippendichtungen,
 - Flansche mit Nut und Feder,
 - Flansche mit Vor- und Rücksprung,
 - Flansche mit V-Nuten und V-Nutdichtungen,
 - Flansche mit glatter Dichtleiste und besonderen Dichtungen, Weichstoffdichtungen bis PN 25 bar, metallinnenrandgefasste Dichtungen oder metallummantelte Dichtungen, wenn bei Verwendung von DIN-Flanschen eine rechnerische Nachprüfung ausreichende Sicherheit gegen die Streckgrenze aufweist,

¹⁾ Schlauchleitungen sind wie Rohrleitungen zu behandeln.

- metallisch dichtende Verbindungen, ausgenommen Schneid- und Klemmringverbindungen, in Leitungen größer als DN 32.

(6) Auf Dauer technisch dichte Verbindungen nach Absatz 2 Buchstabe a) zum Anschluss von Armaturen sind, soweit sie selten gelöst werden, z.B.

1. die vorgenannten Rohrleitungsverbindungen und
2. NPT-Gewinde (National Pipe Taper Thread, kegeliges Rohrgewinde) oder andere konische Rohrgewinde mit Abdichtung im Gewinde bis DN 50, so weit sie nicht wechselnden thermischen Belastungen ($t > 100\text{ °C}$) ausgesetzt sind.

(7) Neben den rein konstruktiven Maßnahmen können nach Absatz 2 Buchstabe b) auch technische Maßnahmen, kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen, zu einem auf Dauer technisch dichten Anlagenteil führen. Hierunter fallen bei entsprechender Überwachung und Instandhaltung z.B.

1. dynamisch beanspruchte Dichtungen, z.B. bei Wellendurchführungen an Pumpen,
2. thermisch beanspruchte Dichtungen an Anlagenteilen.

(8) Umfang und Häufigkeit für die Überwachung und Instandhaltung richten sich im Einzelnen nach der Art der Verbindung und Konstruktion, Betriebsweise, Beanspruchung sowie Zustand und Eigenschaften der Stoffe. Sie sollen die technische Dichtheit auf Dauer gewährleisten. Es ist darauf zu achten, dass Umfang und Häufigkeit für die Überwachung und Instandhaltung zur Aufrechterhaltung der auf Dauer technischen Dichtheit im Explosionsschutzdokument oder in dort in Bezug genommenen Unterlagen festgelegt sind, z.B. in einer zugehörigen Betriebsanweisung oder im Instandhaltungsplan.

(9) Für die Überwachung kann eine der folgenden Maßnahmen ausreichend sein:

1. Begehung der Anlage und Kontrolle z.B. auf Schlieren, Eisbildung, Geruch und Geräusche infolge Undichtheiten,
2. Begehung der Anlage mit mobilen Leckanzeigergeräten oder tragbaren Gaswarneinrichtungen,
3. kontinuierliche oder periodische Überwachung der Atmosphäre durch selbsttätig arbeitende, fest installierte Messgeräte mit Warnfunktion.

Hinweis: Anlagenteile mit der Klassifizierung 0,5 oder 1 gem. TRGS 420 Anhang 1 gelten als auf Dauer technisch dicht.

Bemerkung: Geeignete vorbeugende Instandhaltung kann den Umfang und die Häufigkeit der Überwachung auf Dichtheit reduzieren.

2.4.3.3 Technisch dichte Anlagenteile

(1) Bei Anlagenteilen, die technisch dicht sind, sind seltene Freisetzungen zu erwarten.

(2) Anlagenteile gelten als technisch dicht, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z.B. mit

schaumbildenden Mitteln oder mit Lecksuch- oder -anzeigergeräten, eine Undichtheit nicht erkennbar ist.

(3) Beispiele für technisch dichte Anlagenteile sind:

1. Flansch mit glatter Dichtleiste und keinen besonderen konstruktiven Anforderungen an die Dichtung,
2. Schneid- und Klemmringverbindungen in Leitungen größer DN 32,
3. Pumpen, deren Dichtheit nur auf einer einfach wirkenden Gleitringdichtung beruht,
4. lösbare Verbindungen nach Nr. 2.4.3.2, die nicht nur selten gelöst werden.

2.4.3.4 Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe

(1) Außerhalb von Anlagenteilen, die weder auf Dauer technisch dicht noch technisch dicht sind, ist mit der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch betriebsbedingten Austritt brennbarer Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe oder Stäube zu rechnen.

Bemerkung 1: Betriebsbedingte Austrittsstellen sind z.B. Entlüftungs- und Entspannungsleitungen, Umfüllanschlüssen, Peilventile, Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen und bei Stäuben z.B. Übergabestellen.

Bemerkung 2: Andere mögliche Austrittsstellen sind nicht kontrollierte Flansch- oder Gehäuseverbindungen (z.B. Pumpengehäuse).

(2) Durch technische Maßnahmen können die Austrittsmengen, die Zonenausdehnung oder die Auftretenswahrscheinlichkeit explosionsfähiger Atmosphäre verringert werden, wenn z.B.:

1. beim Umfüllen ein Vollschauchsystem verwendet wird,
2. in geschlossenen Systemen unter Anwendung der Gaspendelung umgefüllt wird,
3. Entlüftungs- und Entspannungsleitungen in Gassammelsysteme geführt werden,
4. an Probenahmestellen und Peilventilen durch besondere Einrichtungen sichergestellt ist, dass nur geringe Mengen austreten können,
5. Entwässerungen über Schleusen geringen Rauminhalts mit gegeneinander verriegelten Absperrarmaturen vorgenommen werden,
6. die Übergabestellen von staubförmigen bzw. staubhaltigen Produkten mit einer gegebenenfalls auch flexiblen Umhüllung aus weitgehend staubundurchlässigen Materialien versehen werden,
7. durch Unterdruckfahrweise bei betriebsbedingten Austrittsstellen ein Austreten von brennbaren Stoffen vermieden oder verringert wird,
8. bei Anwendung der Unterdruckfahrweise (z.B. 900 mbar abs.) die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagenteilen (z.B. Öffnungen, Wellendurchführungen) sehr gering ist.

2.4.3.5 Prüfen der Anlagenteile auf Dichtheit

Anlagen nach 2.4.3.2 Abs. 2 a) sind vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach längeren Betriebsunterbrechungen, Veränderungen und Reparatur- oder Umbauarbeiten größeren Ausmaßes als Ganzes oder in Abschnitten auf Dichtheit zu prüfen. Technisch dichte Anlagen und Anlagen nach 2.4.3.2 Abs. 2 b) sind zusätzlich regelmäßig entsprechend einem Prüfplan auf ihre Dichtheit zu prüfen.

2.4.4 Lüftungsmaßnahmen

2.4.4.1 Allgemeines

(1) Durch Lüftungsmaßnahmen soll so weit wie möglich die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert oder eingeschränkt werden. Die Wirksamkeit einer Lüftungsmaßnahme wird durch verschiedene Parameter, u.a. Stärke, Verfügbarkeit und Art der Luftführung (Güte), bestimmt. (Einzelheiten hierzu siehe DIN EN 60079-10, Ausgabedatum: Sept. 1996, informativer Anhang B).

Hinweis: Bei der Beurteilung von Lüftungsmaßnahmen kann nicht immer von einfachen Verhältnissen ausgegangen werden. Die zu erwartende Quellstärke brennbarer Stoffe im Betriebs- und Störungszustand ist nicht immer einfach abschätzbar. Zudem sind die Verteilung brennbarer Substanzen im Raum, die Strömungsverhältnisse, die "Totzonen" sowie die Verdünnung der explosionsfähigen Atmosphäre zu berücksichtigen. Insbesondere in Ecken, abgeteilten Bereichen, Bodenvertiefungen etc. kann sich bei Gasen oder Dämpfen, die schwerer als Luft sind, gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden. Trotz Lüftungsmaßnahmen können im Bereich der Austrittsstelle von brennbaren Stoffen explosionsfähige Konzentrationen verbleiben. Eine Beurteilung von Lüftungsmaßnahmen ist häufig nur mit besonderer Fachkenntnis möglich.

(2) Die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre kann nur dort durch Lüftungsmaßnahmen sicher vermieden werden, wo eine Abschätzung der maximalen Menge (Quellstärke) evtl. austretender Gase und Dämpfe, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen, möglich ist und die Lage der Quelle sowie die Ausbreitungsbedingungen ausreichend bekannt sind.

Hinweis: Bei Stäuben bieten Lüftungsmaßnahmen im Allgemeinen nur dann einen ausreichenden Schutz, wenn der Staub an der Entstehungsstelle abgesaugt und zusätzlich gefährliche Staubablagerungen sicher verhindert werden (vgl. 2.6).

Darüber hinaus müssen folgende Umstände berücksichtigt werden:

- Die brennbaren Gase und Dämpfe haben eine von Luft verschiedene Dichte und können sich daher in Bodennähe, z.B. Gruben, Rinnen, schiefe Ebenen oder im Deckenbereich z.B. Kassettendecken und insbesondere an Stellen ausbreiten, an denen die von der Lüftungsanlage erzeugte Strömung nur relativ gering oder nicht vorhanden ist. Die Änderung der Dichte mit der Temperatur ist zusätzlich zu beachten.
- Strömungshindernisse können Toträume bewirken, in denen die Luftbewegung nur schwach oder nicht ausgebildet ist.

(3) Sind die lokalen Lüftungsverhältnisse in den betrachteten lüftungstechnischen Bereichen stark inhomogen, so muss bei der Beurteilung im Fall fehlender weiterer Zusatzinformationen von den Bedingungen der lokal niedrigsten Lüftung ausgegangen werden.

Bemerkung 1: Bei Gasen, die leichter als Luft sind, ist die Gestaltung von Decken und Deckenauslassöffnungen wichtig. Hier hilft Lüftungsunterstützung die glatte, gegebenenfalls zur Abluftöffnung hin aufsteigende Decke. Kassettendecken und breite Querträger oder Deckenbalken können die ausreichende Verdünnung solcher Gase verhindern.

Bemerkung 2: Im günstigsten Fall können Lüftungsmaßnahmen zur Vermeidung explosionsgefährdeter Bereiche führen. Die nachstehend genannten einschränkenden Verhältnisse können jedoch dazu führen, dass lediglich eine Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (Zone 1 oder 2 statt Zone 0, Zone 2 statt Zone 1) oder eine Verringerung der Ausdehnung der explosionsgefährdeten Bereiche (Zonen) erreicht wird.

Hinweis: Bereits einfache Veränderungen der Randbedingungen können die Wirksamkeit der Lüftung wesentlich beeinträchtigen.

2.4.4.2 Natürliche Lüftung

Natürliche Lüftung ist Luftaustausch ohne gezielte technische Mittel. Der Luftaustausch erfolgt auf Grund von Dichte- bzw. Druckdifferenzen der Luft räumlich benachbarter Bereiche, ausgelöst durch Temperaturdifferenzen innerhalb/außerhalb eines Raumes oder durch Wind.

Natürliche Lüftung kann als Explosionsschutzmaßnahme nur in Anspruch genommen werden, wenn die notwendigen treibenden Kräfte der natürlichen Lüftung einen ausreichenden Luftaustausch gewährleisten.

Bemerkung 1: In Räumen oberhalb Erdgleiche ohne besondere Be- und Entlüftungsöffnungen darf aufgrund von Witterungseinflüssen und baulicher Gestaltung eine Luftwechselzahl von mindestens $n = 1$ angenommen werden (Ausnahmen: Energiespar-Bauweise). Industriebauten mit Entlüftungsöffnungen im Dachbereich weisen häufig einen höheren Luftwechsel auf.

Bemerkung 2: In Kellerräumen ist mit geringerer natürlicher Lüftung zu rechnen. Es stehen meist nur kleine Öffnungen und Fenster zur Verfügung. Temperaturdifferenzen im Raum können zwar zu Konvektion führen, aber der Luftaustausch mit Luft von außerhalb des betrachteten Raumes ist gering. Als Luftwechselzahl ist bei allseits unter Erdgleiche liegenden Kellerräumen als Richtwert etwa $n = 0,4$ anzunehmen. Durch gezielte Zu- und Abluftöffnungen lässt sich dieser Wert bis auf ungefähr das Doppelte erhöhen. Eine weitere Erhöhung ist bei großflächigen Wärmequellen (Temperaturdifferenz gegenüber Außentemperatur mind. 5 K) möglich.

Bemerkung 3: Die räumliche Anordnung der Öffnungen von Zuluft und Abluft sollte die natürliche Konvektion unterstützen. Bei kleinen Räumen wird in der Regel die beste Wirkung erzielt, wenn sich die Öffnungen raumdiagonal gegenüber befinden (Querlüftung). Die sich in größeren Räumen deutlich ausprägenden Konvektionswalzen können genutzt und unterstützt werden durch entsprechende Abluftöffnungen im Deckenbereich.

Bemerkung 4: Wenn bauliche Maßnahmen für ungehinderten Ein- und Auslass von Luft vorgesehen werden und als treibende Kräfte für natürliche Lüftung großflächig andauernd warme Flächen mit einer Temperaturdifferenz von mindestens 5 K gegenüber Außentemperatur zur Verfügung stehen, stellt sich eine natürliche Lüftung ein, die signifikant über einer üblichen technischen Lüftung liegen kann. In diesen Fällen kann die natürliche Lüftung explosionstechnisch gleichwertig behandelt werden wie eine technische Lüftung nach Nummer 2.4.4.3.

2.4.4.3 Technische Lüftung (Raumlüftung)

(1) Technische Lüftung ist der Luftaustausch mit gezielten technischen Mitteln (z.B. Ventilatoren, Luftinjektoren). Sie führt zu einer Reduzierung brennbarer Stoffe innerhalb des

betrachteten Lüftungstechnischen Bereiches. Sofern die technische Lüftung als Explosionschutzmaßnahme eingesetzt wird, ist sie hinsichtlich Stärke, Güte und Verfügbarkeit zu bewerten.

Bemerkung: Treibende Kraft ist bei der technischen Lüftung entweder Unterdruck (z.B. bei lokaler Absaugung) mit in der Regel niedriger "Reichweite" oder Überdruck (z.B. aus Frischluftauslassen) mit hoher "Reichweite". Dabei sind folgende Erfordernisse zu beachten:

1. Die Wirksamkeit der Lüftung ist in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit, mit der explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann oder deren Auftreten eingeschränkt werden soll, zu überwachen. Sofern die Überwachung der Lüftung automatisch erfolgt, muss sie sich auf das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre selbst (z.B. durch Gaswarngeräte) oder zumindest auf den zu überwachenden Luftstrom (z.B. durch Strömungswächter) beziehen. Eine Überwachung des Betriebes von Teilen der Lüftungsanlage (z.B. Überwachung der Ventilator Drehzahl) ist in der Regel nicht ausreichend.
2. Das in einem explosionsgefährdeten Abluftsystem geförderte Gemisch ist in Bereiche ohne Zündgefahren abzuführen; andernfalls sind Maßnahmen gegen Zündgefahren (entsprechend der im Abluftsystem vorliegenden Zone) in diesen Bereichen zu treffen oder es ist ein Flammenrückschlag in das Abluftsystem zu verhindern.

Hinweis: Diese Forderung ist von besonderer Bedeutung für das Vermeiden von Zündgefahren durch nachgeschaltete Abluftreinigungsanlagen.

3. Ansaugen von Zuluft aus explosionsgefährdeten Bereichen darf die Gefährdung nicht erhöhen. Wird Zuluft aus explosionsgefährdeten Bereichen entnommen, sind daher zusätzliche Maßnahmen (z.B. Einsatz von Gaswarngeräten) erforderlich.
4. Zur Auslegung der Lüftung ist die Kenntnis von Ort, maximaler Stärke und Häufigkeit der Quelle explosionsfähiger Atmosphäre erforderlich; hierbei sind auch Betriebsstörungen (z.B. Leckagen an Dichtelementen) zu berücksichtigen.

(2) Ein Beispiel für die Be- und Entlüftung des Inneren von Anlagenteilen und anderen umschlossenen Räumen ist im Anhang aufgeführt.

2.4.4.4 Objektabsaugung

(1) Ist eine Austrittsstelle brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube aus einem Anlagenteil bekannt (z.B. Entlüftungs- und Beschickungsöffnungen), so können die austretenden Stoffe gezielt erfasst und abgeführt werden, z.B. durch Randabsaugung an offenen Behältern.

(2) Die Absaugung ist auf der Grundlage der spezifischen Parameter der zu erfassenden Stoffe, der anlagen- und prozesstechnischen sowie der betrieblichen Gegebenheiten auszulegen. Mögliche Störungen sind zu berücksichtigen.

Hinweis: Werden keine besonderen technischen Maßnahmen getroffen, bleibt die Erfassung brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube auf den unmittelbaren Bereich der Objektabsaugung beschränkt.

2.5 Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagenteilen

2.5.1 Allgemeines

(1) Zur Erkennung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre können Gaswarngeräte verwendet werden. Sie dienen als Grundlage für die Einleitung von Schutzmaßnahmen.

Sie werden verwendet zur manuellen oder automatischen Auslösung von Schutzmaßnahmen oder auch von Notfunktionen zur Stilllegung der Anlage.

Hinweis: Neben ihrer Aufgabe der Warnung vor Explosionsgefahr können Gaswarngeräte auch Aufgaben der Warnung vor Gesundheitsgefahren übernehmen. Die hierfür maßgeblichen Konzentrationen liegen in der Regel um Zehnerpotenzen niedriger als die unteren Explosionsgrenzen.

(2) Für den Einsatz von Gaswarngeräten gilt:

1. genügende Kenntnis über die zu erwartenden Stoffe, die Lage ihrer Quellen, ihre maximalen Quellstärken und die Ausbreitungsbedingungen,
2. eine den Einsatzbedingungen angemessene Funktionsfähigkeit der Geräte, insbesondere bezüglich Ansprechzeit, Ansprechwert und Querempfindlichkeit,
3. vermeiden von gefährlichen Zuständen bei Ausfall einzelner Funktionen der Gaswarnanlage (Verfügbarkeit),
4. Möglichkeit, die zu erwartenden Stoffe durch geeignete Wahl von Anzahl und Ort der Messstellen ausreichend schnell und sicher zu erfassen,
5. Kenntnis des Bereiches, der bis zum Wirksamwerden der durch das Gerät auszulösenden Schutzmaßnahmen explosionsgefährdet wird. In diesem Bereich (abhängig von 1. bis 4.) sind Schutzmaßnahmen zur Zündquellenvermeidung erforderlich,
6. ausreichend sicheres Verhindern des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre außerhalb des Bereiches in Nummer 5 durch die auszulösenden Schutzmaßnahmen und
7. durch eine Fehlauslösung dürfen keine anderweitigen Gefahren auftreten.

(3) Gaswarngeräte für den Einsatz im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen gem. TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722 sind hinsichtlich der messtechnischen Funktionsfähigkeit und der funktionalen Sicherheit für den vorgesehenen Einsatzfall geeignet auszuwählen. Hierbei sind die in der Betriebsanleitung genannten Anforderungen hinsichtlich der messtechnischen Funktionsfähigkeit zu beachten.

Bemerkung 1: Die Anforderungen an die messtechnische Funktionsfähigkeit von Gaswarngeräten sind im Anhang II, Abschnitte 1.5.5 bis 1.5.7 der Richtlinie 94/9/EG beschrieben.

Bemerkung 2: Die in der von der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie herausgegebenen "Liste des Verzeichnisses der durch anerkannte nationale Prüfstellen auf Funktionsfähigkeit geprüften Gaswarngeräte" aufgeführten Gaswarngeräte gelten als geeignet.

(4) Die Gaswarngeräte sind nach ihrer Errichtung und in angemessenen Zeitabständen auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Darüber hinaus sind sie regelmäßig instand zu halten.

(5) Gaswarnanlagen müssen so installiert und betrieben werden, dass jederzeit ein Eingreifen von Hand in den von der Gaswarnanlage gesteuerten automatischen Ablauf möglich ist. Dieser Eingriff darf nicht zum Verlust der Explosionssicherheit führen und darf nur von hierfür befugten Personen vorgenommen werden.

2.5.2 Gaswarnanlagen mit Alarmierung

(1) Die Sensoren oder Detektierungsstellen der Gaswarngeräte sind in der Nähe der Stellen anzubringen, an denen mit dem Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist.

Die Alarmschwelle des Gerätes muss auf eine Konzentration mindestens so weit unterhalb der unteren Explosionsgrenze eingestellt sein, dass nach Alarmierung die in der Betriebsanweisung festgelegten Maßnahmen wirksam werden können.

(2) Es ist zu prüfen, ob allein organisatorische Maßnahmen zur Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre ausreichend sind.

Bemerkung: Es empfiehlt sich, die Alarmschwelle bei so niedrigen Konzentrationen festzusetzen, wie es aus betriebstechnischen Gründen gerade noch sinnvoll ist.

2.5.3 Gaswarnanlagen mit automatischen Schaltfunktionen

(1) Gaswarnanlagen können neben der Alarmierung noch zusätzliche Funktionen übernehmen. Die Anlage bleibt dabei in Betrieb. Die Maßnahmen können sich entweder auf die Atmosphäre außerhalb oder auf das Innere der Anlagenteile beziehen. Beim Erreichen einer Schaltschwelle¹⁾ oder bei darüber liegenden, aber noch unbedenklichen Konzentrationen löst die Gaswarnanlage über automatische Schaltvorgänge Maßnahmen aus, die erfahrungsgemäß eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre sicher verhindern. Beispielsweise können beim Erreichen der Schaltschwelle besondere Lüftungseinrichtungen von der Gaswarnanlage in Betrieb gesetzt werden. In dem Anlagenteil können weitere Maßnahmen ausgelöst werden, z.B. Herabsetzung des Innendruckes, Absperren der undichten Anlagenteile, Inertisierung, Abschalten von wirksamen Zündquellen.

(2) Diese Maßnahmen haben damit in der Regel einen Einfluss auf die Ausdehnung der gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre oder auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre.

2.5.4 Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen

(1) Erreicht die Konzentration eine festzulegende Schaltschwelle, die üblicherweise oberhalb der Schaltschwelle nach Nr. 2.5.2 oder Nr. 2.5.3 liegt, werden durch die Gaswarnanlage über die in Nr. 2.5.3 beschriebenen Maßnahmen hinaus automatische Abschaltvorgänge ausgelöst, die ein gefahrloses Abfahren der gefährdeten Anlagen oder Anlagenteile bewirken.

(2) Diese Maßnahmen haben damit in der Regel einen Einfluss auf die Ausdehnung der gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre oder auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.

¹⁾ Aus der Sicht des Anlagenbetreibers entspricht die "Schaltschwelle" der Gaswarnanlage dem Begriff "Grenzwert".

2.6 Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Anlagenteile und Behälter

(1) Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Anlagenteile und Behälter sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Unvermeidbare Staubablagerungen sind regelmäßig zu beseitigen.

(2) In Arbeits- und Betriebsräumen sind daher regelmäßige Reinigungsmaßnahmen durchzuführen, z.B. auf der Grundlage von Reinigungsplänen, in denen Art, Umfang und Häufigkeit von Reinigungsmaßnahmen und die jeweiligen Verantwortlichkeiten verbindlich geregelt werden. Die Festlegungen sind den individuellen Verhältnissen des Einzelfalls anzupassen (vgl. auch TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721).

Hinweis: Besonders zu beachten sind schlecht einsehbare (z.B. höher gelegene) oder schwer zugängliche Oberflächen, auf denen sich im Lauf der Zeit erhebliche Staubmengen ablagern können. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass bei größerer Staubbefreiung infolge von Betriebsstörungen (z.B. Beschädigen oder Platzen von Gebinden, Leckagen) zusätzliche Maßnahmen zur unverzüglichen Beseitigung der Staubablagerungen getroffen werden.

3 Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

(1) Sofern es nicht gelingt, gefährliche explosionsfähige Atmosphäre völlig zu vermeiden, ist eine Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen erforderlich.

(2) Aus der Zoneneinteilung ergibt sich der Umfang der zu ergreifenden Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten, die durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können.

(3) Bezüglich der Zonendefinition wird auf TRBS 2152 Teil Allgemeines, Nummer 2.2/TRGS 720, Nummer 2.2 verwiesen.

Bemerkung 1: Zur Zone 0 kann in der Regel nur das Innere von Behältern oder das Innere von Anlagenteilen (Verdampfer, Reaktionsgefäße usw.) gehören.

Bemerkung 2: Zur Zone 1 können u. a. gehören:

- die nähere Umgebung der Zone 0,
- die nähere Umgebung von Beschickungsöffnungen,
- der nähere Bereich um Füll- und Entleerungseinrichtungen,
- der nähere Bereich um leicht zerbrechliche Anlagenteile aus Glas, Keramik und dgl.,
- der nähere Bereich um nicht ausreichend dichtende Stopfbuchsen, z.B. an Pumpen und Schiebern,
- das Innere von Apparaturen wie Verdampfern, Reaktionsgefäßen.

Bemerkung 3: Zur Zone 2 können u. a. gehören:

- Bereiche, welche die Zonen 0 oder 1 umgeben,
- Bereiche um technisch dichte Rohrleitungen und Anlagenteile.

Bemerkung 4: Zur Zone 20 kann in der Regel nur das Innere von Behältern oder das Innere von Anlagenteilen (z.B. Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen) gehören.

Bemerkung 5: Zur Zone 21 können Bereiche im Inneren von Anlagen (z.B. Silos, Mischer) oder Bereiche in der unmittelbaren Umgebung von Anlagen (z.B. Staubentnahmestellen oder Füllstationen) gehören. Weiter können dazu auch Bereiche gehören, in denen abgelagerter Staub in so großer Menge vorliegt, dass es bereits im Normalbetrieb gelegentlich zum Aufwirbeln gefährlicher explosionsfähiger Staub-/Luft-Gemische kommen kann.

Bemerkung 6: Zur Zone 22 können auch Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen gehören, wenn Staub nur in nicht explosionsfähiger Konzentration austritt und sich lediglich längerfristig Staubablagerungen bilden, die auch nur kurzzeitig zu gefährlichen explosionsfähigen Staub-/Luft-Gemischen aufgewirbelt werden können.

(4) Bestehen bei der Einteilung in Zonen Zweifel, muss sich in dem gesamten explosionsgefährdeten Bereich der Umfang der Schutzmaßnahmen nach der jeweils höchstmöglichen Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre richten. Aus diesem Grunde ist in den Fällen, in denen Stäube mit Gasen, Dämpfen oder Nebeln gemeinsam gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können (hybride Gemische), die Einteilung des explosionsgefährdeten Bereiches sowohl nach den Zonen 0, 1 und 2 als auch nach den Zonen 20, 21 und 22 in Erwägung zu ziehen.

(5) Durch geeignete Maßnahmen gemäß Nr. 2.2 bis 2.6 kann die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins explosionsfähiger Atmosphäre reduziert werden. Dies ist bei der Zoneneinteilung zu berücksichtigen.

(6) Durch eine funktionssichere, einfach überwachte betriebliche Inertisierung mit entsprechenden Maßnahmen bei Ausfall der Inertisierung (z.B. Abfahren der Anlage) ist in der Regel eine Reduzierung um eine Stufe gegenüber dem nicht-inertisierten Zustand möglich (z.B. von Zone 1 ohne Inertisierung auf Zone 2 mit Inertisierung).

(7) Durch eine Inertisierung, die bei Auftreten eines vorhersehbaren Fehlers noch wirksam ist, ist in der Regel eine Reduzierung um zwei Stufen gegenüber dem nichtinertisierten Zustand möglich (z.B. von Zone 0 ohne Inertisierung auf Zone 2 mit Inertisierung).

(8) Durch eine Inertisierung, die bei Auftreten von zwei voneinander unabhängigen Fehlern noch wirksam ist, kann ein explosionsgefährdeter Bereich der Zone 0 oder 20 in einen nicht-explosionsgefährdeten Bereich überführt werden.

(9) Absätze 6 bis 8 gelten sinngemäß auch für Lüftungsmaßnahmen.

Anhang

1 Auslegung einer Inertisierung

1.1 Partielle Inertisierung

Nachfolgend ist ein Rechenbeispiel für die partielle Inertisierung aufgeführt:

Ein bestimmter Prozess mit Propan (als einzigem brennbaren Stoff) ist bei ca. 20 °C und 1 bar so mit Stickstoff zu inertisieren, dass im Inneren der Anlagenteile und Rohrleitungen keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entsteht. Die Sauerstoffkonzentration der Gasphase kann überwacht werden.

Die Sauerstoffgrenzkonzentration wird Tabelle 1 entnommen (Molgehalt $C_{\max \text{ O}_2} = 9,8 \%$, alte Bezeichnung $C_{\max \text{ O}_2} = 9,8 \text{ Vol.}\%$). Im vorliegenden Fall sei bekannt, dass verfahrensbedingt die Sauerstoffkonzentration örtlich und zeitlich um $\pm 1 \%$ (Molgehalt) schwanken kann. Ferner sollen evtl. Schutzfunktionen so schnell wirksam werden, dass nach ihrer Auslösung die Sauerstoffkonzentration maximal noch um 1 % ansteigen kann. Für die Schwankung werden hier 2 % angesetzt, da bei einer möglichen Schwankung von $\pm 1 \%$ um einen mittleren Wert der höchste Wert (der in diesem Beispiel nicht über 9,8 % – dem Wert der Sauerstoffgrenzkonzentration – liegen darf) und der niedrigste Wert (der z.B. am Ort der Sauerstoffkonzentrationsmessung vorliegen kann) um 2 % auseinander liegen können.

Damit wird die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration auf

$$(9,8 - 2 - 1) \% = 6,8 \%$$

festgelegt. Zur Berücksichtigung der Eigenschaften der Sauerstoffüberwachungseinrichtung (u. a. Messabweichungen, Alarmverzögerungen) wird weiterhin eine Alarmschwelle unterhalb der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration bestimmt. Der hierfür nötige Sicherheitsabstand betrage im vorliegenden Fall ca. 3 %, so dass die Alarmschwelle bei

$$(6,8 - 3) \% = 3,8 \%$$

liegt. Überschreitet die im Prozess gemessene Sauerstoffkonzentration die Alarmschwelle von 3,8 % (Molgehalt), so werden die Schutzfunktionen ausgelöst.

1.2 Totale Inertisierung

Nachfolgend ist ein Rechenbeispiel für die totale Inertisierung mit zwei unterschiedlichen Inertgasen aufgeführt:

In einem Behälter soll Hexan bei 20 °C mit Inertgas (ohne Luft) so unter Druck stehen, dass bei einer Undichtigkeit im Gasraum des Behälters explosionsfähige Atmosphäre im Freien nicht entstehen kann. Hexan hat bei 20 °C einen Satttdampfdruck von ca. 0,16 bar.

- a) Stickstoff als Inertgas: Der Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass für die Inertisierung mit Stickstoff das Verhältnis der Molanteile und damit in guter Näherung der Partialdrü-

cke von Stickstoff und Hexandampf mindestens 42 betragen muss, d.h. der Partialdruck des Stickstoffs muss mindestens bei

$$(42 \times 0,16) \text{ bar} = 6,7 \text{ bar}$$

liegen. Bei homogener Mischung des Stickstoffs mit dem Hexandampf im Behälter ist somit durch Aufdrücken von Stickstoff ein Gesamtdruck von

$$(6,7 + 0,16) \text{ bar} = 6,9 \text{ bar}$$

(entsprechend einem Überdruck gegen Atmosphäre von 5,9 bar) im Behälter erforderlich.

- b) Kohlendioxid als Inertgas: Bei der Inertisierung mit Kohlendioxid beträgt das Verhältnis der Molanteile von Kohlendioxid zu Hexandampf nach Tabelle 1 mindestens 32. Die analoge Rechnung ergibt, dass zum Erreichen des Schutzzieles durch Zugabe von Kohlendioxid ein Gesamtdruck von

$$(32 \times 0,16 + 0,16) \text{ bar} = 5,3 \text{ bar}$$

(entsprechend einem Überdruck von 4,3 bar) einzustellen ist.

2 Erkenntnisquellen für die Zoneneinstufungen

Für bestimmte Anwendungsfälle kann die Beispielsammlung der BG Chemie als Erkenntnisquelle für die Einstufung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen herangezogen werden.

E Schutzmaßnahmen^{*)}

E 2 Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen)

E 2.1 Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

Die nachfolgende Zoneneinteilung gilt für Bereiche, in denen Vorkehrungen zur Gefährdungsbeurteilung, zu den Anforderungen an die Bereitstellung und Nutzung der Arbeitsmittel sowie zum Explosionsschutzdokument getroffen werden müssen. Aus dieser Einteilung ergibt sich der Umfang der zu ergreifenden Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten, die durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können (vgl. Anlage 2 der EX-RL). [5, 51, 57]

Zone 0: ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder "häufig" vorhanden ist.

Bemerkung: Der Begriff "häufig" ist im Sinne von "zeitlich überwiegend" zu verwenden.

Hierzu gehört in der Regel nur das Innere von Behältern oder das Innere von Apparaturen (Verdampfer, Reaktionsgefäße usw.), wenn die Bedingungen der Definition der Zone 0 erfüllt sind.

Zone 1: ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Bemerkung: Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden (gemäß BetrSichV). [51]

Hierzu können u.a. gehören:

- die nähere Umgebung der Zone 0,
- die nähere Umgebung von Beschickungsöffnungen,
- der nähere Bereich um Füll- und Entleerungseinrichtungen,
- der nähere Bereich um leicht zerbrechliche Apparaturen oder Leitungen aus Glas, Keramik und dgl.,
- der nähere Bereich um nicht ausreichend dichtende Stopfbuchsen, z.B. an Pumpen und Schiebern,
- das Innere von Apparaturen wie Verdampfer, Reaktionsgefäße.

Zone 2: ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

Bemerkung: Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden (gemäß BetrSichV). [51]

Zur Zone 2 können u.a. gehören:

- Bereiche, welche die Zonen 0 oder 1 umgeben.

Bereiche, in denen brennbare Stoffe nur in Rohrleitungen gefördert werden, die auf Dauer technisch dicht sind, sind keine explosionsgefährdeten Bereiche.

Zone 20: ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder "häufig" vorhanden ist.

Bemerkung: Der Begriff "häufig" ist im Sinne von "zeitlich überwiegend" zu verwenden. Wenn diese Bedingungen auftreten, sind sie im Allgemeinen nur im Inneren von Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen usw. anzutreffen.

Zone 21: ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

Hierzu können u.a. Bereiche im Innern von Anlagen (z.B. Silos, Mischer) oder Bereiche in der unmittelbaren Umgebung von z.B. Staubentnahmestellen oder Füllstationen gehören.

Hierzu können auch Bereiche gehören, in denen abgelagerter Staub in so großen Mengen vorliegt, dass es bereits im Normalbetrieb gelegentlich zum Aufwirbeln gefährlicher explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische kommen kann.

Zone 22: ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Hierzu können auch Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen gehören, wenn Staub nur in nicht explosionsfähiger Konzentration austritt und sich längerfristig Staubablagerungen bilden, die kurzzeitig zu gefährlichen explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen aufgewirbelt werden können.

Bemerkung: Insbesondere durch entsprechende Reinigungsmaßnahmen können die durch Staubablagerungen bedingten Zonen positiv beeinflusst oder sogar vermieden werden (siehe auch Abschnitt E 1.3^{*)} und E 1.5^{*)}).

Weitere Beispiele für die Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche sind in der Beispielsammlung zusammengestellt.

Bemerkung 1: Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden (gemäß BetrSichV). [51]

Bemerkung 2: Schichten, Ablagerungen und Anhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen (gemäß BetrSichV). [51]

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

Bestehen bei der Einteilung in Zonen Zweifel, muss sich in dem gesamten explosionsgefährdeten Bereich der Umfang der Schutzmaßnahmen nach der jeweils höchstmöglichen Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre richten. Aus diesem Grunde ist in den Fällen, in denen Stäube mit Gasen, Dämpfen oder Nebeln gemeinsam gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können (hybride Gemische), die Einteilung des explosionsgefährdeten Bereiches sowohl nach den Zonen 0, 1 und 2 als auch nach den Zonen 20, 21 und 22 in Erwägung zu ziehen.

Aus Sicht des Benutzers können Geräte der verschiedenen Kategorien, wie in der Tabelle gezeigt, angewendet werden: [12]

In Zone	verwendbare Kategorie	wenn ausgelegt für
0	II 1 G	Gas/Luft-Gemisch bzw. Dampf/Luft-Gemisch bzw. Nebel
1	II 1 G oder 2 G	Gas/Luft-Gemisch bzw. Dampf/Luft-Gemisch bzw. Nebel
2	II 1 G oder 2 G oder 3 G	Gas/Luft-Gemisch bzw. Dampf/Luft-Gemisch bzw. Nebel
20	II 1 D	Staub/Luft-Gemisch
21	II 1 D oder 2 D	Staub/Luft-Gemisch
22	II 1 D oder 2 D oder 3 D	Staub/Luft-Gemisch

G = Gases, Vapours, Mists D = Dusts, Clouds, Layers

Tabelle E 2.1: Geräte für den Einsatz in den unterschiedlichen Zonen

Weitere Einteilungskriterien müssen berücksichtigt werden, z.B. Temperaturklasse, Zündschutzart, Explosionsgruppe usw.

Der weitere Betrieb von elektrischen Betriebsmitteln, die auf der Grundlage der vor dem 20.12.1996 geltenden ExleV¹⁾ in Verkehr gebracht wurden, ist aus Sicht des Explosionsschutzes unbedenklich, wenn diese mindestens den dort geregelten Anforderungen für den Einsatz in den Zonen 0, 1 bzw. 2 genügen.

^{*)} Anmerkung der Redaktion: Durch Artikel 8 der Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777) außer Kraft gesetzt.

In den Zonen 20 und 21 können neben den Geräten der entsprechenden Kategorien auch Geräte eingesetzt werden, die für den Einsatz in Zone 10 zugelassen wurden.

In Zone 22 können neben den Geräten der entsprechenden Kategorie auch elektrische Betriebsmittel eingesetzt werden, die den Anforderungen der ExeV¹⁾ (alt) für den Einsatz in Zone 10 oder 11 genügen. [107]

E 2.2 Umfang der Schutzmaßnahmen

Beim Einsatz von Betriebsmitteln sowie beim Betrieb von Anlagen innerhalb explosionsgefährdeter Bereiche ist unter Berücksichtigung von Abschnitt E 2.3 zu prüfen, ob Zündgefahren auftreten können. Ist dies der Fall, ist anzustreben, die Zündquellen aus dem explosionsgefährdeten Bereich zu entfernen. Wenn dies nicht möglich ist, sind unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise Schutzmaßnahmen durchzuführen. [50]

Die Maßnahmen sollen Zündquellen völlig unwirksam machen oder die Wahrscheinlichkeit ihres Wirksamwerdens verringern. [50] Der Umfang der Schutzmaßnahmen richtet sich nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre. Bei der Festlegung des Umfanges der Schutzmaßnahmen ist daher in der Regel Folgendes zu berücksichtigen:

In Bereichen, die durch Gase, Dämpfe oder Nebel explosionsgefährdet sind, sind

- in Zone 2 Zündquellen, die ständig oder häufig auftreten können (z.B. beim Normalbetrieb der Betriebsmittel),
- in Zone 1 neben den für Zone 2 genannten Zündquellen auch Zündquellen, die nur selten auftreten können (z.B. bei Störungen der Betriebsmittel) und
- in Zone 0 neben den für Zone 1 genannten Zündquellen sogar Zündquellen, die nur sehr selten auftreten können (z.B. bei seltenen Störungen der Betriebsmittel),

zu vermeiden.

In Bereichen, die durch Stäube explosionsgefährdet sind, sind

- in Zone 22 zum Verhindern der Entzündung einer Staubwolke oder einer Staubschicht alle ständig oder häufig auftretenden Zündquellen (z.B. beim Normalbetrieb der Betriebsmittel),
- in Zone 21 zum Verhindern der Entzündung von abgelagertem und von aufgewirbeltem Staub zusätzlich zu den für Zone 22 genannten Zündquellen nur selten auftretende Zündquellen (z.B. infolge Störungen von Betriebsmitteln) und

in Zone 20 zum Verhindern der Entzündung von abgelagertem und von aufgewirbeltem Staub zusätzlich zu den für Zone 21 genannten Zündquellen sogar sehr selten auftretende Zündquellen (z.B. infolge seltener Störungen von Betriebsmitteln)

zu vermeiden.

Geräte und Schutzsysteme, die dem Geltungsbereich der Explosionsschutzverordnung (11. GPSGV) unterliegen, müssen den durch diese Verordnung geregelten Anforderungen entsprechen. Die hier aufgeführten Schutzmaßnahmen gelten – soweit sie Anforderungen an die Beschaffenheit beinhalten – nur für Anlagen, Geräte und Ausrüstungen, die nicht Geräte und Schutzsysteme im Sinne der 11. GPSGV sind. [102]

Hinweis: Anlagen gemäß § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV, die Geräte und Schutzsysteme gemäß Artikel 1 der RL 94/9/EG sind oder beinhalten, sind überwachungsbedürftige Anlagen. Montage, Installation und Betrieb dieser Anlagen sind entsprechend dem Dritten Abschnitt der BetrSichV durchzuführen. Sofern diese Anlagen von einem Arbeitgeber betrieben werden, sind auch die Anforderungen des zweiten Abschnitts zu beachten.

Lässt sich die Wahrscheinlichkeit des Wirksamwerdens einer Zündquelle nicht abschätzen, ist die Zündquelle als dauernd wirksam zu betrachten.

Ist der Einsatz von Betriebsmitteln, die als Zündquelle wirksam werden können, erforderlich (z.B. Kraftfahrzeuge, Schweißgeräte, Messgeräte), so ist dafür zu sorgen, dass während dieser Zeit explosionsfähige Atmosphäre in gefährdender Menge nicht auftreten kann.

Hinsichtlich des betriebsbedingten Kraftfahrzeugverkehrs wird als Beispiel auf die Technischen Regeln über brennbare Flüssigkeiten (TRbF) 20 "Läger" verwiesen.

Enthält die explosionsfähige Atmosphäre mehrere Arten von brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben, so müssen die Schutzmaßnahmen in der Regel nach der gefährlichsten Komponente ausgewählt werden.

Wird in Sonderfällen mit einer das übliche Maß über- oder unterschreitenden Gefährdung gerechnet, muss bzw. kann dieser Gegebenheit durch speziell festzulegende Maßnahmen Rechnung getragen werden.

Eine das übliche Maß überschreitende Personengefährdung kann z.B. auftreten, wenn Versammlungsstätten (Kantinen usw.), Wege mit dichtem Verkehr (Straßen, viel benutzte Treppen, Fluchtwege usw.), Wohnungen und größere Büroräume im gefährdeten Bereich liegen oder wenn durch Explosionen Folgeschäden größeren Ausmaßes zu erwarten sind. Diesen Sonderfällen kann in der Regel bereits bei der Planung der Anlage durch Wahl ausreichender Abstände des explosionsgefährdeten Bereiches von den als Beispiel genannten Anlagen bzw. Einrichtungen oder durch Einsatz einer erhöhten Gerätekategorie Rechnung getragen werden.

Andererseits kann auch eine explosionsgefährdete Anlage unter so günstigen Bedingungen betrieben werden (z.B. ferngesteuerte Anlage mit automatisch arbeitenden Notfunktionen), dass mit Personengefährdung nicht zu rechnen ist oder wenigstens der Umfang der Schutzmaßnahmen eingeschränkt werden kann. Z.B. gilt bei Einsatz von CKW, die

einen Explosionsbereich jedoch keinen Flammpunkt besitzen, dass Geräte und Schutzsysteme verwendet werden dürfen, die für die jeweils um eine Stufe weniger gefährdete Zone geeignet sind.

Explosionsgefährdeter Bereich	Gerätegruppe II Kategorie und Buchstabe	
Zone	Nach EN 1127-1 zulässig	Bei CKW mit Ex-Bereich, aber ohne Flammpunkt, ebenfalls zulässig
0	1 G	2 G
1	1 G, 2 G	3 G
2	1 G, 2 G, 3 G	wie feuergefährdeter Bereich ^{*)}
^{*)} Feuergefährdete Bereiche sind Bereiche, in denen die vorhandenen Materialien zu einer erhöhten Brandlast führen. Zur Ermittlung der Brandlast siehe DIN 18230-1 (ZH 1/562 und BGR 180). Elektrische Betriebsmittel müssen in feuergefährdeten Bereichen mindestens der Schutzart IP 5X (Motoren IP 4X) entsprechen (siehe VDE 0100-482 und VDE 0100/HD 384.4.482 [Angaben über Leuchten]). Die Oberflächentemperatur von Betriebsmitteln in feuergefährdeten Bereichen darf im Normalbetrieb 90 °C nicht überschreiten. Diese Maßnahme dient auch zur Vermeidung der thermischen Zersetzung von Chlorkohlenwasserstoffen zu gesundheitsgefährlichen Stoffen (siehe VDE 0100/HD 384.4.482).		

Tabelle E 2.2: Zusammenhang zwischen explosionsgefährdetem Bereich und geeigneten Kategorien

E 2.3 Zündquellenarten und Schutzmaßnahmen

Die Zündfähigkeit einiger der in den nachfolgenden Abschnitten behandelten Zündquellen ist noch nicht ausreichend bekannt. Dennoch wurde angestrebt, auf Grund theoretischer Abschätzung wenigstens Grenzwerte anzugeben, bei deren Einhaltung man mit ausreichender Sicherheit eine Zündgefahr ausschließen kann. Diese Angaben sagen aber nicht aus, dass bei Nichteinhaltung dieser Grenzwerte explosionsfähige Atmosphäre in jedem Fall entzündet werden kann. Vielmehr ist in diesen Fällen festzulegen, ob und ggf. in welchem Umfang unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsbedingungen Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Zur Ausschaltung einiger der nachfolgend beschriebenen Zündgefahren bei Gasen und Dämpfen ist in gewissen Fällen auch der Einsatz von Gaswarngeräten möglich. Durch die Gaswarngeräte müssen wirksame Zündquellen durch automatisches Auslösen von Schaltungen oder von Notfunktionen ausreichend sicher unwirksam gemacht werden. Bei dieser Verwendung von Gaswarngeräten müssen die in Abschnitt E 1.4^{*)} genannten

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

Voraussetzungen (Abs. f) ausgenommen) sowie Prüf-, Betriebs- und Wartungsbedingungen erfüllt sein.

Bemerkung: Besondere Zündgefahren durch abgelagerten brennbaren Staub

Ablagerungen brennbaren Staubes sind mit einer Reihe besonderer Probleme verbunden, die es beim Durchführen von Maßnahmen zum Vermeiden wirksamer Zündquellen zu berücksichtigen gilt:

1. Abgelagerter brennbarer Staub beinhaltet ein erhebliches Explosionspotenzial. Bereits mit der Staubmenge, die bei einer Schichtdicke von 1 mm und weniger auf dem Fußboden ruht, kann ein normal hoher Raum ganz mit einem explosionsfähigen Staub/Luft-Gemisch ausgefüllt werden. Hinzu kommt die Möglichkeit zahlreicher weiterer Staubablagerungen, die sich auf allen möglichen Ablagerungsflächen in einem Betriebsraum ansammeln können.

Infolge einer Primärexplosion kann abgelagerter Staub aufgewirbelt werden und kettenreaktionsartig zu einer Vielzahl von Folgeexplosionen mit verheerenden Wirkungen führen. In der Risikobewertung nimmt dieser Umstand einen sehr hohen Stellenwert ein, da in diesem Fall explosionsfähige Staub/Luft-Gemische und wirksame Zündquellen hinsichtlich ihrer Auftrittswahrscheinlichkeiten nicht mehr voneinander unabhängig sind.

2. Ebenfalls hoch ist der Risikofaktor hinsichtlich der Auftrittswahrscheinlichkeit der Staubschicht. Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.

Um das Zusammentreffen einer Staubschicht mit ihrem unter 1 beschriebenen Gefährdungspotenzial mit einer wirksamen Zündquelle hinreichend gering zu halten, muss ein entsprechend hoher Aufwand zum Vermeiden wirksamer Zündquellen betrieben werden (es müssen auch Zündquellen ausgeschlossen werden, die durch selten auftretende Störungen verursacht werden können).

Eine entzündete/brennende Staubschicht stellt ihrerseits eine "langlebige" Zündquelle dar, die zwar nicht als "betriebsmäßig" bezeichnet werden kann, hinsichtlich ihrer Auftrittswahrscheinlichkeit aber durchaus gleichwertig angesehen werden muss. Sie ist demzufolge auch in einer Zone 22 zu vermeiden.

3. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die isolierende Wirkung von Staubschichten. So kann auf wärmefreisetzenden Betriebsmitteln/Oberflächen abgelagerter Staub zu einer deutlich höheren (Oberflächen-)Temperatur der Betriebsmittel und damit wiederum zu störungsbedingten Zündquellen führen.

Hinzu kommen die Abhängigkeit der Mindestzündtemperatur abgelagerten Staubes von der Dicke der Staubschicht und die mit der Größe eines Haufwerkes zunehmende Gefahr von Selbsterhitzungsvorgängen, die bis zur Selbstentzündung führen können.

E 2.3.1 Heiße Oberflächen

Zündvorgang

Kommt explosionsfähige Atmosphäre mit erhitzten Oberflächen (heiße Rohrleitungen, Heizkessel usw.) in Berührung, kann es zu einer Entzündung kommen. [27]

Die Zündfähigkeit einer erhitzten Oberfläche hängt von der Art und der Konzentration des jeweiligen Stoffes im Gemisch mit Luft ab und ist umso größer, je höher die Temperatur und je größer die Oberfläche des erhitzten Körpers ist. [28] Bei längerer Verweilzeit des Gemisches an der heißen Oberfläche kann es zu Vorreaktionen, z.B. kalte Flammen, kommen, sodass sich niedriger entzündbare Spaltprodukte bilden, die eine Entzündung der ursprünglichen Gemische begünstigen. Weiterhin hängt die eine Entzündung auslösende Temperatur von Größe und Gestalt des erhitzten Körpers, vom Konzentrationsgefälle im Bereich der Wand und zum Teil auch vom Wandmaterial [93] ab. So kann z.B. explosionsfähige Atmosphäre im Inneren größerer erhitzter Räume (etwa 1 Liter und mehr) durch niedrigere Wandtemperaturen als die nach DIN 51 794 [29] gemessene Zündtemperatur entzündet werden. Dagegen ist bei erhitzten Körpern ohne konkave Wandflächen zur Entzündung eine höhere Wandtemperatur erforderlich; sie wächst z.B. bei Kugeln oder geraden Rohren mit abnehmendem Durchmesser, ist aber auch von der Anordnung abhängig. Auch beim Vorbeiströmen explosionsfähiger Atmosphäre an erhitzten Oberflächen kann wegen der kurzen Verweilzeit zur Entzündung eine höhere Wandtemperatur erforderlich sein. [33]

Neben betriebsmäßig bedingten heißen Oberflächen wie Heizkörpern, Trockenschränken, Kochplatten und anderen können auch mechanische Vorgänge durch Reibung oder Spanabhebung (wie z.B. Bohren) im Bereich der beanspruchten Oberflächen zu gefährlichen Temperaturen führen. Hierzu sind auch die Betriebsmittel zu zählen, die mechanische Energie in Verlustwärme überführen, d.h. alle Arten von Reibungskupplungen und mechanisch wirkenden Bremsen (z.B. an Fahrzeugen und Zentrifugen). [32] Weiterhin können alle sich drehenden Teile in Lagern, Wellendurchführungen, Stopfbuchsen usw. bei ungenügender Schmierung zu Zündquellen werden. [100] Sich in engen Gehäusen drehende Teile können auch durch Eindringen von Fremdkörpern oder durch Achsverlagerungen zu Reibvorgängen führen, die unter Umständen schon in kurzer Zeit sehr hohe Oberflächentemperaturen hervorrufen. Ferner kann elektromagnetische Strahlung z.B. durch Fokussierung zu gefährlicher Temperaturerhöhung führen (Strahlungstrockner), siehe auch E 2.3.8 und E 2.3.9.

Schutzmaßnahmen

Bei Gasen, Dämpfen oder Nebeln:

In Zone 0 ist der Einsatz von Betriebsmitteln, deren Oberflächen sich – selbst bei selten auftretenden Betriebsstörungen – gefährlich erwärmen können, soweit wie möglich zu vermeiden. Andernfalls muss durch laufende Überwachung sichergestellt und durch betriebliches Prüfen nachgewiesen sein, dass die Temperaturen der Oberflächen, die mit explosionsfähiger Atmosphäre in Berührung kommen können, 80 % der nach DIN 51 794 [29] gemessenen Zündtemperatur in °C nicht

überschreiten. Dabei sind auch Temperaturerhöhungen durch Wärmestau und chemische Reaktionen zu beachten.

Die Einhaltung der zulässigen Temperatur kann z.B. durch den Sattedampfdruck einer Flüssigkeit sichergestellt sein (Dampfheizung).

In Zone 1 ist der Einsatz von Betriebsmitteln, deren Oberflächen sich betriebsmäßig und bei häufiger auftretenden Betriebsstörungen auf nicht mehr als 80 % der Zündtemperatur in °C erwärmen können, zulässig.

Eine Überschreitung dieses Wertes bis zur Zündtemperatur ist zulässig, wenn die Oberflächentemperaturen unter den Betriebsverhältnissen sicher begrenzt sind. Die Zündtemperatur darf nur in besonderen Fällen mit Zustimmung der Berufsgenossenschaft überschritten werden. [36]

In Zone 2 dürfen Betriebsmittel mit maximalen Oberflächentemperaturen bis zur Zündtemperatur eingesetzt werden. Betriebsübliche Störungen brauchen hierbei nicht berücksichtigt zu werden.

Betriebsmittel mit Oberflächentemperaturen oberhalb der Zündtemperatur sind insbesondere in Freianlagen in Sonderfällen zulässig, wenn hinreichende Sicherheit durch die übrigen getroffenen Maßnahmen und betrieblichen Verhältnisse gewährleistet ist (s. Zündvorgang).

Bei Stäuben:

In Zone 20 darf die Temperatur sämtlicher Oberflächen, die mit Staubwolken in Berührung kommen können, 2/3 der Mindestzündtemperatur in °C der betreffenden Staubwolke nicht überschreiten, auch nicht bei selten auftretenden Betriebsstörungen. Darüber hinaus muss die Temperatur von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann, um einen Sicherheitsabstand¹⁾ niedriger sein als die Mindestzündtemperatur der dicksten Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann; dies muss auch bei selten auftretenden Betriebsstörungen gewährleistet sein. Falls die Schichtdicke unbekannt ist, muss die dickste vorhersehbare Schicht angenommen werden.

In Zone 21 darf die Temperatur sämtlicher Oberflächen, die mit Staubwolken in Berührung kommen können, 2/3 der Mindestzündtemperatur in °C der betreffenden Staubwolke nicht überschreiten, auch nicht bei Betriebsstörungen. Darüber hinaus muss die Temperatur von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann,

¹⁾ Oft wird ein Sicherheitsabstand von 75 K zwischen der Mindestzündtemperatur einer Staubschicht und der Oberflächentemperatur des Betriebsmittels verwendet. Dieser Wert kann unabhängig von der Schichtdicke des Staubes angewandt werden, muss jedoch immer auf die Mindestzündtemperatur der dicksten zu erwarteten Schicht bezogen werden, da die Mindestzündtemperatur von Staubschichten mit zunehmender Dicke der Staubschicht abnimmt. Zusätzlich ist zu beachten, dass bei dickeren Staubschichten ein größerer isolierender Effekt auftritt, was zu höheren Oberflächentemperaturen des Betriebsmittels führt. Die Mindestzündtemperatur einer Staubschicht von 5 mm Dicke wird auch als Glimmtemperatur bezeichnet. Andere Sicherheitsabstände sind ggf. erforderlich, wenn die Temperatur der Prozessluft höher als die Temperatur der umgebenden Luft ist.

um einen Sicherheitsabstand⁷⁾ niedriger sein als die Mindestzündtemperatur der dicksten Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann; dies muss auch bei Betriebsstörungen gewährleistet sein.

In Zone 22 darf beim Normalbetrieb die Temperatur sämtlicher Oberflächen, die mit Staubwolken in Berührung kommen können, 2/3 der Mindestzündtemperatur in °C der betroffenen Staubwolke nicht überschreiten. Darüber hinaus muss die Temperatur von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann, um einen Sicherheitsabstand⁷⁾ niedriger sein als die Mindestzündtemperatur der dicksten Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann.

In allen Zonen können die oben genannten Temperaturgrenzen in besonderen Fällen überschritten werden, wenn nachgewiesen wird, dass keine Entzündung zu erwarten ist.

Bemerkung: Das Vermeiden gefährlicher Erwärmung durch Reibungsvorgänge ist in manchen Fällen durch geeignete Werkstoffauswahl möglich. Wenigstens eines der beiden reibenden Teile muss hierbei aus einem Material bestehen, das unterhalb der höchstzulässigen Oberflächentemperatur so weich wird, dass durch das Fließen des Materials der wärmeerzeugende Reibvorgang abgebrochen wird.

E 2.3.2 Flammen und heiße Gase

Zündvorgang

Flammen sind exotherme chemische Reaktionen, die bei Temperaturen von etwa 1.000°C und mehr schnell ablaufen und häufig von Leuchterscheinungen begleitet sind. Als Reaktionsprodukte treten heiße Gase, bei Staubflammen oder rußenden Flammen auch glühende Feststoffpartikel auf. Besondere Vorsicht ist beim Vorhandensein von Schwefel geboten (durch Sublimation wird Wiederentzündungen, z.B. hinter einer flammendurchschlagsicheren Einrichtung, möglich). Sowohl die Flammen selbst als auch die heißen Reaktionsprodukte können explosionsfähige Atmosphäre entzünden. Flammen, auch sehr kleiner Abmessungen, zählen zu den wirksamsten Zündquellen.

Befindet sich sowohl innerhalb als auch außerhalb einer Apparatur oder in benachbarten Anlageteilen explosionsfähige Atmosphäre, so kann bei Entzündung in einem der Bereiche die Flamme durch Öffnungen wie z.B. Entlüftungsleitungen in den anderen Bereich übertragen werden. Das Verhindern eines Flammendurchschlages erfordert spezielle konstruktive Schutzmaßnahmen (s. Abschnitt E 3.4). [89, 90]

Schutzmaßnahmen

In den Zonen 0 und 20 dürfen Einrichtungen mit Flammen nicht verwendet werden. Gase aus Flammenreaktionen, z.B. Abgase zum Zweck des Inertisierens und sonstige erwärmte Gase dürfen in den Zonen 0 und 20 nur unter Anwendung von für den Einzelfall festzulegenden Sonderschutzmaßnahmen eingeleitet werden. [38]

Diese Sonderschutzmaßnahmen beziehen sich z.B. auf Begrenzung der Temperatur, Abscheidung zündfähiger Partikel, Verhindern von Gasrücktritt und Flammendurchschlägen.

Auch in Zone 1 und 2 sowie 21 und 22 sind Einrichtungen mit Flammen nur zulässig, wenn die Flammen sicher eingeschlossen sind und die in Abschnitt E 2.3.1 festgelegten Temperaturen an den Außenflächen der Anlageteile nicht überschritten werden. Bei Betriebsmitteln mit eingeschlossenen Flammen (z.B. spezielle Heizungsanlagen) ist ferner zu gewährleisten, dass der Einschluss gegen die Einwirkung von Flammen ausreichend beständig ist und einen Flammendurchschlag in den Gefahrenbereich sicher verhindert. Die zur Verbrennung benötigte Luft darf aus der Zone 1 oder 2 bzw. 21 oder 22 nur angesaugt werden, wenn die durch Ansaugen explosionsfähiger Atmosphäre bedingten Gefahren durch entsprechende Schutzmaßnahmen vermieden werden.

Heiße Gase dürfen nur eingeleitet werden, wenn neben den o.g. Forderungen durch geeignete Einrichtungen gewährleistet ist, dass die Abgase an der Eintrittsstelle die Zündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre nicht überschreiten können. Abgelagerte Stäube dürfen nicht entzündet werden. Als Kriterien für diese Forderung können die Glimm- bzw. Selbstentzündungstemperatur der Stäube dienen.

Müssen Flammen eingesetzt werden (z.B. in Brennöfen), so ist vor ihrer Entzündung das Vorhandensein oder Entstehen explosionsfähiger Gemische in gefährdender Menge auszuschließen.

Hinsichtlich glühender Feststoffpartikel (Funkenflug) wird auf Abschnitt E 2.3.3 (mechanisch erzeugte Funken) und hinsichtlich Flammendurchschlag auf Abschnitt E 3.4 verwiesen.

E 2.3.3 Mechanisch erzeugte Funken

Zündvorgang

Durch Reib-, Schlag- und Abtragvorgänge, z.B. Schleifen, können aus festen Materialien Teilchen abgetrennt werden, die eine erhöhte Temperatur auf Grund der beim Trennvorgang aufgewandten Energie annehmen. Bestehen die Teilchen aus oxidierbaren Stoffen, wie z.B. Eisen oder Stahl, können sie einen Oxidationsprozess durchlaufen, wobei sie noch höhere Temperaturen erreichen. Diese Teilchen (Funken) können brennbare Gase und Dämpfe sowie bestimmte Staub/Luft-Gemische (insbesondere Metallstaub/Luft-Gemische) entzünden. [42, 79] In abgelagertem Staub können darüber hinaus durch Funken Glimmester entstehen, die dann zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre werden können. [33, 79]

Das Eindringen von Fremdmaterialien, z.B. von Steinen oder Metallstücken, in Geräte, Schutzsysteme und Komponenten muss als Ursache von Funken berücksichtigt werden.

Reibung sogar zwischen einander ähnlichen Eisenmetallen und zwischen bestimmten keramischen Materialien kann örtliche Erhitzung und Funken ähnlich den Schleiffunken verursachen. Dadurch kann explosionsfähige Atmosphäre entzündet werden.

Reib-, Schlag- und Abtragvorgänge, bei denen Rost und Leichtmetalle (z.B. Aluminium und Magnesium) und ihre Legierungen beteiligt sind, können eine aluminothermische

Reaktion (Thermitreaktion) auslösen, durch die explosionsfähige Atmosphäre entzündet werden kann.

Auch beim Schlagen oder Reiben von Titan oder Zirkonium gegen ausreichend harte Materialien können zündfähige Funken entstehen, sogar bei Abwesenheit von Rost.

Beim Schweißen und Schneiden entstehende Schweißperlen sind Funken mit sehr großer Oberfläche, sie gehören deshalb zu den wirksamsten Zündquellen.

Schutzmaßnahmen

In den Zonen 0 und 20 sind keine Apparaturen, Betriebsmittel und Arbeitsvorgänge zulässig, bei denen selbst bei selten auftretenden Betriebsstörungen zündfähige Reib-, Schlag- oder Schleiffunken auftreten können. Insbesondere sind Reibvorgänge zwischen Aluminium oder Magnesium (ausgenommen Legierungen mit weniger als 10 % Al und Farben und Beschichtungsmaterialien mit einem Massengehalt von weniger als 25 % Al) und Eisen oder Stahl (ausgenommen nicht rostender Stahl, wenn die Anwesenheit von Rostpartikeln ausgeschlossen werden kann) auszuschließen. Reib- und Schlagvorgänge zwischen Titan oder Zirkonium und jeglichem harten Werkstoff sind zu vermeiden.

In den Zonen 1 und 21 sind nach Möglichkeit die Forderungen für die Zonen 0 und 20 zu erfüllen. Sind jedoch Arbeitsvorgänge, bei denen zündfähige Reib-, Schlag- oder Schleiffunken auftreten können, erforderlich, so müssen Funken durch geeignete Maßnahmen vermieden oder abgeschirmt werden.

Zündfähige Schleiffunken lassen sich z.B. durch Wasserkühlung an der Schleifstelle verhindern.

Die Entstehung zündfähiger Reib- und Schlagfunken lässt sich durch Wahl günstiger Materialkombinationen einschränken (z.B. bei Ventilatoren). [39, 40, 41] Bei Betriebsmitteln mit betriebsmäßig bewegten Teilen ist an den möglichen Reib-, Schlag- oder Schleifstellen die Materialkombination Leichtmetall und Stahl (ausgenommen nicht rostender Stahl) grundsätzlich zu vermeiden.

Zündfähige Partikel in Abgasen können z.B. durch Wasservorlagen abgeschieden werden.

Bei Ventilatoren ist besonders auf geeignete Werkstoffe, geeignete Lagerung des Rotors und ausreichende Spaltabmessung zwischen rotierenden und feststehenden Teilen zu achten. [39, 40, 41] Ferner ist die Ablagerung von Staub und Kondensat im Innern des Gehäuses sowie das Eindringen von Fremdkörpern zu vermeiden (vgl. Erläuterungen zu Abschnitt E 2.3.1 "Schutzmaßnahmen").

In den Zonen 2 und 22 ist es in der Regel ausreichend, die für die Zonen 1 und 21 beschriebenen Schutzmaßnahmen lediglich gegen betriebsmäßig zu erwartende zündfähige Funken durchzuführen.

In allen Zonen dürfen Betriebsmittel, die für einen Einsatz in explosionsfähiger Gas/Luft- und Dampf/Luft-Atmosphäre oder in brennbaren Nebeln vorgesehen sind und die durch mechanische Wirkungen Funken erzeugen können, dann nicht ver-

wendet werden, wenn die explosionsfähige Atmosphäre eines oder mehrere der folgenden Gase enthalten kann: Acetylen, Schwefelkohlenstoff, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ethylenoxid.

Hinweis: Beim Gebrauch von Werkzeugen ist zu unterscheiden zwischen solchen, bei deren Einsatz in der Regel nur ein einzelner Funke entstehen kann, z.B. Schraubendreher, Schraubenschlüssel und Schlagschrauber und solchen, bei denen bei der Bearbeitung des Werkstückes eine Vielzahl von Funken, z.B. bei Stemmarbeiten oder sogar Funkengarben, z.B. beim Einsatz von Trenn- und Schleifgeräten erzeugt werden.

In explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 0 dürfen keine Werkzeuge verwendet werden, bei deren Einsatz mit dem Auftreten auch von einzelnen Funken gerechnet werden muss.

In explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 1 und 2 können Stahlwerkzeuge verwendet werden, sofern beim Gebrauch keine Funkengarben entstehen. Bei Vorliegen gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre am Arbeitsort, z.B. Betriebsstörungen, sind solche Arbeiten einzustellen.

Ein Verwendungsverbot in Zone 1 gilt jedoch für jegliche Art von Stahlwerkzeugen, wenn Explosionsgefahr durch Stoffe der Explosionsgruppe IIC (Acetylen, Schwefelkohlenstoff, Wasserstoff) gegeben sein kann, es sei denn, es sind Schutzmaßnahmen nach E 5 durchgeführt.

In explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 21 und 22 können Stahlwerkzeuge verwendet werden, sofern keine Funkengarben oder heiße Oberflächen (z.B. beim Bohren) entstehen. Andernfalls ist die Arbeitsstelle gegenüber dem übrigen Bereich der Zonen 21 und 22 abzuschirmen und zusätzlich ist eine der folgenden Maßnahmen durchzuführen:

1. Staubbagerungen sind an der Arbeitsstelle zu entfernen, oder
2. die Arbeitsstelle ist so feucht zu halten, dass der Staub weder aufwirbeln kann noch Glimmnester entstehen können.

Bei Arbeiten, z.B. beim Schleifen oder Trennen, in den Zonen 21 und 22 oder deren Umgebung ist zu berücksichtigen, dass die entstehenden Funken auch über weite Strecken fliegen und zur Bildung von Glimmnestern führen können. Deswegen muss auch der weitere Bereich um die Arbeitsstelle in die genannten Schutzmaßnahmen einbezogen werden.

Eine erhöhte Zündgefahr besteht in allen Zonen dann, wenn mit einer aluminothermischen Reaktion (Thermitreaktion) zu rechnen ist. Schlägt man z.B. auf eine rostige Stahlfläche, die mit einer Aluminiumfolie bedeckt oder einem Anstrich von Aluminiumfarbe versehen ist, oder auf der Aluminiumabrieb oder Aluminiumspäne liegen, bilden sich sehr leicht Aluminiumfunken von großer Zündwirksamkeit aus. In gleicher Weise entstehen Aluminiumfunken, wenn auf Bauteile aus Aluminium rostende Teile schlagen oder Flugrost zu liegen kommt und Schläge auf diese Stellen geführt werden.

Um eine bessere Leitfähigkeit der Fußböden zu erreichen, werden in der Praxis vielfach Aluminiumfarben oder Aluminiumbeschichtungen von Fußböden (wegen hoher Leitfähigkeit mit hohem Aluminiumanteil) in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet. Es stellt sich die Frage, ab welchem Aluminiumgehalt mit dem Auftreten von zündfähigen Funken gerechnet werden muss. Versuche haben ergeben, dass die Gefahr einer Funkenbildung

nur bei hohen Aluminiumgehalten besteht. Bei Farben und Beschichtungen, bei denen der Aluminiumgehalt in gealtertem, trockenem Zustand unter 25 Gew.% liegt, ist die Bildung zündfähiger Funken nicht zu befürchten, während in Abhängigkeit der verschiedenen Bindemittel und Füllstoffe bei einem Aluminiumgehalt von mehr als 45 Gew.% diese Gefahr auf jeden Fall besteht. Da meistens die genaue Zusammensetzung des Aluminiumanstrichs nicht bekannt ist, sollte dafür Sorge getragen werden, dass während der Arbeiten mit Stahlwerkzeugen gewährleistet ist, dass explosionsfähige Atmosphäre in gefährdender Menge nicht vorhanden ist oder entstehen kann. Dies ist bei Gasen und Dämpfen messtechnisch z.B. durch Gaswarngeräte zu überwachen.

E 2.3.4 Elektrische Anlagen

Elektrische Anlagen sind einzelne oder zusammengeschaltete Betriebsmittel, hierzu gehört auch Prozessleittechnik (PLT, siehe auch E 4), die elektrische Energie erzeugen, umwandeln, speichern, fortleiten, verteilen, messen, steuern oder verbrauchen.

Zündvorgang

Bei elektrischen Anlagen können – selbst bei geringen Spannungen – elektrische Funken (z.B. beim Öffnen und Schließen elektrischer Stromkreise und bei Ausgleichsströmen (s. E 2.3.5)) und heiße Oberflächen (vgl. E 2.3.1) als Zündquellen auftreten. Außerdem ist zu beachten, dass bei elektrischen Anlagen auch mit anderen Zündquellen gerechnet werden muss, z.B. mit mechanisch erzeugten Funken (vgl. E 2.3.3), Strahlung elektromagnetischer Felder z.B. Handy usw. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Schutzkleinspannung (z.B. 42 Volt) keine Maßnahme des Explosionsschutzes ist, da auch bei kleineren Spannungen die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich ist.

Schutzmaßnahmen

Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen dürfen bis zum 31.12.2007 entsprechend ElexV^{*)} betrieben werden. Für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, die am 01.01.2003 bereits erstmalig in Betrieb genommen waren, müssen die in der BetrSichV enthaltenen Betriebsvorschriften spätestens bis zum 31.12.2007 angewendet werden. Bis dahin können die Prüfungen entsprechend den bisherigen Maßgaben durchgeführt werden. Hinsichtlich der Beschaffenheitsanforderungen bleiben die bisher geltenden Vorschriften maßgebend, soweit nicht eine entsprechende Anordnung der zuständigen Behörde erfolgt (§ 27 Abs. 3 BetrSichV).

Für Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen nach § 1 Abs. 2 Nr. 3 BetrSichV gelten ab dem 01.01.2003 die Bestimmungen der BetrSichV. Diese Anlagen dürfen

^{*)} Anmerkung der Redaktion: Durch Artikel 8 der Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777) außer Kraft gesetzt.

erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise durch eine befähigte Person (Elektrofachkraft) geprüft worden ist (siehe auch E 7.5). Mindestens alle drei Jahre sind wiederkehrende Prüfungen durchzuführen. Im Übrigen sind die "Sonderbestimmungen für den Betrieb von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten" (VDE 0105-9) zu beachten.

In allen Zonen müssen elektrische Anlagen gemäß den geltenden Normen konzipiert, konstruiert, installiert und instandgehalten werden.

In den Zonen 0, 1, 20 und 21 sind nur bauartzugelassene explosionsgeschützte elektrische Anlagen zulässig.

In Zone 2 dürfen die für den Einsatz in den Zonen 0 und 1 zulässigen Anlagen verwendet werden. Außerdem können in Zone 2 elektrische Anlagen eingesetzt werden, die den Anforderungen von DIN EN 60 079-14 (VDE 0165 Teil 1) [43] genügen.

In Zone 22 dürfen die für den Einsatz in den Zonen 20 und 21 zulässigen Betriebsmitteln verwendet werden. Außerdem können in Zone 22 elektrische Anlagen eingesetzt werden, die den Anforderungen von DIN EN 50 281-1-2 (VDE 0165 Teil 2) [49] genügen.

E 2.3.5 Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz

Zündvorgang

In elektrisch leitfähigen Anlagen oder Anlagenteilen können zeitweise oder dauernd Ausgleichsströme (auch Streu- oder Leckströme genannt) fließen, [55, 56, 58]

- als Rückströme zu Stromerzeugungsanlagen (insbesondere im Bereich vor elektrischen Bahnen und großen Schweißanlagen), wenn z.B. im Erdreich verlegte elektrisch leitfähige Anlagenteile wie Schienen, Rohre und Kabelmäntel den Widerstand dieses Rückstromweges verringern,
- infolge von Körper- oder Erdschluss bei Fehlern in elektrischen Anlagen,
- infolge von Induktion (z.B. in der Nähe von elektrischen Anlagen mit großen Stromstärken oder hohen Frequenzen) (vgl. E 2.3.8) und
- infolge von Blitzschlag (vgl. E 2.3.7).

Werden derartige Anlagenteile getrennt, verbunden oder überbrückt, kann – selbst bei geringen Potenzialdifferenzen – durch elektrische Funken explosionsfähige Atmosphäre entzündet werden. Ferner sind Entzündungen durch Erwärmung dieser Stromwege möglich (vgl. E 2.3.1). [52]

Schutzmaßnahmen

In allen Zonen sind alle leitfähigen Anlagenteile, die zu elektrischen Betriebsmitteln gehören oder diesen benachbart sind, gemäß DIN EN 60 079-14 (VDE 0165-1)

[43] zu schützen. Für Anlagen mit kathodischem Korrosionsschutz mit Fremdstromeinspeisung sind spezielle Schutzmaßnahmen vorzusehen.

In den Zonen 0 und 20 sowie 21 ist für sämtliche leitfähigen Anlagenteile – auch solche, die elektrischen Betriebsmitteln nicht benachbart sind – ein Potenzialausgleich erforderlich, [12] der entsprechend DIN EN 60 079-14 (VDE 0165-1) [43] auszuführen ist. Von dieser Forderung kann innerhalb von Bereichen abgewichen werden, die von leitfähigen, in einen Potenzialausgleich einbezogenen Wänden umschlossen sind. Werden leitfähige Anlagenteile in die Zone 0, 20 oder 21 eingebracht, z.B. Lüftungs- und Saugrohre in Tanks, so sind sie vorher in den Potenzialausgleich einzubeziehen.

In Zone 1 sind Schutzmaßnahmen wie für die Zonen 0 und 20 erforderlich. Es kann jedoch an leitfähigen Anlageteilen, die elektrischen Betriebsmitteln nicht benachbart sind, auf besondere Maßnahmen des Potenzialausgleiches z.B. zusätzliche Überbrückungen, verzichtet werden, wenn durch miteinander verbundene elektrische leitfähige Anlagenteile, z.B. Rohrnetz oder ausgedehnte Erdungsanlagen, bereits ein Potenzialausgleich besteht.

Vor dem Öffnen und Schließen der Verbindungen von leitfähigen Anlageteilen, z.B. beim Ausbau von Armaturen und Rohrteilen, sind Überbrückungen durch Verbindungsleitungen mit genügendem Querschnitt [52] erforderlich, sofern durch diese Arbeiten die ausreichende elektrische Verbindung aufgehoben werden kann.

In den Zonen 2 und 22 kann in der Regel auf einen Potenzialausgleich verzichtet werden, es sei denn, Lichtbögen oder Funken, die von Ausgleichströmen herrühren, treten häufig auf.

E 2.3.6 Statische Elektrizität

Zündvorgang

Als Folge von Trennvorgängen, an denen mindestens ein Stoff mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von mehr als $10^9 \Omega$ oder Gegenstände mit einem Oberflächenwiderstand von mehr als $10^9 \Omega$ beteiligt sind, können unter bestimmten Bedingungen zündfähige Entladungen statischer Elektrizität auftreten. Die genannten Widerstandswerte werden in der Regel bei 50% relativer Luftfeuchte und Raumtemperatur bestimmt. [60] Besonders leicht können Entladungen auftreten, wenn zwar leitfähige Teile verwendet werden, diese aber isoliert angeordnet sind. An aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen, zu ihnen gehören die meisten Kunststoffe, sind sogenannte Büschelentladungen möglich. Unter bestimmten Bedingungen können sehr hohe Ladungsdichten auf Oberflächen erzeugt werden, in deren Folge sogenannte Gleitstielbüschelentladungen auftreten. Diese Bedingungen können z.B. durch Verwendung leitfähig beschichteter isolierender Materialien oder durch schnelle Trennprozesse erfüllt sein.

Büschelentladungen können erfahrungsgemäß nur explosionsfähige Gemische von Gasen und Dämpfen entzünden. Gleitstielbüschelentladungen sind darüber hinaus in der Lage, auch explosionsfähige Staub/Luft- und Nebel/Luft-Gemische zu entzünden.

Schutzmaßnahmen

Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind der BG-Regel "Vermeiden von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" zu entnehmen. [60] Wichtigste Schutzmaßnahmen sind:

- Vermeiden von Materialien und Gegenständen geringer elektrischer Leitfähigkeit,
- Erden aller leitfähigen Gegenstände und Einrichtungen
- Erden der im explosionsgefährdeten Bereich tätigen Personen, z.B. durch Tragen ableitfähiger Schuhe auf ableitfähigem Fußboden,
- Verkleinern nichtleitfähiger Oberflächen,
- Erhöhen der elektrischen Leitfähigkeit der Arbeitsstoffe sowie Verringern des Oberflächenwiderstands von Gegenständen und Einrichtungen.

Zweck der Maßnahmen:

- In den Zonen 0 und 20 sind zündfähige Entladungen auch unter Berücksichtigung selten auftretender Betriebsstörungen ausgeschlossen.
- In den Zonen 1 und 21 dürfen zündfähige Entladungen bei sachgemäßem Betrieb der Anlagen, einschließlich Wartung und Reinigung und bei Betriebsstörungen, mit denen üblicherweise gerechnet werden muss, nicht zu erwarten sein.
- In den Zonen 2 und 22 sind andere Maßnahmen als Erdung in der Regel nur erforderlich, wenn zündfähige Entladungen ständig auftreten, zum Beispiel bei laufenden Vorgängen wie an nichtleitfähigen Treibriemen.

E 2.3.7 Blitzschlag

Zündvorgang

Wenn ein Blitz in explosionsfähige Atmosphäre einschlägt, wird diese stets gezündet. Daneben besteht eine Zündmöglichkeit auch durch starke Erwärmung der Ableitwege des Blitzes.

Von Blitzeinschlagstellen aus fließen starke Ströme, die auch in größeren Entfernungen nach allen Richtungen von der Einschlagstelle zündfähige Funken und Sprühfeuer auslösen können.

Schutzmaßnahmen

Liegen Gefährdungen durch Blitzschlag vor, müssen für alle Zonen die folgenden Anforderungen erfüllt werden: Die Anlagen sind durch geeignete Blitzschutzmaßnahmen zu schützen. Schädliche Einwirkungen von Blitzeinschlägen, die außerhalb der Zonen 0 und 20 erfolgen, auf die Zonen 0 und 20 selbst, sind zu verhin-

dern, d.h. Überspannungsableiter sollen an geeigneten Stellen, also außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche, eingebaut werden. Bei erdüberdeckten Tankanlagen oder elektrisch leitenden Anlageteilen, die gegen den Behälter elektrisch isoliert sind, ist ein Potenzialausgleich z.B. in Form einer Erdringleitung erforderlich.

Blitzschutzmaßnahmen dürfen nicht Maßnahmen zum kathodischen Korrosionsschutz beeinträchtigen.

E 2.3.8 Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9 Hz bis 300 GHz

Zündvorgang

Elektromagnetische Felder gehen von allen Anlagen aus, die hochfrequente elektrische Energie erzeugen und benutzen (Hochfrequenzanlagen). Dazu gehören beispielsweise Funksender (z.B. Handy) oder medizinische, wissenschaftliche und industrielle Hochfrequenzgeneratoren zur Erwärmung, Trocknung, Härtung und zum Schweißen oder Schneiden.

Sämtliche im Strahlungsfeld befindlichen leitenden Teile wirken als Empfangsantenne, so genannte Empfangsgebilde, und können bei ausreichender Stärke des Feldes und genügender Größe der Empfangsgebilde eine explosionsfähige Atmosphäre entzünden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die empfangene Hochfrequenzleistung dünne Drähte zum Glühen bringt oder dass bei Kontakt bzw. Unterbrechung leitender Teile Funken erzeugt werden. Bei besonders starken elektromagnetischen Feldern, wie in der unmittelbaren Nähe von Hochfrequenzgeneratoren hoher Leistung, können sogar nicht leitende Materialien sich stark erwärmen und zur Zündquelle werden. Die von den Empfangsgebilden aufgenommene Energie, die zur Zündung führen kann, ist bei gegebener Frequenz und Sendeleistung in erster Linie abhängig vom Abstand Strahler – Empfangsgebilde und den Abmessungen der Empfangsgebilde.

Schutzmaßnahmen

Als allgemeine Schutzmaßnahme gegen die Zündwirkung unbeabsichtigt einwirkender elektromagnetischer Felder ist nach allen Richtungen ein Sicherheitsabstand zwischen Sendeantenne und Empfangsgebilden im explosionsgefährdeten Bereich zu beachten. Bei Sendeantennen mit Richtcharakteristik ist zu beachten, dass der Sicherheitsabstand richtungsabhängig sein kann. Der Sicherheitsabstand kann durch Rechnung oder Messung ermittelt werden. Kann ein ausreichender Sicherheitsabstand nicht eingehalten werden, sind geeignete Schutzmaßnahmen, sender- oder empfangsseitig, festzulegen. [62]

Für direkte Einwirkung des Strahlungsfeldes einer Hochfrequenzquelle auf eine explosionsfähige Atmosphäre gilt in Abhängigkeit von der Explosionsgruppe, dass bei einer eingestrahlten Spitzenleistung von nicht mehr als 2 W bei Gruppe IIC, 4 W bei Gruppe IIB und 6 W bei Gruppe IIA in den Zonen 1 und 2 eine Zündgefahr nicht zu erwarten ist. In den Zonen 21 und 22 gilt eine Grenze von 6 W, dabei wird eine korrelierende Mindestzündenergie des explosionsfähigen Staub/Luft-

Gemisches von 1 mJ zugrunde gelegt. In den Zonen 0 und 20 sollten 80 % der oben festgelegten Leistungen nicht überschritten werden.

Auskünfte hierzu erteilen u.a.:

- Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT), Essen
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.

Die allgemeine Betriebserlaubnis, das Funkschutzzeichen des VDE, die Angabe des Funkentstörgrades oder die CE-Kennzeichnung nach EMV-Richtlinie enthalten keine Aussagen darüber, ob durch das Gerät oder sein Strahlungsfeld eine Zündgefahr besteht.

In allen Zonen dürfen nur Hochfrequenzgeräte entsprechender Konformitätskategorie (gemäß Anhang I der EG-Richtlinie 94/9/EG) [17] eingesetzt werden, außer es wird unter Zugrundelegung einer Risikobetrachtung im Explosionsschutzdokument (siehe E 6) im Einzelfall anders festgelegt.

E 2.3.9 Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz bzw. Wellenlängen von 1.000 µm bis 0,1 µm (Optischer Spektralbereich)

Zündvorgang

Strahlung im optischen Spektralbereich kann – insbesondere bei Fokussierung – durch Absorption in explosionsfähiger Atmosphäre oder an festen Oberflächen zur Zündquelle werden.

Sonnenlicht kann z.B. eine Zündung auslösen, wenn Gegenstände eine Bündelung der Strahlung herbeiführen (z.B. gefüllte Spritzflasche, Hohlspiegel usw.).

Die Strahlung von Blitzlichtquellen wird unter Umständen durch Staubpartikel so stark absorbiert, dass diese Partikel zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre oder für Staubablagerungen werden. [71, 72, 73]

Bei Laserstrahlung (z.B. Nachrichtenübermittlung, Entfernungsmesser, Vermessungswesen, Sichtweitenmessgeräte) kann auch in großen Entfernungen noch die Energie- bzw. Leistungsdichte selbst des unfokussierten Strahles so groß sein, dass Zündung möglich ist. Die Erwärmung entsteht auch hier hauptsächlich beim Auftreffen des Laserstrahles auf eine Festkörperoberfläche oder bei Absorption an Staubpartikeln in der Atmosphäre oder an verschmutzten lichtdurchlässigen Teilen; ferner kann die Übereinstimmung von Absorptionsbanden des Gases mit der Laserwellenlänge Zündursache sein. [71] Durch die besonders starke Fokussierung können im Brennpunkt Temperaturen, die weit über 1.000 °C liegen, auftreten.

Es ist zu beachten, dass auch die Strahlung erzeugenden Betriebsmittel selbst (z.B. Lampen, Lichtbogen, Laser usw.) Zündquellen im Sinne der Abschnitte E 2.3.1 und E 2.3.4 sein können.

Schutzmaßnahmen

In allen Zonen sind Einrichtungen, die durch Resonanzabsorption eine Zündung bewirken können, nicht zulässig.

In allen Zonen sind für die jeweilige Zone zugelassene oder geeignete Strahlung erzeugende elektrische Betriebsmittel einsetzbar, wenn

- a) die Energie eines Strahlungsimpulses oder Energieflusses (Stärke) einer Dauerstrahlung [14, 15, 16] so gering ist, dass sie die explosionsfähige Atmosphäre nicht zünden kann oder
- b) die Strahlung sicher eingeschlossen wird, so dass
 1. jegliches Entweichen von Strahlung, die explosionsfähige Atmosphäre zünden könnte, aus der Umschließung in den gefährdeten Bereich sicher verhindert wird und keine durch die Strahlung erhitzten Oberflächen auftreten, an denen sich explosionsfähige Atmosphäre außerhalb der Umschließung entzünden könnte und
 2. die explosionsfähige Atmosphäre nicht in die Umschließung eindringen kann oder eine im Inneren der Umschließung auftretenden Explosion nicht in den gefährdeten Bereich übergreifen kann.

In den Zonen 2 und 22 müssen obige Bedingungen bei Normalbetrieb gewährleistet sein, in den Zonen 1 und 21 auch bei selten eintretenden Situationen (z.B. Betriebsstörungen), und in den Zonen 0 und 20 sogar bei sehr selten eintretenden Situationen (z.B. bei seltenen Betriebsstörungen).

E 2.3.10 Ionisierende Strahlung

Zündvorgang

Ionisierende Strahlung, erzeugt z.B. durch UV-Strahler, Röntgenröhren, Laser (vgl. E 2.3.9), radioaktive Stoffe, Beschleuniger [75] oder Kernreaktoren, kann explosionsfähige Atmosphäre (insbesondere explosionsfähige Atmosphäre mit Staubpartikeln) infolge Energieabsorption entzünden. Darüber hinaus kann sich auch die radioaktive Quelle selbst durch Eigenabsorption von Strahlungsenergie so hoch erwärmen, dass die Zündtemperatur umgebender explosionsfähiger Atmosphäre überschritten wird.

Unter Einwirkung ionisierender Strahlung können durch Radiolyse und chemische Zersetzung oder Umwandlung, insbesondere bei Bildung sehr reaktionsfähiger Radikale, explosionsfähige Stoffe und Gemische erzeugt und damit weitere Explosionsgefahren geschaffen werden.

Schutzmaßnahmen

In allen Zonen sind elektrische Betriebsmittel zulässig, die ionisierende Strahlung erzeugen, wenn

- a) die Energie eines Strahlungsimpulses oder der Energiefluss (Leistung) einer Dauerstrahlung so gering ist, dass sie die explosionsfähige Atmosphäre nicht zünden kann oder
- b) die Strahlung sicher eingeschlossen wird, so dass
 1. jegliches Entweichen von Strahlung, die explosionsfähige Atmosphäre zünden könnte, aus der Umschließung in den gefährdeten Bereich sicher verhindert wird und dass keine durch die Strahlung erhitzen Oberflächen auftreten, an denen sich explosionsfähige Atmosphäre außerhalb der Umschließung entzünden könnte und
 2. die explosionsfähige Atmosphäre nicht in die Umschließung eindringen, oder eine im Inneren der Umschließung auftretende Explosion nicht in den gefährdeten Bereich übergreifen kann.

In den Zonen 2 und 22 müssen obige Bedingungen bei Normalbetrieb gewährleistet sein, in den Zonen 1 und 21 auch bei selten eintretenden Situationen (z.B. Betriebsstörungen), und in den Zonen 0 und 20 sogar bei sehr selten eintretenden Situationen (z.B. bei seltenen Betriebsstörungen).

E 2.3.11 Ultraschall

Zündvorgang

Bei Anwendung von Ultraschall werden große Anteile der vom Schallwandler abgegebenen Energie von festen oder flüssigen Stoffen absorbiert. Im beschallten Stoff tritt dabei infolge innerer Reibung eine Erwärmung auf, die in Extremfällen bis über die Zündtemperatur führen kann (vgl. Abschnitt E 2.3.1).

Schutzmaßnahmen

In allen Zonen sind Ultraschallwellen mit einer Frequenz über 10 MHz unzulässig, es sei denn, es wird nachgewiesen, dass im gegebenen Fall keine Entzündungsgefahr besteht, weil keine Absorption durch Molekularresonanz auftritt.

Für Ultraschallwellen einer Frequenz bis 10 MHz gelten folgende Forderungen:

In allen Zonen sind Ultraschallwellen nur dann zulässig, wenn die Sicherheit des Arbeitsverfahrens gewährleistet ist. Die Leistungsdichte des erzeugten Schallfeldes darf 1 mW/mm^2 nicht überschreiten, es sei denn, es wird nachgewiesen, dass im gegebenen Fall keine Entzündungsgefahr besteht.

E 2.3.12 Adiabatische Kompression, Stosswellen, strömende Gase

Zündvorgang

In Stoßwellen und bei adiabatischer Kompression können so hohe Temperaturen auftreten, dass explosionsfähige Atmosphäre (auch abgelagerter Staub) entzündet werden kann. [27] Die Temperaturerhöhung hängt im Wesentlichen vom Druckverhältnis, nicht aber von der Druckdifferenz ab.

Stoßwellen bilden sich z.B. beim plötzlichen Entspannen von Hochdruckgasen in Rohrleitungen aus. Sie dringen dabei mit Überschallgeschwindigkeit in Gebiete niederen Druckes vor. Bei ihrer Beugung oder Reflektion an Rohrkrümmungen, Verengungen, Abschlussflanschen, geschlossenen Schiebern oder dergleichen treten besonders hohe Temperaturen auf. In Abgangsleitungen von Luftverdichtern und in nach- und zwischengeschalteten Behältern können durch Kompressionszündung von Schmierölnebeln Explosionen auftreten [77] (s. Unfallverhütungsvorschrift "Verdichter" (VBG 16)^{*)}).

Beim Bruch von Leuchtstofflampen kann sich z.B. ein in das evakuierte Rohr einströmendes explosionsfähiges Wasserstoff/Luft- oder Acetylen/Luft-Gemisch durch Kompression so hoch erhitzen, dass Entzündung möglich ist, auch wenn die Leuchtstofflampe nicht an das elektrische Netz angeschlossen ist. Gefahren besonderer Art treten beim Umgang mit strömendem Sauerstoff unter Druck auf; mitgerissene Teilchen, wie z.B. Rost, schleifen bei hinreichend großer Geschwindigkeit Eisenpartikel aus der Rohrwand ab, die dann im verdichteten Sauerstoff mit hoher Temperatur verbrennen und den Brand auf die Rohrleitung oder Armatur übertragen können. Besonders gefährdet sind Sauerstoffschieber und -ventile wegen der beim Öffnen und Schließen in ihnen auftretenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten (s. Unfallverhütungsvorschrift "Sauerstoff" (BGV B7)^{*)}).

Schutzmaßnahmen

In den Zonen 0 und 20 sind Arbeitsvorgänge, die zündfähige Kompressionen oder Stoßwellen auslösen können, zu vermeiden. Dies muss auch bei selten auftretenden Betriebsstörungen gewährleistet sein. Gefährliche Kompressionen und Stoßwellen lassen sich in der Regel ausschließen, wenn sich z.B. Schieber und Ventile zwischen Anlagenabschnitten mit hohen Druckverhältnissen nur langsam öffnen lassen.

In den Zonen 1 und 21 sind Arbeitsvorgänge, die adiabatische Kompressionen oder Stoßwellen auslösen können, nur im Falle selten auftretender Betriebsstörungen zulässig.

^{*)} Anmerkung der Redaktion: die VBG 16 ist seit 01.01.2004 zurückgezogen durch BGV A1 "Grundsätze der Prävention"; siehe jetzt § 7 Absatz 2 Betriebssicherheitsverordnung und Kapitel 2.11 "Betreiben von Maschinen der chemischen Verfahrenstechnik (einschließlich Verdichter und Zentrifugen)" der BG-Regel "Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500)

^{*)} Anmerkung der Redaktion: die BGV B7 ist seit 01.02.2005 außer Kraft; Betriebsbestimmungen finden Sie in Kapitel 2.32 "Sauerstoffanlagen" der BG-Regel "Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500)

In den Zonen 2 und 22 sind lediglich betriebsmäßig auftretende Stoßwellen und Kompressionen, die explosionsfähige Atmosphäre entzünden können, zu vermeiden.

Bei Verwendung von Betriebsmitteln, die stark oxidierende Gase enthalten, sollten besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um eine Entzündung der Werkstoffe und Hilfsstoffe zu vermeiden.

E 2.3.13 Chemische Reaktionen [81]

Zündvorgang

Durch chemische Reaktionen mit Wärmeentwicklung (exotherme Reaktionen) können sich Stoffe oder Stoffsysteme erhitzen und dadurch zur Zündquelle werden. Diese Selbsterhitzung ist dann möglich, wenn die Wärmeproduktionsrate größer ist als die Wärmeverlustrate zur Umgebung.

Die den Selbsterhitzungen zugrunde liegenden chemischen Reaktionen können schon bei Raumtemperatur oder niedriger ablaufen. Nur verlaufen sie dann in der Regel so langsam, dass die dabei freigesetzte Wärme im Allgemeinen so schnell an die Umgebung abgegeben wird, dass das System nicht gefährlich aufgeheizt wird. Durch Behinderung der Wärmeableitung oder durch erhöhte Umgebungstemperatur (z.B. bei der Lagerung) kann jedoch die Reaktionsgeschwindigkeit derart zunehmen, dass die zur Entzündung notwendigen Voraussetzungen erreicht werden. Entscheidend sind neben anderen Parametern das Volumen/Oberflächen-Verhältnis des Reaktionssystems, die Umgebungstemperatur sowie die Verweilzeit. Die entstehenden hohen Temperaturen können sowohl zur Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre als auch zur Entstehung von Glimmnestern und/oder Bränden führen. Möglicherweise bei der Reaktion entstehende brennbare Stoffe (z.B. Gase oder Dämpfe) können selbst wieder mit der Umgebungsluft explosionsfähige Atmosphäre bilden und so die Gefährlichkeit solcher Systeme als Zündquelle beträchtlich erhöhen.

Zur Selbsterhitzung führende Reaktionen können sowohl in Mehrstoff- als auch in Einstoffsystemen unter Beteiligung aller Aggregatzustände ablaufen. Sie können zum Beispiel auf Oxidationen (etwa Autooxidation ölverschmutzter Putzwolle), Zersetzungen (etwa von organischen Peroxiden, biologische Prozesse) oder Polymerisationen beruhen.

Beispiele von chemischen Zündquellen: spontane exotherme Reaktionen beim Zusammentreffen starker Oxidationsmittel oder anderer besonders reaktionsfreudiger Stoffe (z.B. Salpetersäure, Chlorate, Fluor) mit brennbaren Stoffen, Reaktionen pyrophorer Stoffe mit Luft (etwa einige metallorganische Verbindungen), Alkalimetalle mit Wasser, Kupfer mit Acetylen [80], Schwermetalle mit Wasserstoffperoxid. Eine Anzahl Stoffe beginnt, sich (zunächst langsam) zu erwärmen und schließlich zu entzünden (z.B. Polybutadien, Alkoholate, Eisen-II-oxid) oder an der Luft zu glimmen (Schwefeleisen, verschiedene Metalle in feinverteilter Form, Raneynickel) oder reagieren spontan bei Berührung mit katalytisch wirkenden Oberflächen (z.B. Wasserstoff/Luft-Gemisch mit Platin). Desgleichen können instabile Stoffe, selbst wenn sie mit Stabilisatoren haltbar gemacht wurden, durch katalytisch wirkende Verunreinigungen spontan und unter Freisetzung beträchtlicher Energie reagieren.

Eine Kombination mehrerer Wirkungen kann z.B. bei Ablagerungen selbstentzündlicher Stäube eintreten, wenn die zunächst durch Selbstentzündung gebildeten Glimmnester zu Zündquellen für explosionsfähige Atmosphäre werden. [33, 79]

Chemische Zündquellen können auch durch Schlageinwirkung oder Reibung aktiviert werden, z.B. bei feinverteilten Stoffkombinationen (Aluminium/Rost, Zucker/Chlorat).

Schutzmaßnahmen

In allen Zonen sind Stoffe, die zur Selbstentzündung neigen, möglichst zu vermeiden.

Wenn mit solchen Stoffen umgegangen wird, sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen auf den Einzelfall abzustimmen. Geeignete Schutzmaßnahmen können sein:

- Inertisieren,
- Stabilisierung,
- Verbesserung der Wärmeableitung, z.B. durch
 - Aufteilung der Stoffmengen in kleinere Einheiten,
 - Lagerungstechniken mit Zwischenräumen,
- Temperatur- und Druckregelung,
- Lagerung bei abgesenkten Temperaturen,
- Begrenzung der Verweilzeiten.

Hinsichtlich der Schutzmaßnahmen gegen Gefahren durch Schlag- und Reibvorgänge zwischen Rost und Leichtmetallen (z.B. Aluminium, Magnesium oder ihre Legierungen) wird auf E 2.2.3 verwiesen.

Hinweis: Unter bestimmten Bedingungen können pyrophore Stoffe entstehen, z.B. bei der Lagerung schwefelhaltiger Erdölprodukte oder beim Mahlen von Leichtmetallen in einer inerten Atmosphäre.

E 3 Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz)

Sind Maßnahmen nach E 1^{*)} oder E 2 nicht durchführbar oder nicht sinnvoll oder nicht ausreichend sicher, müssen konstruktive Maßnahmen getroffen werden, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken. Solche Maßnahmen sind:

- Explosionsfeste Bauweise (E 3.1),

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

- **Explosionsdruckentlastung (E 3.2),**
- **Explosionsunterdrückung (E 3.3),**
- **Verhindern der Flammen- und Explosionsübertragung (E 3.4).**

Schutzsysteme sowie Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen, die dem Geltungsbereich der Explosionsschutzverordnung (11. GPSGV) unterliegen, müssen den durch diese Verordnung geregelten Anforderungen entsprechen. Die hier aufgeführten Schutzmaßnahmen gelten – soweit sie Anforderungen an die Beschaffenheit beinhalten – nur für Anlagen, Geräte und Ausrüstungen, die nicht Geräte und Schutzsysteme im Sinne der 11. GPSGV sind. [102]

E 3.1 Explosionsfeste Bauweise

Anlagenteile wie Behälter, Apparate, Rohrleitungen werden so gebaut, dass sie einer Explosion im Inneren standhalten, ohne aufzureißen.

Man unterscheidet im Allgemeinen folgende explosionsfeste Ausführungen:

- Ausführung für den maximalen Explosionsdruck,
- Ausführung für den reduzierten Explosionsdruck in Verbindung mit Explosionsdruckentlastung (vgl. E 3.2) oder Explosionsunterdrückung (vgl. E 3.3).

Die Bauweise der Anlagenteile kann dabei explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest sein:

Explosionsfeste Bauweise	
Explosionsdruckfeste Bauweise	Explosionsstoßfeste Bauweise
Anwendung der von der "Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" gegebenen Richtlinien (AD-Merkblätter)	Sinngemäße Anwendung der AD-Merkblätter mit höherer Ausnutzung der Werkstofffestigkeit

Hinweis: Bei Unterteilung des Inneren von Apparaturen oder bei der Verbindung zweier Behälter durch eine Rohrleitung kann während einer Explosion in dem einen Teilvolumen der Druck in dem anderen Teilvolumen erhöht und dadurch dort die Explosion bei erhöhtem Ausgangsdruck eingeleitet werden. Somit entstehen Druckspitzen, die höher sein können als die unter atmosphärischen Bedingungen ermittelte Kenngröße maximaler Explosionsdruck. Lassen sich derartige Anordnungen nicht vermeiden, sind entsprechende Maßnahmen zu treffen, z.B. ausreichend hohe explosionsfeste Bauweise oder explosionstechnische Entkoppelung (vgl. E 3.4).

Bemerkung: Explosionsfeste Behälter unterliegen hinsichtlich des Inverkehrbringens nicht der Druckgeräterverordnung (14. GPSGV), es sei denn, ihr Betriebsüberdruck beträgt mehr als 0,5 bar. In Bezug auf den betrieblichen Explosionsschutz sind die Bestimmungen der BetrSichV zu beachten. Insbesondere ist die Explosionssicherheit der Arbeitsplätze in der Umgebung der Behälter vor der erstmaligen Nutzung gemäß Anhang 4 Ziffer 3.8 BetrSichV zu überprüfen.

Bei der Ermittlung des zu erwartenden Explosionsdruckes muss der Ausgangsdruck berücksichtigt werden.

E 3.1.1 Explosionsdruckfeste Bauweise

Explosionsdruckfeste Behälter und Apparate halten dem zu erwartenden Explosionsdruck stand, ohne sich bleibend zu verformen. Für die Auslegung und Herstellung werden die Berechnungs- und Bauvorschriften für Druckbehälter angewendet. Als Berechnungsdruck wird der zu erwartende Explosionsdruck zugrunde gelegt.

E 3.1.2 Explosionsdruckstoßfeste Bauweise

Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate sind so gebaut, dass sie einem bei einer Explosion in ihrem Inneren auftretenden Druckstoß in Höhe des zu erwartenden Explosionsdruckes standhalten. Dabei sind jedoch bleibende Verformungen zulässig.

Für die Auslegung und Herstellung von explosionsdruckstoßfesten Behältern und Apparaten werden die von der "Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" herausgegebenen Richtlinien (AD-Merkblätter) sinngemäß angewendet, wobei unter der Voraussetzung einer hohen Verformungsfähigkeit der verwendeten Werkstoffe eine im Vergleich zu Druckbehältern höhere Ausnutzung der Werkstofffestigkeit zulässig ist.

Bemerkung: Werden Behälter als Tanks für die Lagerung oder Beförderung brennbarer Flüssigkeiten verwendet, so ist insbesondere der Anhang C der Technischen Regel für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) 120 – Explosionsdruckstoßfestigkeit – anzuwenden.

Unterliegt ein Behälter als Tank dem Gesetz für die Beförderung gefährlicher Güter, so sind die jeweiligen Gefahrgutverordnungen, insbesondere auch die Technische Richtlinie "Tanks" (TRT 006), zu beachten.

Für staubführende Anlagen wird auf die VDI-Richtlinie 2263, Anlage Blatt 3, "Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate, Berechnung, Bau und Prüfung", hingewiesen. [37]

Bei Explosionen in Rohrleitungen oder lang gestreckten Apparaturen können sich Druckstoßfronten ausbilden, die nach längeren Flammenlaufstrecken L unter Umständen in Detonationsfronten übergehen. Dabei treten lokal kurzzeitig Druckstöße auf, deren Spitzenwerte ein Mehrfaches des maximalen Explosionsdruckes erreichen können. Bei Gasen und Dämpfen sind derartige Druckbelastungen durch Stoßfronten bei $L/D < 5$ (D = Durchmesser) nicht zu erwarten; bei $L/D > \text{etwa } 100$ muss in der Regel mit einem Übergang zu einer stabilen Detonation gerechnet werden. Turbulenzerhöhende Einbauten, z.B. Messblenden, können jedoch auch schon weit unterhalb $L/D = 100$ zur Ausbildung von Detonationen führen. [96]

Die Auslegung nach PN 10 bei Verwendung zäher Werkstoffe und ausgehend von einem absoluten Arbeitsdruck von etwa 1 bar ist ausreichend dafür, dass beispielsweise

- nicht gekrümmte Rohrleitungen Detonationsbeanspruchungen widerstehen,
- Krümmer der Beanspruchung durch Detonationen von gesättigten Kohlenwasserstoffen im Gemisch mit Luft widerstehen, wenn der Umlenkwinkel nicht mehr als 90 Grad beträgt.

Bei anders geformten Anlageteilen (z.B. Querschnittsveränderungen, Einschnürungen) und besonders reaktionsfähigen Gemischen können Ausführungen in höherer Druckstufe als PN 10 notwendig werden.

Nach Explosions- oder Detonationsereignissen müssen die betroffenen Anlageteile auf Verformung überprüft werden.

E 3.2 Explosionsdruckentlastung

Der Begriff "Explosionsdruckentlastung" umfasst im weitesten Sinne alles, was dazu dient, beim Entstehen oder nach einer gewissen Ausweitung einer Explosion die ursprünglich abgeschlossene Apparatur, in der sich der Explosionsablauf vollzieht, bei Erreichen des Ansprechdruckes kurzfristig oder bleibend in ungefährliche Richtung zu öffnen. [87, 88, 89] Die Entlastungseinrichtung soll bewirken, dass die Apparatur nicht über ihre Explosionsfestigkeit hinaus beansprucht wird. Als Entlastungseinrichtung können z.B. Berstscheiben oder Explosionsklappen verwendet werden. Sicherheitsventile sind hierfür ungeeignet.

Von wesentlicher Bedeutung für die Dimensionierung solcher Entlastungseinrichtungen sind die zeitlichen Beziehungen, die zwischen dem Fortschreiten einer Explosion und dem Eintreten der Druckentlastung bestehen. [95] Man hat daher zu unterscheiden zwischen einer Explosionsdruckentlastung von Behältern und einer von Rohrstrecken.

Je kleiner die maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit des explosionsfähigen Gemisches in einem Behälter ist und je früher und wirksamer die Entlastung einsetzt, umso schneller können Verbrennungsprodukte und unverbrannte Gemische entweichen, ohne zu einer unzulässigen Druckerhöhung in der Apparatur beizutragen. Die Berechnung der erforderlichen Druckentlastungsöffnungen an Apparaturen setzt u.a. die Kenntnis der sicherheitstechnischen Kenngrößen des Gemisches voraus. [37]

- a) Insbesondere für die Berechnung von Druckentlastungsöffnungen bei Staubexplosionen siehe VDI-Richtlinie 3673. [94]
- b) Wenn Ausblasrohre nicht zu vermeiden sind, ist zu beachten, dass der reduzierte Explosionsdruck im zu schützenden Behälter sich erhöht. Das Ausblasrohr muss mindestens den Querschnitt der Entlastungsöffnung haben.

Die Druckentlastung soll möglichst auf kurzem, geradem Weg erfolgen. Die bei der Druckentlastung auftretenden Rückstoßkräfte sind zu berücksichtigen. [82]

Bei der Anbringung von Druckentlastungsöffnungen an Apparaturen ist darauf zu achten, dass die Druckentlastung in ungefährlicher Weise so erfolgt, dass Folgeschäden für Personen, z.B. durch Druck- und Flammenwirkung oder durch weggeschleuderte Teile, vermieden werden. Druckentlastung in den Arbeitsraum ist deshalb grundsätzlich zu vermeiden.

Die Druckentlastungseinrichtung muss sich unmittelbar an der Apparatur befinden, d.h. am Anfang des Ausblasrohres.

Verschiedene Apparate dürfen nicht über ein gemeinsames Ausblasrohr entlastet werden. Der einwandfreie Zustand von Entlastungseinrichtungen ist regelmäßig zu überprüfen.

Druckentlastungseinrichtungen, z.B. Explosionsklappen, die nach Ansprechen selbsttätig schließen sollen, dürfen nur verwendet werden, wenn deren Funktionsfähigkeit durch Explosionsversuche nachgewiesen ist.

Ebenso muss die Richtigkeit der Auslegung durch Explosionsversuche nachgewiesen werden, wenn für die Bemessung von Druckentlastungseinrichtungen bei Staubexplosionen wegen stoff-, anlagen- oder betriebsspezifischer Besonderheiten die VDI-Richtlinie 3673 nicht zugrunde gelegt wird. Derartige Versuche führen die notifizierten Stellen – veröffentlicht im EG-Amtsblatt – durch.

Die Explosionsdruckentlastung ist unzulässig, wenn durch die dabei freigesetzten Stoffe Personen gefährdet werden oder die Umwelt geschädigt wird.

E 3.3 Explosionsunterdrückung

Explosionsunterdrückungseinrichtungen verhindern durch schnelles Einblasen von Löschmitteln in Behälter und Apparaturen im Falle einer Explosion das Erreichen des maximalen Explosionsdruckes. Dies bedeutet, dass die so geschützten Apparate nur für einen reduzierten Explosionsdruck ausgelegt werden müssen.

Im Gegensatz zur Explosionsdruckentlastung bleiben die Auswirkungen einer Explosion auf das Innere der Apparatur beschränkt.

Verfahrensbeschreibung

Explosionsunterdrückungsanlagen bestehen im Wesentlichen aus einem die anlaufende Explosion erkennenden Detektorsystem und den unter Druck stehenden Löschmittelbehältern, deren Austrittsöffnungen durch das Detektorsystem freigegeben werden. Der Inhalt der Löschmittelbehälter wird in kurzer Zeit in den zu schützenden Behälter eingeblasen und möglichst gleichmäßig verteilt. Hierdurch werden die Flammen gelöscht und die Explosion unterdrückt. Je nach Ausführung kann der Explosionsüberdruck bis auf ca. 0,2 bar reduziert werden.

Detektoren

Der Explosionsdruck breitet sich allseitig und gleichmäßig aus. Deshalb haben sich in der Praxis Druckdetektoren bewährt. Die Detektoren müssen gegenüber dem Produkt und gegen äußere Einflüsse (z.B. Stöße, Vibrationen, Temperatur, Vakuum, Korrosion, Wechselbelastung) unempfindlich sein. Um Fehlauslösungen zu vermeiden, werden üblicherweise zwei um 90 Grad versetzte Detektoren eingesetzt. Der Löschvorgang wird nur eingeleitet, wenn beide Detektoren gleichzeitig ansprechen.

Löschmittel

Als Löschmittel stehen für Explosionsunterdrückungseinrichtungen vorzugsweise zur Verfügung:

- pulverförmige Löschmittel,
- und Wasser.

Für die praktische Anwendung zeigt pulverförmiges Löschmittel auf der Basis von Monoammoniumphosphat in der Regel die beste Wirksamkeit. Grundsätzlich ist jedoch die Eignung des vorgesehenen Löschmittels für den jeweiligen Anwendungsfall nachzuweisen.

Löschmittelbedarf

Die erforderliche Löschmittelmenge ist abhängig von der Explosionsheftigkeit des Stoffes, vom Volumen und der Geometrie der zu schützenden Apparatur sowie von der Bauart des Unterdrückungssystems. Für Stäube sind Einzelheiten der VDI-Richtlinie 2263, Blatt 4, zu entnehmen. [37]

Hinweis: Projektierung und Ausführung der Schutzmaßnahme "Explosionsunterdrückung" erfordern besondere Fachkunde. Über entsprechende Sachkunde verfügen die notifizierten Stellen – veröffentlicht im EG-Amtsblatt.

E 3.4 Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkopplung)

Um Flammen- und Explosionsübertragung zu verhindern, steht eine Reihe von Maßnahmen zur Verfügung, z.B.:

- Mechanisches Schnellabsperren,
- Löschen von Flammen in engen Spalten oder durch Löschmitteleintrag,
- Aufhalten von Flammen durch hohe Gegenströmung,
- Tauchung,
- Schleusen.

Diese Maßnahmen sind im Prinzip bei allen explosionsfähigen Gemischen wirksam. Sie müssen in der Regel bei der Anwendung der unter Abschnitt E 3.1 bis E 3.3 genannten Maßnahmen zusätzlich eingesetzt werden. Für die praktische Anwendung sind aber folgende Gesichtspunkte maßgeblich:

Bei Explosionen von Gasen, Dämpfen und Nebeln im Gemisch mit Luft sind wegen der unter Umständen sehr hohen Ausbreitungsgeschwindigkeiten (Detonationen) aktive Absper- oder Löschesysteme oft zu langsam, sodass hier passive Elemente, z.B. Bandsicherungen oder Tauchungen bevorzugt werden.

Für Staub/Luft-Gemische besteht bei Einrichtungen mit engen Spalten die Gefahr der Verstopfung; folglich werden hier aktive Elemente, z.B. Schnellschlussschieber oder Löschmittelsperren bevorzugt.

E 3.4.1 Flammendurchschlagsichere Einrichtungen für Gase, Dämpfe und Nebel

Um bei explosionsfähiger Atmosphäre Flammendurchschläge, z.B. durch Rohrleitungen, Atmungseinrichtungen und nicht ständig mit Flüssigkeit gefüllte Füll- und Entleerungslei-

tungen zu verhindern, können flammendurchschlagsichere Einrichtungen angewendet werden.

Lässt sich z.B. in einem nicht explosionsfesten Behälter für brennbare Flüssigkeiten die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht vermeiden, so sind ständig vorhandene Öffnungen zu Bereichen, in denen mit dem Auftreten von Zündquellen zu rechnen ist, und durch die eine Explosion in den Behälter übertragen werden kann, flammendurchschlagsicher zu gestalten. Dies betrifft z.B. Be- und Entlüftungseinrichtungen, Füllstandsanzeiger sowie Füll- und Entleerungsleitungen, sofern Letztere nicht ständig mit Flüssigkeit gefüllt sind.

Soll umgekehrt das Herausschlagen von Flammen aus einer Apparatur in einen explosionsgefährdeten Bereich vermieden werden, so sind die vorgenannten Maßnahmen sinngemäß anzuwenden.

Die Wirkungsweise flammendurchschlagsicherer Einrichtungen beruht im Wesentlichen auf einem oder mehreren der folgenden Mechanismen:

- Löschen von Flammen in engen Spalten und Kanälen (z.B. Bandsicherungen, Sintermetalle),
- Aufhalten einer Flammenfront durch entsprechend hohe Ausströmgeschwindigkeit der unverbrannten Gemische (Hochgeschwindigkeitsventile),
- Aufhalten einer Flammenfront durch Flüssigkeitsvorlagen (z.B. Tauchsicherungen oder Flüssigkeitsverschlüsse).

Man unterscheidet bei flammendurchschlagsicheren Einrichtungen die im Folgenden aufgeführten Bauarten:

a) Explosionssichere Armaturen

Sie widerstehen dem Explosionsdruck und der kurzzeitigen Temperaturbeanspruchung durch die Explosionsflamme (z.B. Bandsicherungen, Plattensicherungen, Sintermetalle, Tauchsicherungen, Flüssigkeitsverschlüsse).

b) Dauerbrandsichere Armaturen

Sie widerstehen dem Explosionsdruck und über längere Zeit der Flammeneinwirkung, ohne ihre Durchschlagsicherheit zu verlieren (Bandsicherungen, spezielle Hochgeschwindigkeitsüberdruckventile, Tauchungen).

c) Detonationssichere Armaturen

Sie widerstehen der mechanischen Beanspruchung durch eine Detonationsfront (Bandsicherungen mit Prallfläche, Tauchsicherungen, Flüssigkeitsverschlüsse).

Bemerkung: Nicht dauerbrandsichere Armaturen widerstehen einem Abbrand nur über eine begrenzte Zeitspanne (Standzeit) und verlieren ihre Flammendurchschlagsicherheit. Diese Zeitspanne kann ggf. genutzt werden, um Notfunktionen einzuleiten, die einen länger dauernden Abbrand mit der möglichen Folge des Flammendurchschlages verhindern (z.B. Absperren der Gemischzufuhr, Einblasen von Inertgas oder Luft). In diesen Fällen haben derartige explosions- und detonationssichere Armaturen Sensoren, die eine an der Flammensperre brennende Flamme melden.

Einsatzbedingungen

Die Eignung der vorgenannten Armaturen muss für die auftretenden explosionsfähigen Gemische nachgewiesen sein. Maßgeblich für die Eignung sind z.B. die Verbrennungseigenschaften der Stoffe und die zünddurchschlagsicheren Normspaltweiten. Darüber hinaus sind Druck und Temperatur der Gemische zu beachten. Über entsprechende Sachkunde verfügen die notifizierten Stellen – veröffentlicht im EG-Amtsblatt.

Bei den von den notifizierten Stellen geprüften Armaturen der unter a) bis c) genannten Bauarten ist die Flammendurchschlagsicherheit nur für die im Prüfbericht aufgeführten Stoffe und Stoffgruppen gewährleistet. Erweiterungen auf andere Stoffe sind ohne zu prüfen nur nach Kenntnis der maßgebenden Stoffeigenschaften möglich; häufig ist jedoch eine Nachprüfung erforderlich.

Da flammendurchschlagsichere Armaturen häufig an Anlagenteilen eingesetzt werden, die nur einem geringen Überdruck standhalten, ist beim Einsatz besonders zu beachten, dass die Armaturen nicht den Druckausgleich der Anlagenteile mit der freien Atmosphäre unzulässig erschweren. Dazu muss z.B. bei Brandsicherungen und Sintermetallen der freie Querschnitt der flammendurchschlagsicheren Armatur ausreichend bemessen sein. Die Gefahr des Zusetzens durch Schmutz, Korrosion, Polymerisation und Sublimation, sowie das Einfrieren (z.B. bei nächtlichem Frost oder Dauerfrost) muss beachtet werden.

E 3.4.2 Entkopplungseinrichtungen für Stäube

Die im Kapitel E 3.4.1 aufgeführten flammendurchschlagsicheren Einrichtungen für Gase, Dämpfe und Nebel sind aufgrund der Verstopfungsgefahr bei Stäuben nicht einsetzbar. Für das Vermeiden der Ausbreitung von Staubexplosionen über verbindende Rohrleitungen, Fördereinrichtungen o.Ä. sowie Flammenaustritt aus Anlagenteilen haben sich in der Praxis die unter E 3.4.2.1 – E 3.4.2.7 aufgeführten Einrichtungen bewährt.

E 3.4.2.1 Löschmittelsperre

Die Explosion wird durch Detektoren erkannt. Aus Löschmittelbehältern werden Löschmittel in die Rohrleitung eingedüst, und die Flamme wird abgelöscht. Der auftretende Explosionsdruck vor der Löschmittelsperre wird dadurch nicht beeinflusst. Auch hinter der Löschmittelsperre ist die Festigkeit der Rohrleitung und die der nachgeschalteten Apparatur für den zu erwartenden Druck auszulegen. [79] Das Löschmittel muss für die jeweilige Staubart geeignet sein.

E 3.4.2.2 Schnellschlussschieber, Schnellschlussklappe

Die durch die Rohrleitung laufende Explosion wird durch Detektoren erkannt. Ein Auslösemechanismus schließt den Schieber oder die Klappe innerhalb von Millisekunden. Die Wirksamkeit und Druckbelastbarkeit müssen durch eine notifizierte Prüfstelle nachgewiesen sein.

E 3.4.2.3 Schnellschlussventil (Explosionsschutzventil)

Beim Überschreiten einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit schließt ein Ventil in der Rohrleitung. Die für das Schließen notwendige Strömungsgeschwindigkeit wird entweder durch die Druckwelle der Explosion oder durch eine detektorgesteuerte Hilfsströmung (Einblasen von Stickstoff auf den Ventilegel) erzeugt. Bisher bekannte Schnellschlussventile dürfen nur in waagrecht verlegten Rohrleitungen eingebaut werden und eignen sich auch nur für Leitungen mit relativ geringer Staubbelastung (z.B. Reinluftseite von Filteranlagen). Wirksamkeit und Druckbelastbarkeit müssen durch notifizierte Stellen nachgewiesen sein.

E 3.4.2.4 Zellenradschleuse

Zellenradschleusen dürfen nur dann als "Flammensperre" eingesetzt werden, wenn ihre Zünddurchschlagsicherheit und Druckbelastbarkeit für die jeweiligen Einsatzbedingungen nachgewiesen sind. Im Explosionsfall muss die Schleuse automatisch über einen Detektor stillgesetzt werden, damit das Austragen von brennendem Produkt verhindert wird.

E 3.4.2.5 Entlastungsschlot

Ein Entlastungsschlot besteht aus Leitungsteilen, die durch ein spezielles Rohrstück miteinander verbunden sind. Den Abschluss der Rohrleitung gegen die Atmosphäre bildet eine Entlastungseinrichtung (Abdeckplatte oder Berstscheibe; Ansprechüberdruck in der Regel $p \leq 0,1$ bar). Eine Explosionsübertragung soll durch Änderung der Strömungsrichtung um 180 Grad bei gleichzeitiger Explosionsdruckentlastung am Umlenkpunkt nach Öffnen der Entlastungseinrichtung verhindert werden. [106]

Das Wegfliegen von Teilen der Entlastungseinrichtung muss vermieden werden, z.B. durch einen Schutzkorb. Die Entlastung muss grundsätzlich in eine ungefährliche Richtung erfolgen, keinesfalls aber in Arbeitsbereiche oder auf Verkehrswege.

Diese Schutzmaßnahme ist unzulässig, wenn durch das Freisetzen von Stoffen Personen gefährdet werden oder die Umwelt geschädigt wird.

Durch den Entlastungsschlot kann die Explosionsübertragung nicht immer zuverlässig verhindert werden. Die Ausbreitung der Flammenfront wird jedoch so gestört, dass in dem nachgesetzten Leitungsteil höchstens mit dem langsamen Anlaufen der Explosion zu rechnen ist. Dies bedeutet, dass konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen an nachgeschalteten Anlagen entsprechend den Abschnitten E 3.1 bis E 3.3 für atmosphärische Randbedingungen dimensioniert werden können. In den Fällen, in denen innerhalb der Rohrleitung nicht mit dem Auftreten explosionsfähiger Gemischkonzentrationen gerechnet werden muss, z.B. bei vielen Entstaubungsanlagen, kann jedoch von einer hinreichenden Entkoppelungswirkung ausgegangen werden.

E 3.4.2.6 Produktvorlage

Im Zusammenhang mit der Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung sind Produktvorlagen (z.B. am Austrag eines Silos) von ausreichender Höhe geeignet, Anlageteile zu entkoppeln. Die Produktschüttung muss jeweils so hoch sein, und dies muss durch Füllstandsmelder abgesichert sein, dass unter der Druckbelastung der Explosion ein Flammendurchschlag durch das Produkt nicht erfolgen kann.

E 3.4.2.7 Doppelschieber

Produktausträge von explosionsfest gebauten Apparaturen können zum Verhindern eines Flammendurchschlages mit einem Doppelschiebersystem gesichert werden. Die Schieber müssen dabei mindestens gleiche Festigkeit wie die Apparatur haben. Durch entsprechende Steuerung muss gewährleistet sein, dass wechselweise ein Schieber immer geschlossen ist.

E 3.4.3 Explosionstechnische Entkopplung bei hybriden Gemischen

Für eine explosionstechnische Entkopplung bei hybriden Gemischen kommen aufgrund des Staubanteiles grundsätzlich nur Maßnahmen nach E 3.4.2 in Frage. Bisher liegen hierzu jedoch keine speziellen Erfahrungen vor.

E 4 Anwendung von Prozessleittechnik im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen

Die in den Abschnitten

- Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre (E 1^{*)}),
- Vermeiden wirksamer Zündquellen (E 2),
- Konstruktiver Explosionsschutz (E 3)

beschriebenen Explosionsschutzmaßnahmen können durch Einrichtungen der

- Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (im Folgenden Prozessleittechnik (PLT) genannt),
 - Elektrotechnik (im Folgenden Prozessleittechnik (PLT) genannt),
- unterstützt, überwacht und abgesichert werden.

Die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen müssen festgelegt und, sofern es erforderlich ist, überwacht werden. Dazu verwendete PLT-Einrichtungen müssen in der Lage sein, die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen aufrecht zu halten, zu überwachen

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

oder aber auszulösen. Die konzeptionelle Grundlage zur Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der PLT bildet die VDI/VDE-Richtlinie 2180.

PLT-Einrichtungen können beispielsweise einen Alarm, eine Schaltfunktion (z.B. Lüftung) oder eine Steuerfunktion (z.B. Inertisierung) auslösen oder eine automatische Abschaltung der Anlage bewirken. Auslegung und Umfang dieser PLT-Einrichtungen, der Grad der Redundanz, sowie die von ihnen ausgelösten Maßnahmen hängen von der Risikobewertung ab. Auf diese Weise muss für alle Betriebsbedingungen sichergestellt werden, dass aufgrund der Zuverlässigkeit der PLT-Einrichtungen und der ausgelösten Maßnahmen das Risiko auf ein vertretbares Maß beschränkt wird.

PLT-Einrichtungen können sowohl zur Verringerung oder Aufhebung von explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden als auch zur Vermeidung wirksamer Zündquellen (siehe **Tabelle E 4**).

Die erreichte Verringerung der Wahrscheinlichkeit der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre und der Wahrscheinlichkeit des Wirksamwerdens von Zündquellen muss im Einklang mit den Anforderungen der Abschnitte E 1^{*)}, E 2 und E 3 stehen.

In Konzepten zum Einsatz von PLT-Einrichtungen zur Verringerung oder Aufhebung von explosionsgefährdeten Bereichen (Zonen) müssen entsprechend der gewünschten Zonenreduktion die Anforderungen an dazu eingesetzte PLT-Einrichtungen gemäß Risikobewertung angepasst werden.

Die erforderliche Zuverlässigkeit der Explosionsschutz-Einrichtungen muss sich an der Risikoabschätzung orientieren. Führen die Risikobewertung und das Explosionsschutzkonzept zu dem Schluss, dass ohne PLT-Einrichtungen ein hohes Risiko herrscht, z.B. dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist (Zone 0, Zone 20) und dass mit dem Wirksamwerden einer Zündquelle zu rechnen ist, müssen die PLT-Einrichtungen so ausgeführt sein, dass eine einzige Störung das Sicherheitskonzept nicht außer Kraft setzen kann. Dies kann z.B. durch redundanten Einsatz von PLT-Einrichtungen erreicht werden. Vergleichbares ist erreichbar, indem eine einzelne PLT-Einrichtung zur Vermeidung des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre mit einer davon unabhängigen einzelnen PLT-Einrichtung zur Vermeidung des Wirksamwerdens von Zündquellen kombiniert wird.

Führen dagegen die Risikobewertung und das Explosionsschutzkonzept zu dem Schluss, dass auch ohne PLT-Maßnahmen nur ein geringes Risiko besteht, z.B. gelegentliches Bilden einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (Zone 1, Zone 21) und geringe Wahrscheinlichkeit des Wirksamwerdens einer Zündquelle, ist eine einzelne PLT-Einrichtung ausreichend (siehe **Tabelle E 4**).

Die Verfügbarkeit der sicherheitstechnischen Funktion der PLT-Einrichtungen und ihrer Teilkomponenten wird erreicht durch Fehlervermeidung und Fehlerbeherrschung (unter Beachtung aller Betriebsbedingungen und vorgesehenen Wartungs- und/oder Prüfmaßnahmen).

Die **Tabelle E 4** zeigt Konzepte von PLT-Einrichtungen zur Vermeidung des Wirksamwerdens von Zündquellen bei normalen Betriebsbedingungen, bei anzunehmenden Stö-

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

ungen und selten auftretenden Störungen. Alternativ, zusätzlich oder ergänzend können verfahrenstechnische Maßnahmen eingesetzt werden.

Explosions-gefährdeter Bereich	Dort vorhandene Einrichtungen und Verfahren mit folgenden Eigenschaften	Zu erfüllende Anforderung an zusätzliche PLT-Einrichtungen und Verfahren
nicht vorhanden	keine Anforderungen an Zündquellenfreiheit	keine
Zone 2 oder Zone 22	keine Anforderungen an Zündquellenfreiheit	eine einzelne Einrichtung zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb keine Zündquellen zu erwarten	keine
Zone 1 oder Zone 21	keine Anforderungen an Zündquellenfreiheit	zwei Einrichtungen zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb keine Zündquellen zu erwarten	eine einzelne Einrichtung zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen keine Zündquellen zu erwarten	keine
Zone 0 oder Zone 20	keine Anforderungen an Zündquellenfreiheit	in der Regel mit PLT-Einrichtungen allein nicht sinnvoll lösbar ^{*)}
	im Normalbetrieb keine Zündquellen zu erwarten	zwei Einrichtungen zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen keine Zündquellen zu erwarten	eine einzelne Einrichtung zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb, bei Betriebsstörungen und bei selten auftretenden Betriebsstörungen keine Zündquellen zu erwarten	keine
^{*)} Schalten z.B. die zusätzlichen PLT-Einrichtungen die vorhandene Einrichtung ab, so würde das zu einer Lösung führen, bei der die vorhandene Einrichtung praktisch nicht in Betrieb wäre.		

Tabelle E 4: Konzepte zum Einsatz von PLT-Einrichtungen zur Reduzierung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens wirksamer Zündquellen

Bemerkung 1: Sollen Geräte sicher in Bereichen betrieben werden, für die sie nicht konstruiert wurden, so müssen die nicht in der Gerätekategorie abgedeckten Zündgefahren in der Risikobetrachtung berücksichtigt werden. Die Bauartanforderungen in den Gerätekategorien sind unterschiedlich (z.B. bezüglich Elektrostatik). Eine Risikobetrachtung muss alle möglichen Zündgefahren, die von einem Gerät ausgehen, berücksichtigen. Zu den Geräten zählen auch solche, die nicht ausschließlich PLT-Geräte sind, z.B. Öfen, Brennstoffzellen, etc.

Bemerkung 2: Die Einsatzmöglichkeiten von PLT-Einrichtungen zur Vermeidung von apparativen Zündgefahren sind technisch und wirtschaftlich eingeschränkt.

E 5 Schutzmaßnahmen bei Instandsetzungsarbeiten

E 5.1 Allgemeines

Bei Instandsetzungsarbeiten mit Zündgefahren in explosionsgefährdeten Bereichen oder in Bereichen, in denen durch die Arbeiten gefährliche explosionsfähige Atmosphäre erst entstehen kann, sind Schutzmaßnahmen erforderlich.

Der Unternehmer oder sein Beauftragter haben Ort, Beginn, Dauer und Umfang der erforderlichen Schutzmaßnahmen in einer Arbeitsanweisung, in der Regel schriftlich, festzulegen und die Beschäftigten entsprechend zu unterweisen.

Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, wenn der Unternehmer oder sein Beauftragter sichergestellt hat, dass die Schutzmaßnahmen getroffen worden und wirksam sind. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen während der Dauer der Arbeiten ist zu überwachen. Der Unternehmer oder sein Beauftragter darf die festgelegten Schutzmaßnahmen erst aufheben, wenn die Instandsetzungsarbeiten abgeschlossen sind und keine Gefahren mehr bestehen.

Nach Abschluss der Instandsetzungsarbeiten ist sicherzustellen, dass vor Wiedereinbetriebnahme der für den Normalbetrieb erforderliche Explosionsschutz wieder wirksam ist.

E 5.2 Schutzmaßnahmen

Explosionsgefahren sind vor Beginn der Instandsetzungsarbeiten zu beseitigen. Das kann durch die in Abschnitt E 1^{*)} beschriebenen Maßnahmen erreicht werden, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken. Ist die Explosionsgefahr beseitigt und kann eine erneute Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre während der Arbeiten ausgeschlossen werden, sind weitere Schutzmaßnahmen nicht erforderlich.

Ist damit zu rechnen, dass während der Durchführung der Arbeiten die getroffenen Maßnahmen unwirksam werden (z.B. durch herandriftende gefährliche explosionsfähige Atmosphäre), so ist vor Beginn der Arbeiten dafür Vorsorge zu treffen, dass

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

in diesem Gefahrenfall rechtzeitig hinreichende Schutzmaßnahmen gegen die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch sofortiges Unwirksammachen aller Zündquellen getroffen werden. Dazu gehören z.B. die Aufstellung von Gaswarngeräten, die ein Versagen der Maßnahmen nach Absatz 1 erkennen lassen und/oder vorbereitende Maßnahmen zum Unwirksammachen aller Zündquellen, z.B. auch durch Unterbrechen der Arbeiten. Es ist sicherzustellen, dass bei Unwirksamwerden der Maßnahmen nach Absatz 1 eine für alle Beteiligten erkennbare Warnung ergeht, auf die hin unverzüglich alle Zündquellen unwirksam zu machen sind.

Lässt sich die Explosionsgefahr aus betriebstechnischen Gründen nicht beseitigen, ist also mit gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen, kann sie sich bilden oder kann sie sich z.B. durch Nachvergasung erneut bilden, müssen Maßnahmen gemäß Abschnitt E 2 getroffen werden, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern. Der Umfang dieser Schutzmaßnahmen ist auf die Wahrscheinlichkeit abzustimmen, mit der während der Instandsetzungsarbeiten mit Explosionsgefahr zu rechnen ist. Hierbei ist besonders auf die Wechselwirkung des Arbeitsbereichs mit der Umgebung zu achten. Gegebenenfalls sind Schutzmaßnahmen zu ergreifen, welche die Wirksamkeit von Zündquellen räumlich eingrenzen, z.B. Abdecken der Umgebung oder von Bodenöffnungen gegen die weitreichende Ausbreitung von Schweißperlen als Zündquellen insbesondere auch für Staubablagerungen.

Soweit in anderen Vorschriften Anforderungen für spezielle Fälle gestellt werden, bleiben diese Vorschriften unberührt. Andere Vorschriften sind z.B.:

- Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ExeV),
- Unfallverhütungsvorschrift "Grundsätze der Prävention" (BGV A1),
- BG-Regel "Grundsätze der Prävention" (BGR A1),
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 507 – "Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern",
- Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) 20 "Läger",
- Kapitel 2.26 "Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren" der BG-Regel "Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500)
- Kapitel 2.29 "Beschichtungsstoffe" der BG-Regel "Betreiben von Arbeitsmitteln" (BGR 500)
- Technische Regeln Druckbehälter (TRB) 610 "Druckbehälter – Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen",
- Technische Regeln Druckbehälter (TRB) 851 "Füllanlagen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehälter in Druckbehälter" (TRB 851),
- BG-Regel "Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen" (BGR 117-1).

E 6 Explosionsschutzdokument [103]

Der Unternehmer hat im Rahmen seiner Pflichten sicherzustellen, dass ein Explosionsschutzdokument erstellt und auf dem letzten Stand gehalten wird (BetrSichV § 6 (1)).

Aus dem Explosionsschutzdokument muss insbesondere hervorgehen:

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
- dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen (siehe Abschnitt E 1^{*)} – E 7),
- welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden und
- für welche Bereiche die Mindestvorschriften gemäß Anlage 2 gelten. [51, 103]

Bei der Erstellung des Explosionsschutzdokumentes kann auf vorhandene Gefährdungsbeurteilungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte zurückgegriffen werden, die aufgrund von Verpflichtungen nach anderen Rechtsvorschriften erstellt worden sind. Die Bewertung ist je nach Art

- der Tätigkeiten,
- der Arbeitsbedingungen und
- des Arbeitsplatzes

vorzunehmen.

Das Explosionsschutzdokument wird vor Aufnahme der Arbeit erstellt. Für Arbeitsmittel und -abläufe in explosionsgefährdeten Bereichen, die vor dem 03.10.2002 erstmalig bereitgestellt und eingeführt worden sind, hat der Arbeitgeber das Explosionsschutzdokument spätestens bis zum 31.12.2005 zu erstellen (vgl. § 27 BetrSichV). [51] Es ist zu überarbeiten, wenn wesentliche Änderungen bzw. Erweiterungen vorgenommen werden. Die Dokumentation zum Explosionsschutz kann Bestandteil einer allgemeinen Sicherheitsdokumentation sein. Sie kann auch in elektronischer Form (z.B. in Datenbanken) geführt werden.

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Beschäftigten hinsichtlich der möglichen Explosionsgefahren und der nach diesen Regeln ausgewählten Schutzmaßnahmen unterwiesen und die für die Sicherheit erforderlichen Betriebsanweisungen schriftlich festgelegt werden. Die Unterweisungen sind in angemessenen Zeitabständen zu wiederholen (BGR A1 § 7 (2)) und zu dokumentieren.

Explosionsgefährdete Bereiche sind an ihren Zugängen deutlich erkennbar und dauerhaft gemäß Abbildung zu kennzeichnen.

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.



Abbildung: Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre (BGV A8 Anlage 2 W21)

Beispiel für den Aufbau eines Explosionsschutzdokuments [48, 57]

Das Explosionsschutzdokument kann mit bereits vorhandenen Explosionsgefährdungsbeurteilungen, Dokumenten oder anderen gleichwertigen Berichten kombiniert werden.

- 1 **Angabe des Betriebes/Betriebsteils/Arbeitsbereichs**
z.B. Anlage, Lager, Gebäude, Arbeitsplatz
- 2 **Verantwortlicher für den Betrieb/Betriebsteil/Arbeitsbereich, Erstellungsdatum und Anhänge**
- 3 **Kurzbeschreibung der baulichen und geografischen Gegebenheiten**
z.B. Lageplan, Gebäudeplan, Aufstellungsplan, Gebäude- bzw. Anlagenlüftung
- 4 **Verfahrensbeschreibung – für den Explosionsschutz wesentliche Verfahrensparameter**
z.B. verfahrenstechnische Kurzbeschreibung, relevante Tätigkeiten (z.B. Probenahme), eingesetzte Stoffe, Einsatzmenge/Fördermenge, Verarbeitungszustand, Druck- und Temperaturbereich
- 5 **Stoffdaten**
Wesentliche sicherheitstechnische Kenngrößen zur Beurteilung der Explosionsgefahr, z.B. aus dem Sicherheitsdatenblatt oder anderen Kompendien wie z.B. CHEMSAFE [5], sicherheitstechnische Kenngrößen Bd. 1 und Bd. 2, GESTIS-STAU-EX [13]

bei brennbaren Flüssigkeiten/Gasen z.B.:

- Flammpunkt brennbarer Flüssigkeiten
- Untere und obere Explosionsgrenze
- Dichteverhältnis zu Luft
- Zündtemperatur (Temperaturklasse)
- Explosionsgruppe
- Sauerstoffgrenzkonzentration
- Dampfdruck brennbarer Flüssigkeiten

bei brennbaren Stäuben z.B.:

- Korngrößenverteilung (Medianwert)
- untere Explosionsgrenze

- Mindestzündenergie
- maximaler Explosionsdruck
- KSt-Wert
- Mindestzündtemperatur einer Staubwolke
- Mindestzündtemperatur einer Staubschicht
(bei 5 mm Staubschicht – Glühtemperatur)
- Sauerstoffgrenzkonzentration

6 **Gefährdungsbeurteilung**

siehe EX-RL Abschnitt D 2

6.1 **Kann im Bereich der zu beurteilenden Anlage oder im Inneren von Apparaturen explosionsfähige Atmosphäre auftreten?**

6.2 **Sind die zu erwartenden Mengen explosionsfähiger Atmosphäre aufgrund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefährdend?**

7 **Explosionsschutzmaßnahmen (Schutzkonzept)**

7.1 **Technische Schutzmaßnahmen**

- Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre nach EX-RL, Abschnitt E 1^{*)}),
- Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre nach EX-RL, Abschnitt E 2),
- Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz nach EX-RL, Abschnitt E 5),

7.2 **Zoneneinteilung**

Art, Ausdehnung und Dokumentation

7.2.1 **Inneres der Apparatur**

siehe Beispielsammlung nach EX-RL, Abschnitt F

7.2.2 **Umgebung der Apparatur**

siehe Beispielsammlung nach EX-RL, Abschnitt F

7.3 **Organisatorische Maßnahmen**

7.3.1 **Unterweisung der Arbeitnehmer**

siehe EX-RL, Anlage 2 Punkt 2.1

7.3.2 **Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben**

siehe EX-RL, Anlage 2 Punkt 2.2

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

7.3.3 Koordination

- Anforderungen an die Koordination und Abstimmung bezüglich der zu treffenden Schutzmaßnahmen,
- Einbeziehung von benachbarten Anlagen und des laufenden Betriebes,
- siehe auch § 6 BGV A1 und BGI 528.

7.3.4 Dichtigkeit der Anlage, Kontrollgänge, vorbeugende Instandhaltung

7.3.5 Prüfung von Einrichtungen der Prozessleittechnik

7.3.6 Beseitigung von Staubablagerungen

E 7 Organisatorische Maßnahmen

E 7.1 Einleitung

Die Explosionsschutz-Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre beinhalten vorrangig technische Explosionsschutzmaßnahmen. Organisatorische Maßnahmen werden in folgenden Abschnitten der EX-RL genannt:

- Auf Dauer technisch dichte Apparaturen in Kombination mit Maßnahmen der Instandhaltung und Überwachung (siehe auch E 1.3.2.1 b^{*)}),
- Prüfen der Apparatur auf Dichtheit (siehe auch E 1.3.3^{*)}),
- Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen (siehe auch E 1.5^{*)}),
- Schutzmaßnahmen bei Instandsetzung (siehe auch E 5).

Infolge der weiteren Umsetzung von EU-Richtlinien in nationales Recht – insbesondere durch die Neuordnung der Betriebs- und Anlagensicherheit durch die Betriebssicherheitsverordnung – wurden weitere organisatorische Maßnahmen im Explosionsschutz aufgenommen:

- Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes (siehe auch E 6),
- Unterweisung der Beschäftigten (siehe auch E 6, Punkt 7.3.1),
- Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben (siehe auch E 6, Punkt 7.3.2),
- Koordination (siehe auch E 6, Punkt 7.3.3),
- Prüfung der Explosionssicherheit der Arbeitsplätze (Anlage 2) vor Inbetriebnahme,
- wiederkehrende Prüfungen (E 7.6).

Die organisatorischen Maßnahmen ergänzen in bestimmten Fällen die vorhandenen technischen Maßnahmen im Explosionsschutz. Organisatorische Maßnahmen allein reichen im Explosionsschutz in der Regel nicht aus.

^{*)} Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt.

Hinweis: Beispiel für eine Ausnahme – Instandsetzungsarbeiten (E 5), bei denen durch Aufstellen von Gaswarngeräten der Arbeitsbereich in Bezug auf das Herandriften gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre überwacht wird. Wie dies im Einzelnen sicher durchgeführt wird, ist beispielsweise durch Betriebsanweisungen und/oder Freigabeschein detailliert festzulegen.

E 7.2 Unterrichtung/Unterweisung der Beschäftigten

Bei der Unterrichtung der Beschäftigten hat der Arbeitgeber die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, damit den Beschäftigten

- **angemessene Informationen, insbesondere zu den Explosionsgefahren, die sich aus den in ihrer unmittelbaren Arbeitsumgebung vorhandenen Arbeitsmitteln ergeben, auch wenn sie diese Arbeitsmittel nicht selbst benutzen und**
- **soweit erforderlich Betriebsanweisungen für die bei der Arbeit benutzten Arbeitsmittel**

in für sie verständlicher Form und Sprache stets zugänglich zur Verfügung stehen.

Bei der Unterweisung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, damit

- **die Beschäftigten, die Arbeitsmittel benutzen, eine angemessene Unterweisung insbesondere über die mit der Benutzung verbundenen Explosionsgefahren erhalten und**
- **die mit der Durchführung von Instandsetzung-, Wartungs-, Umbau-, Reinigungs- und sonstigen Arbeiten beauftragten Beschäftigten eine angemessene spezielle Unterweisung erhalten.**

Die Unterweisung ist inhaltlich zu protokollieren. Teilnehmer bestätigen durch Unterschrift die Teilnahme an der Unterweisung.

E 7.3 Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben

Die Beschäftigten haben nach ihren Möglichkeiten alle Maßnahmen zur Verhütung von Explosionen zu unterstützen und die entsprechenden Anweisungen des Unternehmers zu befolgen. Sie haben die zur Verfügung gestellten Arbeitsmittel zu benutzen und dürfen sicherheitswidrige Weisungen nicht befolgen.

E 7.4 Koordination

Bei Arbeiten von verschiedenen Gewerken ist eine gegenseitige Gefährdung einschließlich des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre zu unterstellen. Die Arbeiten sind so zu koordinieren, dass eine Gefährdung auszuschließen ist. Dafür ist ein Koordinator einzusetzen.

Hierzu siehe auch § 6 BGV A1, § 6 Abs. 4 BetrSichV und BGI 528.

Anlage 1

Literaturhinweise

Die nachfolgend genannte Literatur dient der weitergehenden Information des Benutzers der "EX-RL". Die Angabe im Literaturverzeichnis muss jedoch nicht bedeuten, dass der Fachausschuss "Chemie" sich mit dem Inhalt der Veröffentlichungen in vollem Umfang identifiziert.

Das Verzeichnis erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

- [1] Technische Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager
- [2] Sprengstoffgesetz vom 23. Juni 1998, Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 39.
- [3] Technische Regeln für brennbarer Flüssigkeiten.
- [4] Sicherheitstechnische Kenngrößen: Brandes, E., Möller, W.: Band 1 "Brennbare Flüssigkeiten und Gase"; Molnarne, M., Schendler, Th., Schröder, V.: Band 2 "Explosionsbereiche von Gasgemischen", Wirtschaftsverlag NW ISBN 3-89701-745-8 (Bd. 1); 3-89701-746-6 (Bd. 2).
- [5] Chemsafe: www.dechema.de.
- [6] Voigtsberger, P.: Chemische und physikalische Eigenschaften der Druckgase; sicherheitstechnische Folgerungen. Arbeitsschutz, Nr. 9, September 1971, S 233-237. Fachteil des Bundesarbeitsblattes.
- [7] Verordnung über das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten (Medizinprodukte-Betreiberverordnung – MPBetreibV) BGBl Teil I Nr. 42 vom 06. Juli 1998
Neufassung vom 21. August 2002 (BGBl. I S. 3396).
- [8] Gehm, K.-H., Schön, G.: Bestimmung der Explosionspunkte von brennbaren Flüssigkeiten – Obere Explosionspunkte von Vergaserkraftstoffen. Erdöl u. Kohle, 8 (1955), S. 419-424.
- [9] DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101): Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche; Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche.
- [10] Deutsch, S.: Verdunstung aus Flüssiggaslachen unter atmosphärischen Bedingungen, Dissertation Universität Dortmund, Shaker Verlag, 1995.
- [11] VDI-Richtlinie 3783-1-2: Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzen schwerer Gase und Sicherheitsanalyse, Beuth-Verlag, Berlin, 1990
VDI 3783 Blatt 1: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzen; Sicherheitsanalyse (1987)
VDI 3783 Blatt 2: Umweltmeteorologie; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzen schwerer Gase; Sicherheitsanalyse (1990).
- [12] DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären, Explosionsschutz; Grundlagen und Methodik.
- [13] GESTIS-STAU-EX, Datenbank "Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben" www.hvbg.de/d/bia/fac/expl/expl.htm

- (Beck, H. u.a.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, BIA-Report 12/97 Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, St. Augustin).
- [14] Welzel, M. M.: Entzündung von explosionsfähigen Dampf/Luft- und Gas/Luft-Gemischen durch kontinuierliche optische Strahlung, PTB-Report W-67, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (1996).
 - [15] Bothe, H., Cammenga, H.K., Welzel, M.M.: Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Proc. 9th Int. Symp., Barcelona, Spain, 2 (1998) S. 860-869.
 - [16] Welzel, M.M., Schenk, S., Hau, M., Cammenga, H.K., Bothe, H.: Einfluss des Brennstoff-Luft-Gemisches auf die minimale zündfähige Strahlungsleistung bei Strahlungsabsorption an einer Eisenoxidoberfläche, PTB-Mitteilungen 109 (1999) S. 64.
Welzel, M. M., Schenk, S., Hau, M., Cammenga, H. K., Bothe, H.: Ignition of combustible air mixtures by small radiatively heated surfaces, J. Haz. Mt., A 72 (2000) 1-9.
 - [17] Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
 - [18] Arbeitsschutzgesetz, Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (ArbSchG).
 - [19] Coward, H.F., Jones, G.W.: Limits of Flammability of Gases or Vapors. Bulletin 503, Bureau of Mines, 1952.
 - [20] Zabetakis, M.G.: Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors. Bulletin 627m, Bureau of Mines, 1964.
 - [21] Dechema-Werkstoff-Tabellen, Korrosionsverhalten von Werkstoffen. Erg.-Lieferung Nr. 40, Dezember 1998. Dechema e.V., Frankfurt a.M.
 - [22] Voigtsberger, P., Matzkuhn, G.: Untersuchungen über das Verhalten von Propan/Luft-Gemischen sowie von Propan und Stadtgas beim Ausströmen in Räume unter Erdgleiche. Arbeitsschutz – Fachteil des Bundesarbeitsblattes, Heft 11, 1968, S. 391-410.
 - [23] Schön, G., Degener, C.-H.: Untersuchungen über Brand- und Explosionsgefahren an Tiefdruckrotationsmaschinen – Empfehlung von Schutzmaßnahmen. Berufsgenossenschaft 1964, S. 304-308 und PTB-Mitt. 74 (1964) S. 132-133.
 - [24] Dyrba, B. C.: Vermeiden von Staubexplosionen und Staubbränden in der Fleischmehlindustrie. Sichere Chemiarbeit 02/1998, S. 190-194.
 - [25] Dyrba, B. C.: Sind explosionsfähige Gemische bei 100 mbar möglich? Sichere Chemiarbeit 02/1998, S. 23.

- [26] Förster, H., Hirsch, W., Hempel, D.: Brand- und Explosionsgefahr beim Versprühen von brennbaren Flüssigkeiten und von deren Gemengen mit Wasser. PTB Bericht-W-62, April 1995.
- [27] Jost, W., Wagner, H. Gg.: Der Verbrennungsvorgang in der Gasphase, Teil Ia im Handbuch der Raumexplosionen, H.H. Freytag. Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstraße, 1965.
- [28] Kaesche-Krischer, B., Wagner, H. Gg.: Zündung von Brennstoff/Luft-Gemischen an heißen Oberflächen. Brennstoff-Chemie 39 (1958) 33 ff.
- [29] DIN 51794: Prüfung von Mineralölkohlenwasserstoffen; Bestimmung der Zündtemperatur.
- [30] Pidoll, U., Krämer, H.: Vermeiden der Entzündung von Sprühnebeln handelsüblicher wasserverdünnbarer Lacke (Wasserlacke) beim Verarbeiten mit elektrostatischen Sprühanlagen und -einrichtungen. PTB-Bericht W-57, Februar 1994.
- [31] Hirsch, W., Hempel, D., Förster, H.: Untersuchungen zum Explosionsschutz beim Einsatz von Kühlschmierstoffen in Werkzeugmaschinen. PTB-Bericht: PTB-ThEx-2, September 1997.
- [32] EN 1755: Sicherheit von Flurförderzeugen, Einsätze in exgefährdeten Bereichen DIN EN 1755 Sicherheit von Flurförderzeugen; Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen; Verwendung in Bereichen mit brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben (2000).
- [33] Zockoll, C., Wiemann, W.: Heiße Oberflächen und Glimmnester als Zündquellen. VDI-Bericht-Nr. 1272, S. 161-182, 1996.
- [34] Barth, U.: Feststoffeintrag in inertisierte Produktionsanlagen. 5. INCOM-Explosionsschutz-Seminar: Teil 2 Explosionsschutz in der Praxis. 19. Oktober 1995.
- [35] Hempel, D.: Brand- und Explosionsgefahren bei der Warmlagerung von Bitumen. TÜ Bd. 40, Nr. 10, S. 11-16, 1999.
- [36] Adomeit, G.: Die Zündung brennbarer Gasgemische an umströmten heißen Körpern. Diss. 1961, TH Aachen.
- [37] VDI-Richtlinie 2263: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren-Beurteilung; Schutzmaßnahmen.
- [38] Germanischer Lloyd Richtlinien für Inertgasanlagen auf Tankschiffen. 1983, Hamburg.
- [39] VDMA-Einheitsblatt 24169, Teil 1: Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren. Richtlinien für Ventilatoren zur Förderung von brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel enthaltender Atmosphäre. Lufttechnische Anlagen; Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren; Richtlinien für Ventilatoren zur Förderung von brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel enthaltender Atmosphäre
- [40] VDMA-Einheitsblatt 24169, Teil 2: Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren. Richtlinien für Ventilatoren zur Förderung von brennbare Stäube ent-

haltender Atmosphäre.

Lufttechnische Anlagen; Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren; Richtlinien für Ventilatoren zur Förderung von brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebel enthaltender Atmosphäre

- [41] Frobese, D.-H., Förster, H.: Detonationsverläufe in verzweigten Rohrleitungen. Technische Überwachung, 31, Nr. 11, S. 489-495 (1990).
- [42] Ritter, K.: Die Zündwirksamkeit mechanisch erzeugter Funken gegenüber Gas/Luft- und Staub/Luft-Gemischen. Diss. TH Karlsruhe 1984.
- [43] DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1): Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche; Elektrische Anlagen für gefährdete Bereiche (2004).
- [44] Wintrich, H., Schön, G.: Explosionsschutz an Tauchpumpenaggregaten. 1. Teil Anforderungen, 2. Teil Erwärmungsmessungen. PTB-Mitt. 75 (1965), S. 348-352 u. S. 578-581.
- [45] Schütz, M.: Materialien des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen. Explosionsschutz bei der Lagerung brennbarer Flüssigkeiten – Entwicklungen und Erkenntnisse, Essen 1996. ISSN: 0947-5206.
- [46] Blob, A.K.: Praktische Erfahrungen bei der Zoneneinteilung, speziell bei der Abfüllung in Gebinden und Behältern. Sichere Chemiewerkarbeit. 02/2001, S. 18.
- [47] Voigtsberger, P.: Gasteknische Untersuchung an Industrieanlagen und Kraftfahrzeugmotoren. Arbeitsschutz – Fachteil des Bundesarbeitsblattes, Heft 3, 1968, S. 69-73.
- [48] NAMUR-Empfehlung: Explosionsschutzdokument NE 99. (NAMUR = Normenarbeitsgemeinschaft "Mess- und Regelungstechnik in der chemischen Industrie").
- [49] DIN EN 50281-1-2 (VDE 0165-2): Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub; Elektrische Betriebsmittel mit Schutz durch Gehäuse; Auswahl, Errichten und Instandhaltung.
- [50] Kloska, M.: Normung im Bereich des nichtelektrischen Explosionsschutzes. Ex-Zeitschrift Nr. 31, Mai 1999, S. 14-20.
- [51] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes, Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV.
- [52] Nabert, K., Schön, G.: Ausgleichsströme und ihre Zündgefahren Teil IIIb im Handbuch der Raumexplosionen. H.H. Freytag. Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstraße.
- [53] Zockoll, C.: Konzentration und Entzündbarkeit von Staubwolken beim Entladen von Schüttgütern, Staub-Reinhaltung der Luft 55 (1995) S. 321-327.
- [54] BG-Information "Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz – Einsatz und Betrieb" (BGI 518).

- [55] Richtlinien für den kathodischen Korrosionsschutz (KKS) von unterirdischen Tankanlagen und Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen (KKS-Richtlinie) TRbF 521, Ausgabe Februar 1984.
- [56] Richtlinien für Fernleitungen zum Befördern gefährdender Flüssigkeiten – TRFL.
- [57] Hesener, U., Blum, C., Barth, U., Dyrba, B.: Forschungsbericht: "Explosionsschutzmanagement für klein- und mittelständische Unternehmen der pharmazeutischen Produktion", DMT, Bochum, 06.02.2002.
- [58] VDE 0150/4.83: VDE-Bestimmung zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen
Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen (2005).
- [59] Schacke, H., Walther, C.D.: Avoidance of Ignition by Rendering Ignition Sources Ineffective – Experimental Study of the Ignition Energy Influenced by the Oxygen Content, Proceedings of the 9th International Symposium "Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries" in Barcelona, Vol. II, 890-901, Associazione d'Ingegneri Industriali de Catalunya and European Federation of Chemical Engineering, 1998.
- [60] BG-Regel "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen", Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, Bestell-Nr. BGR 132.
- [61] Sicherheitsregeln für Anforderungen an ortsfeste Sauerstoff-Warreinrichtungen für den Explosionsschutz. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, Bestell-Nr. ZH 1/180 wurde 2003 zurückgezogen.
- [62] DIN VDE 0848-5: Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Explosionsschutz.
- [63] Glamann, H.: Zur Frage der Alarmschwelle von Gaswarngeräten und Sauerstoffwarngeräten. Amts- u. Mitteilungsblatt BAM 16 (1986), Nr. 1, S. 14-18.
- [64] Hesener, U., Barth, U., Dyrba, B.: Erstellung von Explosionsschutzdokumenten anhand von Anlagenbeispielen der pharmazeutischen Industrie, Sichere Handhabung brennbarer Stäube, VDI-Bericht 1601, 2001.
- [65] NAMUR-Empfehlungen: Explosionsschutz von Analysegeräteräumen (NE 12), 1997 und Stellungnahme der NAMUR und des ZVEI zur Umsetzung der EG-Ex-Betriebsrichtlinie in nationales Recht (NE), 2001.
(NAMUR = Normenarbeitsgemeinschaft "Mess- und Regelungstechnik in der chemischen Industrie").
- [66] Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 507: Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern, Ausg. Juni 1996.
- [67] Unfallverhütungsvorschrift "Trockner für Beschichtungsstoffe" (BGV D24) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.
- [68] BG-Regel "Durchlauftrockner von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen" (BGR 107). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin.

- [69] "Grundsätze für die Prüfung der Funktionsfähigkeit nicht ortsfester Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz" (ZH 1/108.1) (1985). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin.
- [70] "Sicherheitsregeln für Anforderungen an Eigenschaften nicht ortsfester Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz" (ZH 1/108) (1983). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin.
- [71] Leuschke, G.: Licht- und Wärmestrahlung. Teil IIIh im Handbuch der Raumexplosionen, H.H. Freytag. Verlag Chemie GmbH., Weinheim/Bergstraße, 1965.
- [72] Leuschke, G.: Die Auslösung von Raumexplosionen durch Licht- und Wärmestrahlung. Moderne Unfallverhütung, Heft 9, 1964/65, S. 30-34.
- [73] Leuschke, G.: Gasexplosionen durch Einwirkung intensiver Lichtstrahlung in Gegenwart von Staubteilchen oder Folien. Arbeitsschutz, Heft 4, 1964, S. 94-97 – Fachteil des Bundesarbeitsblattes.
- [74] Beck, H. und Jeske, A.: Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellung, BIA-Report Nr. 4/82, 2/87 und 11/97. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (1982).
- [75] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (Strahlenschutzverordnung) vom 30.06.1989 (BGBl I, S. 1321), zuletzt geändert durch § 49 des Gesetzes vom 02.08.1994 (BGBl I, S. 1963).
- [76] Blob, A. K.: Untersuchungen zur Ausbreitung explosionsfähiger Atmosphäre. Interne Forschungsberichte der Bayer AG, 1999.
- [77] Voigtsberger, P., Conrad, D.: Sicherheitstechnische Untersuchungen an Hydraulikölen und Verdichterschmierstoffen. Die Berufsgenossenschaft, Heft 9, Sept. 1965, S. 329-333.
- [78] Hanel, H.: Über die Brand- und Explosionsgefahren in der Braunkohlenindustrie – Erkenntnisse und Probleme. Freiburger Forschungshefte A 382 (1966).
- [79] Bartknecht, W.: Explosionsschutz-Grundlagen und Anwendung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest. Springer 1993.
- [80] Voigtsberger, P.: Kupferacetylid als Zündquelle in Acetylenanlagen. Arbeitsschutz, Heft 8, S. 195-198, 1965 – Fachteil des Bundesarbeitsblattes.
- [81] Meyer, W.: Sonstige Zündquellen, Teil III im Handbuch der Raumexplosionen. H.H. Freytag. Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstraße, 1965.
- [82] Wirkner-Bott, I., Schumann, St., et al.: Auswirkungen von Staubexplosionen auf die Umgebung druckentlasteter Anlagenteile, BleV-R-40.040, November.
- [83] Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit.

- [84] Christill, M., Maurer, B., Leuckell, W., Jastro, R.: Sicherheitstechnische Beurteilung der Zündempfindlichkeit hybrider Gemische, Chem.-Ing.-Tech. 66, Nr. 8, S. 1091-1093, 1994
- [85] Verzeichnis der auf Funktionsfähigkeit geprüften Gaswarngeräten durch anerkannte nationale Prüfstellen, http://10.2.1.114/www_bgch/vorschriften.htm
- [86] nicht belegt.
- [87] nicht belegt.
- [88] nicht belegt.
- [89] Schampel, K., Steen, H.: Untersuchungen an Flammendurchschlagsicherungen für eine thermische Nachverbrennungsanlage. PTB-Bericht W 12 (1978).
- [90] Schampel, K., Steen, H.: Explosionsschutz an Anlagen zur Verbrennung explosionsfähiger Abluft. Gas-Wärme-international 27 (1978), H. 11, S. 629-635.
- [91] Degener, C.-H., Pawel, D.: Explosionsschutz an Beschichtungsanlagen für die Papierverarbeitung. PTB-Mitt. 91 (1981), S. 358-367.
- [92] Steen, H., Redeker, T.: Explosionsgefahren beim Umgang mit Halogenkohlenwasserstoffen und deren Gemischen mit brennbaren Flüssigkeiten. Chemie-Ingenieur-Technik 47 (1975), Nr. 6, S. 263, (Synopsis und Mikrofiche).
- [93] Strese, G.: Vergleichsmessungen zur Bestimmung der Zündtemperatur an Glas- und korrodierten Metalloberflächen. Arbeitsschutz – Fachteil des Bundesarbeitsblattes – (1965) Heft 12, S. 331-333.
- [94] VDI-Richtlinie 3673 Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen.
- [95] Faber, M.: Wirksamkeit von Explosionsdruckentlastungseinrichtungen. VDI-Bericht-Nr. 1272, S. 483-492, 1996.
- [96] Frobese, D.-H., Förster, H.: Detonationsverläufe in verzweigten Rohrleitungen. Technische Überwachung, 31, Nr. 11, S. 489-495, 1990.
- [97] DIN EN 60601-1 (VDE 0750-1): Medizinische elektrische Geräte; Allgemeine Festlegungen für die Sicherheit.
- [98] VDE 0107: Bestimmungen für das Errichten und Instandsetzen elektrischer Anlagen in medizinisch genutzten Räumen.
- [99] DIN EN 50073 (VDE 0400-6): Leitfaden für Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Detektion und die Messung von brennbaren Gasen oder Sauerstoff.
- [100] Behrend, E., Ludwig, J.: Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase. BAM-Forschungsber. Nr. 63 (Dez. 1979).
- [101] Köhler, B.: Explosionsschutz unter Einbeziehung von Gaskonzentrationsüberwachungsanlagen. TÜ Bd. 40, Nr. 10, S. 11-16, 1999.
- [102] Explosionsschutzverordnung – 11. GPSGV vom 12.12.1996.

- [103] Richtlinie 1999/92/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können vom 16.12.1999.
- [104] Barth, U., Siwek, R., Kubainsky, C., Suter, G.: Staubexplosionsschutz für kleine Mahlanlagen. VDI-Berichte Nr. 1272, 1996, S. 493-510.
- [105] Frobese, D.-H.: Dämpferrückgewinnungsanlagen für Ottokraftstoffe in Deutschland – Verfahrenstechnik aus der Sicht des Explosionsschutzes. Chem.-Ing.-Tech. 71, Nr. 1-2, S. 62-71 (1999).
- [106] Vogl, A.: Wie wirksam sind Entlastungsschlote? Internationales Symposium zum Staubexplosionsschutz in Antwerpen, September 1989, FSA, Mannheim.
- [107] Köhler: Arbeitsschutz aktuell, 1998, 2, S. 45-50.
- [108] Brozestek, E., Krämer, H.: Entzündung explosionsfähiger Gemische durch elektrische Funken. 5. Kolloquium über Fragen der chemischen Sicherheitstechnik (Herausgeber: H. Stehen), S. 65-82, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin 1990.
- [109] Krämer, H.: Mindestzündenergie schwerbrennbarer Chlorkohlenwasserstoffe. Bericht PTB-W-35, Braunschweig Februar 1988, ISBN 3-89429-225-3, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.
- [110] Pidoll, U. V., Krämer, H.: Vermeidung der Entzündung pulverförmiger Sprühstoffe (Pulverlacke) beim elektrostatischen Pulverbeschichten. Bericht PTB-W-50, Braunschweig Juli 1992, ISBN 3-89429-225-3, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.
- [111] ESCIS Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz, Schriftenreihe Sicherheit, Inertisierung, Heft 3, 1992, 2. überarbeitete Auflage.
- [112] Dietlen, S.: Ermittlung der Mindestzündenergie von Gasen und Dämpfen in Mischung mit Luft. Amts- und Mitteilungsblatt BAM 4 (1974), H. 2, S. 55-59.
- [113] Dietlen, S.: Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft. BAM-Bericht Nr. 42 (Oktober 1976).
- [114] Walther, C D., Schacke, H.: Evaluation of Dust Explosion Characteristics at Reduces and Elevated Initial Pressures. 5th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries 1986, Vol. 11, P18, European Federation of Chemical Engineering, Societe de Chimie Industrielle, Paris.
- [115] Grewer, Th., Schocke, H.: Oxidations- und Zersetzungsreaktionen in Staubschüttungen. VDI-Berichte Nr. 494, 145, VDI-Verlag Düsseldorf 1984.
- [116] Gosda, G., Oelmeyer, R., Schocke, H., Walter, CD.: Hot Pipelines – Ignition Sources or not? 6th International Symposium "Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries" June 19-22, 1989, Oslo, Norway, Proceedings of the 6th International Symposium "Loss Prevention and Safety Promotion in the

Process Industries", Val. IV, 13-1 to 13-19, Norwegian Society of Chartered Engineers, European Federation of Chemical Engineering, Oslo, 1989.

- [117] Schacke, H.: Explosionsschutz in Grenzfällen. DECHEMA Jahrestagung, Frankfurt/Main, 01.06.1990 und Technische Jahreskonferenz der BG Chemie, Nürnberg, 21 bis 23.05.1990.
- [118] Schacke, H.; Viard, R.: Explosion Prevention and Protection, in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, plant and Process Safety, Ed. By V. Pilz, Val. B 8, 367, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim 1995.
- [119] Molter, E.: Hot stuffing Boxes-Ignition Source for Fire and Explosion? Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Volume I, 1995 Elsevier Science B.V.
- [120] Hempel, D., Hirsch, W., Kutzer, H.-J.: Explosionsgefährdung Binnentankschiffe – Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, PTB, Januar 2000.
- [121] Dyrba, B.: Explosionsgefahr durch mobile Funkgeräte? Sichere Chemiearbeit 08/1995, S. 90.
- [122] Dyrba, B. c.: Einsatz von Armbanduhren, Hörgeräten, Taschenrechnern und Mobilfunkgeräten in Ex-Bereichen der Zonen 1 und 2, Sichere Chemiearbeit 10/1994, S. 117.
- [123] VDI/VDE-Richtlinie 2180: Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik (PLT), Blatt 1 - Blatt 5, Dezember 1998.
- [124] <http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/guide/ann4.pdf>
- [125] Brandes, E., Pawel, Do, Alpers, J, Scheffler, J: Sicherheitstechnische Kenngrößen bei reduzierten Ausgangsdrücken, 8. Koll. Fragen der chemischen und physikalischen Sicherheitstechnik, Berlin, 1999.

Verordnung über Sicherheit und Gesundheits-
schutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln
und deren Benutzung bei der Arbeit, über Si-
cherheit beim Betrieb überwachungsbedürf-
tiger Anlagen und über die Organisation des
betrieblichen Arbeitsschutzes

BetrSichV

Betriebssicherheits- verordnung

Ausgabe September 2002
Stand März 2007



BGM

Berufsgenossenschaft
Metall Nord Süd

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777);

geändert durch

- Artikel 306 der Achten Zuständigkeitsanpassungsverordnung vom 25. November 2003 (BGBl. I S. 2304)
- Artikel 22 des Gesetzes zur Neuordnung der Sicherheit von technischen Arbeitsmitteln und Verbraucherprodukten vom 6. Januar 2004 (BGBl. I S. 2)
- Artikel 9 der Verordnung zur Anpassung der Gefahrstoffverordnung an die EG-Richtlinie 98/24/EG und andere EG-Richtlinien vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758)
- Artikel 88 des Gesetzes zur Umbenennung des Bundesgrenzschutzes in Bundespolizei vom 21. Juni 2005 (BGBl. I S. 1818)
- Artikel 3 des Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2003/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2003 zur Änderung der Richtlinie 96/82/EG des Rates zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1865)
- Artikel 3 Absatz 42 des Zweiten Gesetzes zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrecht vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970)
- Artikel 439 der Neunten Zuständigkeitsanpassungsverordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407)
- Artikel 5 der Verordnung zur Umsetzung der EG-Richtlinien 2002/44/EG und 2003/10/EG zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261)

Inhaltsübersicht

Abschnitt 1 – Allgemeine Vorschriften

§ 1	Anwendungsbereich	174
§ 2	Begriffsbestimmungen	176

Abschnitt 2 – Gemeinsame Vorschriften für Arbeitsmittel

§ 3	Gefährdungsbeurteilung	178
§ 4	Anforderungen an die Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel	179
§ 5	Explosionsgefährdete Bereiche	180
§ 6	Explosionsschutzdokument	180
§ 7	Anforderungen an die Beschaffenheit der Arbeitsmittel	181
§ 8	Sonstige Schutzmaßnahmen	181
§ 9	Unterrichtung und Unterweisung	182
§ 10	Prüfung der Arbeitsmittel	182
§ 11	Aufzeichnungen	183

Abschnitt 3 – Besondere Vorschriften für überwachungsbedürftige Anlagen

§ 12	Betrieb	183
§ 13	Erlaubnisvorbehalt	184
§ 14	Prüfung vor Inbetriebnahme	185
§ 15	Wiederkehrende Prüfungen	188
§ 16	Angeordnete außerordentliche Prüfung	192
§ 17	Prüfung besonderer Druckgeräte	193
§ 18	Unfall- und Schadensanzeige	193
§ 19	Prüfbescheinigungen	193
§ 20	Mängelanzeige	194
§ 21	Zugelassene Überwachungsstellen	194
§ 22	Aufsichtsbehörden für überwachungsbedürftige Anlagen des Bundes	195
§ 23	Innerbetrieblicher Einsatz ortsbeweglicher Druckgeräte	195

Abschnitt 4 – Gemeinsame Vorschriften, Schlussvorschriften

§ 24	Ausschuss für Betriebssicherheit	196
§ 25	Ordnungswidrigkeiten	197
§ 26	Straftaten	198
§ 27	Übergangsvorschriften	198

Anhang 1:	Mindestvorschriften für Arbeitsmittel gemäß § 7 Abs. 1 Nr. 2	199
Anhang 2:	Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Benutzung von Arbeitsmitteln	207
Anhang 3:	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche	216
Anhang 4:	A. Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten, die durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können	217
	B. Kriterien für die Auswahl von Geräten und Schutzsystemen	219
Anhang 5:	Prüfung besonderer Druckgeräte nach § 17	220

Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV

Abschnitt 1

Allgemeine Vorschriften

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt für die Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch Arbeitgeber sowie für die Benutzung von Arbeitsmitteln durch Beschäftigte bei der Arbeit.

(2) Diese Verordnung gilt auch für überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne des § Abs. 7 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes, soweit es sich handelt um

1. a) Dampfkesselanlagen,
b) Druckbehälteranlagen außer Dampfkesseln,
c) Füllanlagen,
d) Leitungen unter innerem Überdruck für entzündliche, leichtentzündliche, hochentzündliche, ätzende, giftige oder sehr giftige Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten,
die
aa) Druckgeräte im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte (ABl. EG Nr. L 181 S. 1) mit Ausnahme der Druckgeräte im Sinne des Artikels 3 Abs. 3 dieser Richtlinie,
bb) innerbetrieblich eingesetzte ortsbewegliche Druckgeräte im Sinne des Artikels 1 Abs. 3 Nr. 3.19 der Richtlinie 97/23/EG oder
cc) einfache Druckbehälter im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 87/404/EWG des Rates vom 25. Juni 1987 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für einfache Druckbehälter (ABl. EG Nr. L 220 S. 48), geändert durch Richtlinie 90/488/EWG des Rates vom 17. September 1990 (ABl. EG Nr. L 270 S. 25) und Richtlinie 93/68/EWG des Rates vom 22. Juli 1993 (ABl. EG Nr. L 220 S. 1), mit Ausnahme von einfachen Druckbehältern mit einem Druckinhaltsprodukt von nicht mehr als 50 bar × Liter,
sind oder beinhalten,
2. Aufzugsanlagen, die
a) Aufzüge im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 95/16/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Juni 1995 zur Angleichung der

Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aufzüge (ABl. EG Nr. L 213 S. 1),

- b) Maschinen im Sinne des Anhangs IV Buchstabe A Nr. 16 der Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen (ABl. EG Nr. L 207 S. 1), soweit die Anlagen ortsfest und dauerhaft montiert, installiert und betrieben werden, mit Ausnahme folgender Anlagen
 - aa) Schiffshebewerke,
 - bb) Geräte und Anlagen zur Regalbedienung,
 - cc) Fahrtreppen und Fahrsteige,
 - dd) Schrägbahnen, ausgenommen Schrägaufzüge,
 - ee) handbetriebene Aufzugsanlagen,
 - ff) Fördereinrichtungen, die mit Kranen fest verbunden und zur Beförderung der Kranführer bestimmt sind,
 - gg) versenkbare Steuerhäuser auf Binnenschiffen,
 - c) Personen-Umlaufaufzüge,
 - d) Bauaufzüge mit Personenbeförderung oder
 - e) Mühlen-Bremsfahrstühle
- sind,
- 3. Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, die Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ABl. EG Nr. L 100 S. 1) sind oder beinhalten, und
 - 4. a) Lageranlagen mit einem Gesamtrauminhalt von mehr als 10.000 Litern,
 - b) Füllstellen mit einer Umschlagkapazität von mehr als 1.000 Litern je Stunde,
 - c) Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen sowie
 - d) Entleerstellen mit einer Umschlagkapazität von mehr als 1.000 Litern je Stunde,
- soweit entzündliche, leichtentzündliche oder hochentzündliche Flüssigkeiten gelagert oder abgefüllt werden.

Diese Verordnung gilt ferner für Einrichtungen, die für den sicheren Betrieb der in Satz 1 genannten Anlagen erforderlich sind. Die Vorschriften des Abschnitts 2 finden auf die in den Sätzen 1 und 2 genannten Anlagen und Einrichtungen nur Anwendung, soweit diese

von einem Arbeitgeber bereitgestellt und von Beschäftigten bei der Arbeit benutzt werden.

(3) Die Vorschriften des Abschnitts 3 dieser Verordnung gelten nicht für Füllanlagen, die Energieanlagen im Sinne des § 3 Nr. 15 des Energiewirtschaftsgesetzes sind und auf dem Betriebsgelände von Unternehmen der öffentlichen Gasversorgung von diesen errichtet und betrieben werden.

(4) Diese Verordnung gilt nicht in Betrieben, die dem Bundesberggesetz unterliegen, auf Seeschiffen unter fremder Flagge und auf Seeschiffen, für die das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung nach § 10 des Flaggenrechtsgesetzes die Befugnis zur Führung der Bundesflagge lediglich für die erste Überführungsreise in einen anderen Hafen verliehen hat. Mit Ausnahme von Rohrleitungen gelten abweichend von Satz 1 die Vorschriften des Abschnitts 3 dieser Verordnung für überwachungsbedürftige Anlagen in Tagesanlagen der Unternehmen des Bergwesens.

(5) Immissionsschutzrechtliche Vorschriften des Bundes und der Länder sowie verkehrsrechtliche Vorschriften des Bundes bleiben unberührt, soweit sie Anforderungen enthalten, die über die Vorschriften dieser Verordnung hinausgehen. Atomrechtliche Vorschriften des Bundes und der Länder bleiben unberührt, soweit in ihnen weiter gehende oder andere Anforderungen gestellt oder zugelassen werden.

(6) Das Bundesministerium der Verteidigung kann für Arbeitsmittel und überwachungsbedürftige Anlagen, die dieser Verordnung unterliegen, Ausnahmen von den Vorschriften dieser Verordnung zulassen, wenn zwingende Gründe der Verteidigung oder die Erfüllung zwischenstaatlicher Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland dies erfordern und die Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist.

§ 2 Begriffsbestimmungen

(1) **Arbeitsmittel** im Sinne dieser Verordnung sind Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen. Anlagen im Sinne von Satz 1 setzen sich aus mehreren Funktionseinheiten zusammen, die zueinander in Wechselwirkung stehen und deren sicherer Betrieb wesentlich von diesen Wechselwirkungen bestimmt wird; hierzu gehören insbesondere überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 2 Abs. 7 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes.

(2) **Bereitstellung** im Sinne dieser Verordnung umfasst alle Maßnahmen, die der Arbeitgeber zu treffen hat, damit den Beschäftigten nur der Verordnung entsprechende Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden können. Bereitstellung im Sinne von Satz 1 umfasst auch Montagearbeiten, wie den Zusammenbau eines Arbeitsmittels einschließlich der für die sichere Benutzung erforderlichen Installationsarbeiten.

(3) **Benutzung** im Sinne dieser Verordnung umfasst alle ein Arbeitsmittel betreffenden Maßnahmen wie Erprobung, Ingangsetzen, Stillsetzen, Gebrauch, Instandsetzung und Wartung, Prüfung, Sicherheitsmaßnahmen bei Betriebsstörung, Um- und Abbau und Transport.

(4) **Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen** im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 umfasst die Prüfung durch zugelassene Überwachungsstellen oder befähigte Personen und die Benutzung nach Absatz 3 ohne Erprobung vor erstmaliger Inbetriebnahme, Abbau und Transport.

(5) **Änderung einer überwachungsbedürftigen Anlage** im Sinne dieser Verordnung ist jede Maßnahme, bei der die Sicherheit der Anlage beeinflusst wird. Als Änderung gilt auch jede Instandsetzung, welche die Sicherheit der Anlage beeinflusst.

(6) **Wesentliche Veränderung einer überwachungsbedürftigen Anlage** im Sinne dieser Verordnung ist jede Änderung, welche die überwachungsbedürftige Anlage soweit verändert, dass sie in den Sicherheitsmerkmalen einer neuen Anlage entspricht.

(7) **Befähigte Person** im Sinne dieser Verordnung ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt.

(8) **Explosionsfähige Atmosphäre** im Sinne dieser Verordnung ist ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

(9) **Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre** ist eine explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefahrenrohende Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer oder Anderen erforderlich werden.

(10) **Explosionsgefährdeter Bereich** im Sinne dieser Verordnung ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich.

(11) **Lageranlagen** im Sinne dieser Verordnung sind Räume oder Bereiche, ausgenommen Tankstellen, in Gebäuden oder im Freien, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen entzündliche, leichtentzündliche oder hochentzündliche Flüssigkeiten in ortsfesten oder ortsbeweglichen Behältern gelagert werden.

(12) **Füllanlagen** im Sinne dieser Verordnung sind

1. Anlagen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Druckbehälter zum Lagern von Gasen mit Druckgasen aus ortsbeweglichen Druckgeräten befüllt werden,
2. Anlagen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen ortsbewegliche Druckgeräte mit Druckgasen befüllt werden, und
3. Anlagen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Land-, Wasser- oder Luftfahrzeuge mit Druckgasen befüllt werden.

(13) **Füllstellen** im Sinne dieser Verordnung sind ortsfeste Anlagen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Transportbehälter mit entzündlichen, leichtentzündlichen oder hochentzündlichen Flüssigkeiten befüllt werden.

(14) **Tankstellen** im Sinne dieser Verordnung sind ortsfeste Anlagen, die der Versorgung von Land-, Wasser- und Luftfahrzeugen mit entzündlichen, leichtentzündlichen oder hochentzündlichen Flüssigkeiten dienen, einschließlich der Lager- und Vorratsbehälter.

(15) **Flugfeldbetankungsanlagen** im Sinne dieser Verordnung sind Anlagen oder Bereiche auf Flugfeldern, in denen Kraftstoffbehälter von Luftfahrzeugen aus Hydrantenanlagen oder Flugfeldtankwagen befüllt werden.

(16) **Entleerstellen** im Sinne dieser Verordnung sind Anlagen oder Bereiche, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen mit entzündlichen, leichtentzündlichen oder hochentzündlichen Flüssigkeiten gefüllte Transportbehälter entleert werden.

(17) **Personen-Umlaufaufzüge** im Sinne dieser Verordnung sind Aufzugsanlagen, die ausschließlich dazu bestimmt sind, Personen zu befördern, und die so eingerichtet sind, dass Fahrkörbe an zwei endlosen Ketten aufgehängt sind und während des Betriebs ununterbrochen umlaufend bewegt werden.

(18) **Bauaufzüge mit Personenbeförderung** im Sinne dieser Verordnung sind auf Baustellen vorübergehend errichtete Aufzugsanlagen, die dazu bestimmt sind, Personen und Güter zu befördern, und deren Förderhöhe und Haltestellenzahl dem Baufortschritt angepasst werden kann.

(19) **Mühlen-Bremsfahrstühle** im Sinne dieser Verordnung sind Aufzugsanlagen, die dazu bestimmt sind, Güter oder Personen zu befördern, die von demjenigen beschäftigt werden, der die Anlage betreibt; bei Mühlen-Bremsfahrstühlen erfolgt der Antrieb über eine Aufwickeltrommel, die über ein vom Lastaufnahmemittel zu betätigendes Steuerseil für die Aufwärtsfahrt an eine laufende Friktionsscheibe gedrückt und für die Abwärtsfahrt von einem Bremsklotz abgehoben wird.

Abschnitt 2

Gemeinsame Vorschriften für Arbeitsmittel

§ 3 Gefährdungsbeurteilung

(1) Der Arbeitgeber hat bei der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes unter Berücksichtigung der Anhänge 1 bis 5, des § 7 der Gefahrstoffverordnung und der allgemeinen Grundsätze des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln. Dabei hat er insbesondere die Gefährdungen zu berücksichtigen, die mit der Benutzung des Arbeitsmittels selbst verbunden sind und die am Arbeitsplatz durch Wechsel-

wirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung hervorgerufen werden.

(2) Kann nach den Bestimmungen der §§ 7 und 12 der Gefahrstoffverordnung die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen

1. die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären,
2. die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
3. das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen.

(3) Für Arbeitsmittel sind insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln. Ferner hat der Arbeitgeber die notwendigen Voraussetzungen zu ermitteln und festzulegen, welche die Personen erfüllen müssen, die von ihm mit der Prüfung oder Erprobung von Arbeitsmitteln zu beauftragen sind.

§ 4 Anforderungen an die Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel

(1) Der Arbeitgeber hat die nach den allgemeinen Grundsätzen des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit den Beschäftigten nur Arbeitsmittel bereitgestellt werden, die für die am Arbeitsplatz gegebenen Bedingungen geeignet sind und bei deren bestimmungsgemäßer Benutzung Sicherheit und Gesundheitsschutz gewährleistet sind. Ist es nicht möglich, demgemäß Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten in vollem Umfang zu gewährleisten, hat der Arbeitgeber geeignete Maßnahmen zu treffen, um eine Gefährdung so gering wie möglich zu halten. Die Sätze 1 und 2 gelten entsprechend für die Montage von Arbeitsmitteln, deren Sicherheit vom Zusammenbau abhängt.

(2) Bei den Maßnahmen nach Absatz 1 sind die vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelten und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt veröffentlichten Regeln und Erkenntnisse zu berücksichtigen. Die Maßnahmen müssen dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 und dem Stand der Technik entsprechen.

(3) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel nur benutzt werden, wenn sie gemäß den Bestimmungen dieser Verordnung für die vorgesehene Verwendung geeignet sind.

(4) Bei der Festlegung der Maßnahmen nach den Absätzen 1 und 2 sind für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln auch die ergonomischen Zusammenhänge zwischen Arbeitsplatz, Arbeitsmittel, Arbeitsorganisation, Arbeitsablauf und Arbeitsaufgabe zu berücksichtigen; dies gilt insbesondere für die Körperhaltung, die Beschäftigte bei der Benutzung der Arbeitsmittel einnehmen müssen.

§ 5 Explosionsgefährdete Bereiche

(1) Der Arbeitgeber hat explosionsgefährdete Bereiche im Sinne von § 2 Abs. 10 entsprechend **Anhang 3** unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung gemäß § 3 in Zonen einzuteilen.

(2) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Mindestvorschriften des **Anhangs 4** angewendet werden.

§ 6 Explosionsschutzdokument

(1) Der Arbeitgeber hat unabhängig von der Zahl der Beschäftigten im Rahmen seiner Pflichten nach § 3 sicherzustellen, dass ein Dokument (Explosionsschutzdokument) erstellt und auf dem letzten Stand gehalten wird.

(2) Aus dem Explosionsschutzdokument muss insbesondere hervorgehen,

1. dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
2. dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen,
3. welche Bereiche entsprechend **Anhang 3** in Zonen eingeteilt wurden, und
4. für welche Bereiche die Mindestvorschriften gemäß **Anhang 4** gelten.

(3) Das Explosionsschutzdokument ist vor Aufnahme der Arbeit zu erstellen. Es ist zu überarbeiten, wenn Veränderungen, Erweiterungen oder Umgestaltungen der Arbeitsmittel oder des Arbeitsablaufes vorgenommen werden.

(4) Unbeschadet der Einzelverantwortung jedes Arbeitgebers nach dem Arbeitsschutzgesetz und den §§ 7 und 12 der Gefahrstoffverordnung koordiniert der Arbeitgeber, der die Verantwortung für die Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel trägt, die Durchführung aller die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten betreffenden Maßnahmen und macht in seinem Explosionsschutzdokument genauere Angaben über das Ziel, die Maßnahmen und die Bedingungen der Durchführung dieser Koordinierung.

(5) Bei der Erfüllung der Verpflichtungen nach Absatz 1 können auch vorhandene Gefährdungsbeurteilungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte verwendet werden, die auf Grund von Verpflichtungen nach anderen Rechtsvorschriften erstellt worden sind.

§ 7 Anforderungen an die Beschaffenheit der Arbeitsmittel

- (1) Der Arbeitgeber darf den Beschäftigten erstmalig nur Arbeitsmittel bereitstellen, die
1. solchen Rechtsvorschriften entsprechen, durch die Gemeinschaftsrichtlinien in deutsches Recht umgesetzt werden, oder,
 2. wenn solche Rechtsvorschriften keine Anwendung finden, den sonstigen Rechtsvorschriften entsprechen, mindestens jedoch den Vorschriften des **Anhangs 1**.
- (2) Arbeitsmittel, die den Beschäftigten vor dem 3. Oktober 2002 erstmalig bereitgestellt worden sind, müssen
1. den im Zeitpunkt der erstmaligen Bereitstellung geltenden Rechtsvorschriften entsprechen, durch die Gemeinschaftsrichtlinien in deutsches Recht umgesetzt worden sind, oder,
 2. wenn solche Rechtsvorschriften keine Anwendung finden, den im Zeitpunkt der erstmaligen Bereitstellung geltenden sonstigen Rechtsvorschriften entsprechen, mindestens jedoch den Anforderungen des **Anhangs 1** Nr. 1 und 2.
- Unbeschadet des Satzes 1 müssen die besonderen Arbeitsmittel nach **Anhang 1** Nr. 3 spätestens am 1. Dezember 2002 mindestens den Vorschriften des **Anhangs 1** Nr. 3 entsprechen.
- (3) Arbeitsmittel zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen müssen den Anforderungen des **Anhangs 4** Abschnitt A und B entsprechen, wenn sie nach dem 30. Juni 2003 erstmalig im Unternehmen den Beschäftigten bereitgestellt werden.
- (4) Arbeitsmittel zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen müssen ab dem 30. Juni 2003 den in **Anhang 4** Abschnitt A aufgeführten Mindestvorschriften entsprechen, wenn sie vor diesem Zeitpunkt bereits verwendet oder erstmalig im Unternehmen den Beschäftigten bereitgestellt worden sind und
1. keine Rechtsvorschriften anwendbar sind, durch die andere Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften als die Richtlinie 1999/92/EG in nationales Recht umgesetzt werden, oder
 2. solche Rechtsvorschriften nur teilweise anwendbar sind.
- (5) Der Arbeitgeber hat die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit die Arbeitsmittel während der gesamten Benutzungsdauer den Anforderungen der Absätze 1 bis 4 entsprechen.

§ 8 Sonstige Schutzmaßnahmen

Ist die Benutzung eines Arbeitsmittels mit einer besonderen Gefährdung für die Sicherheit oder Gesundheit der Beschäftigten verbunden, hat der Arbeitgeber die erforder-

lichen Maßnahmen zu treffen, damit die Benutzung des Arbeitsmittels den hierzu beauftragten Beschäftigten vorbehalten bleibt.

§ 9 Unterrichtung und Unterweisung

(1) Bei der Unterrichtung der Beschäftigten nach § 81 des Betriebsverfassungsgesetzes und § 14 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, damit den Beschäftigten

1. angemessene Informationen, insbesondere zu den sie betreffenden Gefahren, die sich aus den in ihrer unmittelbaren Arbeitsumgebung vorhandenen Arbeitsmitteln ergeben, auch wenn sie diese Arbeitsmittel nicht selbst benutzen, und
2. soweit erforderlich, Betriebsanweisungen für die bei der Arbeit benutzten Arbeitsmittel

in für sie verständlicher Form und Sprache zur Verfügung stehen. Die Betriebsanweisungen müssen mindestens Angaben über die Einsatzbedingungen, über absehbare Betriebsstörungen und über die bezüglich der Benutzung des Arbeitsmittels vorliegenden Erfahrungen enthalten.

(2) Bei der Unterweisung nach § 12 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, damit

1. die Beschäftigten, die Arbeitsmittel benutzen, eine angemessene Unterweisung insbesondere über die mit der Benutzung verbundenen Gefahren erhalten und
2. die mit der Durchführung von Instandsetzungs-, Wartungs- und Umbauarbeiten beauftragten Beschäftigten eine angemessene spezielle Unterweisung erhalten.

§ 10 Prüfung der Arbeitsmittel

(1) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Arbeitsmittel, deren Sicherheit von den Montagebedingungen abhängt, nach der Montage und vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach jeder Montage auf einer neuen Baustelle oder an einem neuen Standort geprüft werden. Die Prüfung hat den Zweck, sich von der ordnungsgemäßen Montage und der sicheren Funktion dieser Arbeitsmittel zu überzeugen. Die Prüfung darf nur von hierzu befähigten Personen durchgeführt werden.

(2) Unterliegen Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen, die zu gefährlichen Situationen führen können, hat der Arbeitgeber die Arbeitsmittel entsprechend den nach § 3 Abs. 3 ermittelten Fristen durch hierzu befähigte Personen überprüfen und erforderlichenfalls erproben zu lassen. Der Arbeitgeber hat Arbeitsmittel einer außerordentlichen Überprüfung durch hierzu befähigte Personen unverzüglich zu unterziehen, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben, die schädigende Auswirkungen auf die Si-

cherheit des Arbeitsmittels haben können. Außergewöhnliche Ereignisse im Sinne des Satzes 2 können insbesondere Unfälle, Veränderungen an den Arbeitsmitteln, längere Zeiträume der Nichtbenutzung der Arbeitsmittel, oder Naturereignisse sein. Die Maßnahmen nach den Sätzen 1 und 2 sind mit dem Ziel durchzuführen, Schäden rechtzeitig zu entdecken und zu beheben sowie die Einhaltung des sicheren Betriebs zu gewährleisten.

(3) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel nach Instandsetzungsarbeiten, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können, durch befähigte Personen auf ihren sicheren Betrieb geprüft werden.

(4) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Prüfungen auch den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 genügen.

§ 11 Aufzeichnungen

Der Arbeitgeber hat die Ergebnisse der Prüfungen nach § 10 aufzuzeichnen. Die zuständige Behörde kann verlangen, dass ihr diese Aufzeichnungen auch am Betriebsort zur Verfügung gestellt werden. Die Aufzeichnungen sind über einen angemessenen Zeitraum aufzubewahren, mindestens bis zur nächsten Prüfung. Werden Arbeitsmittel, die § 10 Abs. 1 und 2 unterliegen, außerhalb des Unternehmens verwendet, ist ihnen ein Nachweis über die Durchführung der letzten Prüfung beizufügen.

Abschnitt 3

Besondere Vorschriften für überwachungsbedürftige Anlagen

§ 12 Betrieb

(1) Überwachungsbedürftige Anlagen müssen nach dem Stand der Technik montiert, installiert und betrieben werden. Bei der Einhaltung des Standes der Technik sind die vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelten und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt veröffentlichten Regeln und Erkenntnisse zu berücksichtigen.

(2) Überwachungsbedürftige Anlagen dürfen erstmalig und nach wesentlichen Veränderungen nur in Betrieb genommen werden,

1. wenn sie den Anforderungen der Verordnungen nach § 3 Abs. 1 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes entsprechen, durch die die in § 1 Abs. 2 Satz 1 genannten Richtlinien in deutsches Recht umgesetzt werden, oder
2. wenn solche Rechtsvorschriften keine Anwendung finden, sie den sonstigen Rechtsvorschriften, mindestens dem Stand der Technik entsprechen.

Überwachungsbedürftige Anlagen dürfen nach einer Änderung nur wieder in Betrieb genommen werden, wenn sie hinsichtlich der von der Änderung betroffenen Anlagenteile dem Stand der Technik entsprechen.

(3) Wer eine überwachungsbedürftige Anlage betreibt, hat diese in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten, zu überwachen, notwendige Instandsetzungs- oder Wartungsarbeiten unverzüglich vorzunehmen und die den Umständen nach erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

(4) Wer eine Aufzugsanlage betreibt, muss sicherstellen, dass auf Notrufe aus einem Fahrkorb in angemessener Zeit reagiert wird und Befreiungsmaßnahmen sachgerecht durchgeführt werden.

(5) Eine überwachungsbedürftige Anlage darf nicht betrieben werden, wenn sie Mängel aufweist, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden können.

§ 13 Erlaubnisvorbehalt

(1) Montage, Installation, Betrieb, wesentliche Veränderungen und Änderungen der Bauart oder der Betriebsweise, welche die Sicherheit der Anlage beeinflussen, von

1. Dampfkesselanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe a), die befeuerte oder anderweitig beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte zur Erzeugung von Dampf oder Heißwasser mit einer Temperatur von mehr als 110 Grad Celsius beinhalten, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II Diagramm 5 der Richtlinie 97/23/EG in die Kategorie IV einzustufen sind,
2. Füllanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe c) mit Druckgeräten zum Abfüllen von Druckgasen in ortsbewegliche Druckgeräte zur Abgabe an Andere mit einer Füllkapazität von mehr als 10 Kilogramm je Stunde sowie zum Befüllen von Land-, Wasser- oder Luftfahrzeugen mit Druckgasen,
3. Lageranlagen, Füllstellen und Tankstellen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe a) bis c) für leichtentzündliche oder hochentzündliche Flüssigkeiten und
4. ortsfesten Flugfeldbetankungsanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe c)

bedürfen der Erlaubnis der zuständigen Behörde. Satz 1 findet keine Anwendung auf

1. Anlagen, in denen Wasserdampf oder Heißwasser in einem Herstellungsverfahren durch Wärmerückgewinnung entsteht, es sei denn, Rauchgase werden gekühlt und der entstehende Wasserdampf oder das entstehende Heißwasser werden nicht überwiegend der Verfahrensanlage zugeführt, und
2. Anlagen zum Entsorgen von Kältemitteln, die Wärmetauschern entnommen und in ortsbewegliche Druckgeräte gefüllt

werden.

(2) Die Erlaubnis ist schriftlich zu beantragen. Dem Antrag auf Erlaubnis sind alle für die Beurteilung der Anlage notwendigen Unterlagen beizufügen. Mit dem Antrag ist die gutachterliche Äußerung einer zugelassenen Überwachungsstelle einzureichen, aus der

hervorgeht, dass Aufstellung, Bauart und Betriebsweise der Anlage den Anforderungen dieser Verordnung entsprechen.

(3) Bei Anlagen nach Absatz 1 Nr. 3 und 4 ist abweichend von Absatz 2 die Beteiligung einer zugelassenen Überwachungsstelle nicht erforderlich.

(4) Über den Antrag ist innerhalb einer Frist von drei Monaten nach Eingang bei der zuständigen Behörde zu entscheiden. Die Frist kann in begründeten Fällen verlängert werden. Die Erlaubnis gilt als erteilt, wenn die zuständige Behörde nicht innerhalb der in den Sätzen 1 und 2 genannten Frist die Montage und Installation der Anlage untersagt.

(5) Die Erlaubnis kann beschränkt, befristet, unter Bedingungen erteilt sowie mit Auflagen verbunden werden. Die nachträgliche Aufnahme, Änderung oder Ergänzung von Auflagen ist zulässig.

(6) Absatz 1 findet keine Anwendung auf überwachungsbedürftige Anlagen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, der Bundeswehr und der Bundespolizei.

§ 14 Prüfung vor Inbetriebnahme

(1) Eine überwachungsbedürftige Anlage darf erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise durch eine zugelassene Überwachungsstelle auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion geprüft worden ist.

(2) Nach einer Änderung darf eine überwachungsbedürftige Anlage im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 bis 3 und 4 Buchstabe a) bis c) nur wieder in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage hinsichtlich ihres Betriebs auf ihren ordnungsgemäßen Zustand durch eine zugelassene Überwachungsstelle geprüft worden ist, soweit der Betrieb oder die Bauart der Anlage durch die Änderung beeinflusst wird.

(3) Bei den Prüfungen überwachungsbedürftiger Anlagen nach den Absätzen 1 und 2 können

1. Geräte, Schutzsysteme sowie Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG,
2. Druckgeräte im Sinne der Richtlinie 97/23/EG, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie nach
 - a) Diagramm 1 in die
 - Kategorie I, II oder
 - Kategorie III oder IV, sofern der maximal zulässige Druck PS nicht mehr als ein bar beträgt,

- b) Diagramm 2 in die
 - Kategorie I oder
 - Kategorie II oder III, sofern der maximal zulässige Druck PS nicht mehr als ein bar beträgt,
 - c) Diagramm 3 in die
 - Kategorie I oder
 - Kategorie II, sofern bei einem maximal zulässigen Druck PS von mehr als 500 bar das Produkt aus PS und maßgeblichem Volumen V nicht mehr als 1.000 bar × Liter beträgt,
 - d) Diagramm 4 in die Kategorie I, sofern bei einem maximal zulässigen Druck PS von mehr als 500 bar das Produkt aus PS und maßgeblichem Volumen V nicht mehr als 1.000 bar × Liter beträgt,
 - e) Diagramm 5 in die Kategorie I oder II,
 - f) Diagramm 6, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN nicht mehr als 2.000 bar beträgt und die Rohrleitung nicht für sehr giftige Fluide verwendet wird, oder
 - g) Diagramm 7, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN nicht mehr als 2.000 bar beträgt,
- einzustufen sind, und
3. Druckbehälter im Sinne der Richtlinie 87/404/EWG, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V nicht mehr als 200 bar × Liter beträgt,

durch eine befähigte Person geprüft werden. Setzt sich eine überwachungsbedürftige Anlage ausschließlich aus Anlagenteilen nach Nr. 1 bis 3 zusammen, so können die Prüfungen der Anlage nach den Absätzen 1 und 2 durch eine befähigte Person erfolgen. Bei überwachungsbedürftigen Anlagen, die für einen ortsveränderlichen Einsatz vorgesehen sind und nach der ersten Inbetriebnahme an einem neuen Standort aufgestellt werden, können die Prüfungen nach Absatz 1 durch eine befähigte Person vorgenommen werden. Die Prüfungen nach Absatz 1 können durch eine befähigte Person vorgenommen werden bei

1. Röhrenöfen in verfahrenstechnischen Anlagen, soweit es sich um Rohranordnungen handelt,
2. ausschließlich aus Rohranordnungen bestehenden Druckgeräten in Kälte- und Wärmepumpenanlagen,
3. Kondenstöpfen und Abscheidern für Gasblasen, wenn der Gasraum bei Abscheidern auf höchstens 10 vom Hundert des Behälterinhalts begrenzt ist,
4. dampfbeheizten Muldenpressen sowie Pressen zum maschinellen Bügeln, Dämpfen, Verkleben, Fixieren und dem Fixieren ähnlichen Behandlungsverfahren von Kleidungsstücken, Wäsche oder anderen Textilien und Ledererzeugnissen,

5. Pressgas-Kondensatoren und
6. nicht direkt beheizten Wärmeerzeugern mit einer Heizmittelltemperatur von höchstens 120 °C und Ausdehnungsgefäßen in Heizungs- und Kälteanlagen mit Wassertemperaturen von höchstens 120 °C.

(4) Absatz 3 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe b) findet entsprechende Anwendung auf tragbare Feuerlöscher und Flaschen für Atemschutzgeräte im Sinne der Richtlinie 97/23/EG, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie nach Diagramm 2 mindestens in die Kategorie III einzustufen sind, soweit das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V zu einer Einstufung in die Kategorie I führen würde.

(5) Abweichend von Absatz 3 Satz 3 in Verbindung mit Absatz 1 ist bei Überwachungsbedürftigen Anlagen mit

1. Druckgeräten im Sinne der Richtlinie 97/23/EG ausgenommen Dampfkesselanlagen nach § 13 Abs. 1 Nr. 1, oder
2. einfachen Druckbehältern im Sinne der Richtlinie 87/404/EWG,

die an wechselnden Aufstellungsorten verwendet werden, nach dem Wechsel des Aufstellungsorts eine erneute Prüfung vor Inbetriebnahme nicht erforderlich, wenn

1. eine Bescheinigung über eine andernorts durchgeführte Prüfung vor Inbetriebnahme vorliegt,
2. sich beim Ortswechsel keine neue Betriebsweise ergeben hat und die Anschlussverhältnisse sowie die Ausrüstung unverändert bleiben und
3. an die Aufstellung keine besonderen Anforderungen zu stellen sind.

Bei besonderen Anforderungen an die Aufstellung genügt es, wenn die ordnungsgemäße Aufstellung am Betriebsort durch eine befähigte Person geprüft wird und hierüber eine Bescheinigung vorliegt.

(6) Ist ein Gerät, ein Schutzsystem oder eine Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung im Sinne der Richtlinie 94/9/EG hinsichtlich eines Teils, von dem der Explosionsschutz abhängt, instand gesetzt worden, so darf es abweichend von Absatz 2 erst wieder in Betrieb genommen werden, nachdem die zugelassene Überwachungsstelle festgestellt hat, dass es in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Verordnung entspricht und nachdem sie hierüber eine Bescheinigung nach § 19 erteilt oder das Gerät, das Schutzsystem oder die Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung mit einem Prüfzeichen versehen hat. Die Prüfungen nach Satz 1 dürfen auch von befähigten Personen eines Unternehmens durchgeführt werden, soweit diese Personen von der zuständigen Behörde für die Prüfung der durch dieses Unternehmen instand gesetzten Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen anerkannt sind. Die Sätze 1 und 2 gelten nicht, wenn ein Gerät, ein Schutzsystem oder eine Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung nach der Instandsetzung durch den Hersteller einer Prüfung unterzogen worden ist und der Hersteller bestätigt, dass das Gerät, das Schutzsystem oder die Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Verordnung entspricht.

(7) Absatz 1 findet keine Anwendung auf Aufzugsanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe a). Die Absätze 1 und 2 finden keine Anwendung auf Lageranlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe a) für ortsbewegliche Behälter und auf Entleerstellen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe d).

(8) Absatz 3 findet keine Anwendung auf Füllanlagen im Sinne des § 2 Abs. 12 Nr. 2 und 3.

§ 15 Wiederkehrende Prüfungen

(1) Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln. Eine sicherheitstechnische Bewertung ist nicht erforderlich, soweit sie im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung im Sinne von § 3 oder § 3 der Allgemeinen Bundesbergverordnung bereits erfolgt ist. § 14 Abs. 3 Satz 1 bis 3 finden entsprechende Anwendung.

(2) Prüfungen nach Absatz 1 Satz 1 bestehen aus einer technischen Prüfung, die an der Anlage selbst unter Anwendung der Prüffregeln vorgenommen wird und einer Ordnungsprüfung. Bei Anlagenteilen von Dampfkesselanlagen, Druckbehälteranlagen außer Dampfkesseln, Anlagen zur Abfüllung von verdichteten, verflüssigten oder unter Druck gelösten Gasen, Leitungen unter innerem Überdruck für entzündliche, leichtentzündliche, hochentzündliche, ätzende oder giftige Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten sind Prüfungen, die aus äußeren Prüfungen, inneren Prüfungen und Festigkeitsprüfungen bestehen, durchzuführen.

(3) Bei der Festlegung der Prüffristen nach Absatz 1 dürfen die in den Absätzen 5 bis 9 und 12 bis 16 für die Anlagenteile genannten Höchstfristen nicht überschritten werden. Der Betreiber hat die Prüffristen der Anlagenteile und der Gesamtanlage der zuständigen Behörde innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der Anlage unter Beifügung anlagenspezifischer Daten mitzuteilen. Satz 2 findet keine Anwendung auf überwachungsbedürftige Anlagen, die ausschließlich in § 14 Abs. 3 Satz 1 genannte Anlagenteile enthalten, sowie auf alle weiteren überwachungsbedürftigen Anlagen, die wiederkehrend von befähigten Personen geprüft werden können.

(4) Soweit die Prüfungen nach Absatz 1 von zugelassenen Überwachungsstellen vorzunehmen sind, unterliegt die Ermittlung der Prüffristen durch den Betreiber einer Überprüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle. Ist eine vom Betreiber ermittelte Prüffrist länger als die von einer zugelassenen Überwachungsstelle ermittelte Prüffrist, darf die überwachungsbedürftige Anlage bis zum Ablauf der von der zugelassenen Überwachungsstelle ermittelten Prüffrist betrieben werden; die zugelassene Überwachungsstelle unterrichtet die zuständige Behörde über die unterschiedlichen Prüffristen. Die zuständige Behörde legt die Prüffrist fest. Für ihre Entscheidung kann die Behörde ein Gutachten einer im Einvernehmen mit dem Betreiber auszuwählenden anderen zugelassenen Überwachungsstelle heranziehen, dessen Kosten der Betreiber zu tragen hat.

(5) Prüfungen nach Absatz 2 müssen spätestens innerhalb des in der **Tabelle** genannten Zeitraums unter Beachtung der für das einzelne Druckgerät maßgeblichen Einstufung gemäß Spalte 1 durchgeführt werden:

Einstufung des Druckgeräts gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie 97/23/EG nach	Äußere Prüfung	Innere Prüfung	Festigkeitsprüfung
1. Diagramm 1 in die Kategorie IV, sofern der maximal zulässige Druck PS mehr als ein bar beträgt	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
2. Diagramm 2 in die a) Kategorie III, sofern der maximal zulässige Druck PS mehr als ein bar beträgt, oder b) Kategorie IV			
3. Diagramm 3 in die a) Kategorie II, sofern bei einem maximal zulässigen Druck PS von mehr als 500 bar das Produkt aus PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 10.000 bar × Liter beträgt, oder b) Kategorie III, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 10.000 bar × Liter beträgt			
4. Diagramm 4 in die a) Kategorie I, sofern bei einem maximal zulässigen Druck PS von mehr als 1.000 bar das Produkt aus PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 10.000 bar × Liter beträgt, oder b) Kategorie II			
5. Diagramm 5 in die a) Kategorie III, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 1.000 bar × Liter beträgt, oder b) Kategorie IV	1 Jahr	3 Jahre	9 Jahre

Einstufung des Druckgeräts gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie 97/23/EG nach	Äußere Prüfung	Innere Prüfung	Festigkeitsprüfung
6. Diagramm 6 in die a) Kategorie I, sofern die Rohrleitung für sehr giftige Fluide verwendet wird, oder b) Kategorie II oder III, sofern die Rohrleitung für – sehr giftige Fluide oder – andere Fluide, wenn das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN mehr als 2.000 bar beträgt, verwendet wird	5 Jahre	–	5 Jahre
7. Diagramm 7 in die a) Kategorie I, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN mehr als 2.000 bar beträgt, oder b) Kategorie II oder III			
8. Diagramm 8 in die Kategorie I, II oder III			
9. Diagramm 9 in die Kategorie I oder II			

Bei Druckgeräten, die nicht von Satz 1 erfasst werden, müssen die Prüf Fristen für äußere Prüfung, innere Prüfung und Festigkeitsprüfung auf Grund der Herstellerinformationen sowie der Erfahrung mit Betriebsweise und Beschickungsgut festgelegt werden. Diese Druckgeräte können durch eine befähigte Person geprüft werden.

(6) Abweichend von Absatz 5 können äußere Prüfungen bei Druckgeräten entfallen, die den Nummern 1 bis 4 der **Tabelle** in Absatz 5 zugeordnet werden, sofern sie nicht feuerbeheizt, abgasbeheizt oder elektrisch beheizt sind.

(7) Abweichend von Absatz 5 müssen Prüfungen der von Nummer 2 der **Tabelle** in Absatz 5 erfassten Flaschen für

1. Atemschutzgeräte, die für Arbeits- und Rettungszwecke verwendet werden, als äußere Prüfung, innere Prüfung, Festigkeits- und Gewichtsprüfung spätestens alle fünf Jahre und
2. Atemschutzgeräte, die als Tauchgeräte verwendet werden, als
 - a) Festigkeitsprüfung spätestens alle fünf Jahre und
 - b) äußere Prüfung, innere Prüfung und Gewichtsprüfung alle zweieinhalb Jahre

von zugelassenen Überwachungsstellen durchgeführt werden.

(8) Abweichend von Absatz 5 müssen bei Anlagen mit von Nummer 5 der **Tabelle** in Absatz 5 erfassten Druckgeräten, in denen Wasserdampf oder Heißwasser in einem Herstellungsverfahren durch Wärmerückgewinnung entsteht, Prüfungen von zugelassenen Überwachungsstellen durchgeführt werden als

1. äußere Prüfungen spätestens alle zwei Jahre,
2. innere Prüfungen spätestens alle fünf Jahre und
3. Festigkeitsprüfungen spätestens alle zehn Jahre.

Satz 1 gilt nicht für Anlagen, in denen Rauchgase gekühlt und der entstehende Wasserdampf oder das entstehende Heißwasser nicht überwiegend der Verfahrensanlage zugeführt werden.

(9) Bei Druckbehältern im Sinne der Richtlinie 87/404/EWG, bei denen das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen V mehr als $1.000 \text{ bar} \times \text{Liter}$ beträgt, müssen Prüfungen von zugelassenen Überwachungsstellen durchgeführt werden als

1. innere Prüfung spätestens nach fünf Jahren und
2. Festigkeitsprüfung spätestens nach zehn Jahren.

Bei Druckbehältern, die nicht von Satz 1 erfasst werden, finden Absatz 5 Satz 2 und 3 sowie Absatz 10 entsprechende Anwendung.

(10) Bei äußeren und inneren Prüfungen können Besichtigungen durch andere geeignete gleichwertige Verfahren und bei Festigkeitsprüfungen die statischen Druckproben durch gleichwertige zerstörungsfreie Verfahren ersetzt werden, wenn ihre Durchführung aus Gründen der Bauart des Druckgeräts nicht möglich oder aus Gründen der Betriebsweise nicht zweckdienlich ist.

(11) Hat der Betreiber in einem Prüfprogramm für die wiederkehrenden Prüfungen von Rohrleitungen, die von den Nummern 6 bis 9 der **Tabelle** in Absatz 5 erfasst sind, schriftliche Festlegungen getroffen, die von einer zugelassenen Überwachungsstelle geprüft worden sind und für die diese bescheinigt, dass mit ihnen die Anforderungen dieser Verordnung erfüllt werden, dürfen abweichend von den Nummern 6 bis 9 der **Tabelle** in Absatz 5 die Prüfungen von einer befähigten Person durchgeführt werden, wenn sich eine zugelassene Überwachungsstelle durch stichprobenweise Überprüfungen von der Einhaltung der schriftlichen Festlegung überzeugt.

(12) Bei Füllanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe c), die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Land-, Wasser- oder Luftfahrzeuge mit Druckgasen befüllt werden, müssen Prüfungen im Betrieb spätestens alle fünf Jahre durchgeführt werden. Auf die übrigen Füllanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe c) findet Absatz 1 keine Anwendung.

(13) Bei Aufzugsanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe a), c), d) und e) müssen Prüfungen im Betrieb spätestens alle zwei Jahre durchgeführt werden. Zwischen der Inbetriebnahme und der ersten wiederkehrenden Prüfung sowie zwischen zwei wiederkehrenden Prüfungen sind Aufzugsanlagen daraufhin zu prüfen, ob sie ord-

nungsgemäß betrieben werden können und ob sich die Tragmittel in ordnungsgemäßigem Zustand befinden.

(14) Bei Aufzugsanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe b) müssen Prüfungen im Betrieb spätestens alle vier Jahre durchgeführt werden. Absatz 13 Satz 2 findet entsprechende Anwendung.

(15) Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 müssen Prüfungen im Betrieb spätestens alle drei Jahre durchgeführt werden.

(16) Bei Lageranlagen für ortsfeste Behälter, Füllstellen, Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe a) bis c) müssen Prüfungen im Betrieb spätestens alle fünf Jahre durchgeführt werden. Diese Prüfungen schließen Anlagen im Sinne von § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 ein. Die Prüffrist beträgt abweichend von Absatz 15 fünf Jahre. Abweichend von § 14 Abs. 3 erfolgt die Prüfung dieser Anlagen durch eine zugelassene Überwachungsstelle.

(17) Die zuständige Behörde kann die in den Absätzen 5 bis 16 genannten Fristen im Einzelfall

1. verlängern, soweit die Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist, oder
2. verkürzen, soweit es der Schutz der Beschäftigten oder Dritter erfordert.

(18) Die Fristen der Prüfungen laufen vom Tag der ersten Prüfung vor Inbetriebnahme. Abweichend von Satz 1 laufen die Fristen nach einer wesentlichen Veränderung vom Tag der erneuten Prüfung vor Inbetriebnahme sowie bei Aufzugsanlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 Buchstabe a) vom Tag der ersten Inbetriebnahme.

(19) Ist eine außerordentliche Prüfung durchgeführt worden, so beginnt die Frist für eine wiederkehrende Prüfung mit dem Abschluss der außerordentlichen Prüfung, soweit diese der wiederkehrenden Prüfung entspricht.

(20) Ist eine überwachungsbedürftige Anlage am Fälligkeitstermin der wiederkehrenden Prüfung außer Betrieb gesetzt, so darf sie erst wieder in Betrieb genommen werden, nachdem diese Prüfung durchgeführt worden ist.

(21) Absatz 1 findet keine Anwendung auf

1. Lageranlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe a) für ortsbewegliche Behälter und
2. Entleerstellen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Buchstabe d).

§ 16 Angeordnete außerordentliche Prüfung

(1) Die zuständige Behörde kann im Einzelfall eine außerordentliche Prüfung für überwachungsbedürftige Anlagen anordnen, wenn hierfür ein besonderer Anlass besteht, insbesondere wenn ein Schadensfall eingetreten ist.

(2) Eine außerordentliche Prüfung nach Absatz 1 ist durch die zuständige Behörde insbesondere dann anzuordnen, wenn der Verdacht besteht, dass die überwachungsbedürftige Anlage sicherheitstechnische Mängel aufweist.

(3) Der Betreiber hat eine angeordnete Prüfung unverzüglich zu veranlassen.

§ 17 Prüfung besonderer Druckgeräte

Für die in **Anhang 5** genannten überwachungsbedürftigen Anlagen, die Druckgeräte sind oder beinhalten, sind die nach den §§ 14 bis 16 vorgesehenen Prüfungen mit den sich aus den Vorschriften des **Anhangs 5** ergebenden Maßgaben durchzuführen.

§ 18 Unfall- und Schadensanzeige

(1) Der Betreiber hat der zuständigen Behörde unverzüglich

1. jeden Unfall, bei dem ein Mensch getötet oder verletzt worden ist, und
2. jeden Schadensfall, bei dem Bauteile oder sicherheitstechnische Einrichtungen versagt haben oder beschädigt worden sind,

anzuzeigen.

(2) Die zuständige Behörde kann vom Betreiber verlangen, dass dieser das anzuzei-
gende Ereignis auf seine Kosten durch eine möglichst im gegenseitigen Einvernehmen
bestimmte zugelassene Überwachungsstelle sicherheitstechnisch beurteilen lässt und ihr
die Beurteilung schriftlich vorlegt. Die sicherheitstechnische Beurteilung hat sich insbe-
sondere auf die Feststellung zu erstrecken,

1. worauf das Ereignis zurückzuführen ist,
2. ob sich die überwachungsbedürftige Anlage nicht in ordnungsgemäßigem Zu-
stand befand und ob nach Behebung des Mangels eine Gefährdung nicht
mehr besteht und
3. ob neue Erkenntnisse gewonnen worden sind, die andere oder zusätzliche
Schutzvorkehrungen erfordern.

§ 19 Prüfbescheinigungen

(1) Über das Ergebnis der nach diesem Abschnitt vorgeschriebenen oder angeordneten
Prüfungen sind Prüfbescheinigungen zu erteilen. Soweit die Prüfung von befähigten
Personen durchgeführt wird, ist das Ergebnis aufzuzeichnen.

(2) Bescheinigungen und Aufzeichnungen nach Absatz 1 sind am Betriebsort der
überwachungsbedürftigen Anlage aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Ver-
langen vorzuzeigen.

§ 20 Mängelanzeige

Hat die zugelassene Überwachungsstelle bei einer Prüfung Mängel festgestellt, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden, so hat sie dies der zuständigen Behörde unverzüglich mitzuteilen.

§ 21 Zugelassene Überwachungsstellen

(1) Zugelassene Überwachungsstellen für die nach diesem Abschnitt vorgeschriebenen oder angeordneten Prüfungen sind Stellen nach § 17 Abs. 1 und 2 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes.

(2) Voraussetzungen für die Akkreditierung einer zugelassenen Überwachungsstelle sind über die Anforderungen des § 17 Abs. 5 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes hinaus:

1. Es muss eine Haftpflichtversicherung mit einer Deckungssumme von mindestens zweieinhalb Millionen Euro bestehen.
2. Sie muss mindestens die Prüfung aller überwachungsbedürftigen Anlagen nach
 - a) § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1,
 - b) § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 oder
 - c) § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 und 4vornehmen können.
3. Sie muss eine Leitung haben, welche die Gesamtverantwortung dafür trägt, dass die Prüftätigkeiten in Übereinstimmung mit den Bestimmungen dieser Verordnung durchgeführt werden.
4. Sie muss ein angemessenes wirksames Qualitätssicherungssystem mit regelmäßiger interner Auditierung anwenden.
5. Sie darf die mit den Prüfungen beschäftigten Personen nur mit solchen Aufgaben betrauen, bei deren Erledigung ihre Unparteilichkeit gewahrt bleibt.
6. Die Vergütung für die mit den Prüfungen beschäftigten Personen darf nicht unmittelbar von der Anzahl der durchgeführten Prüfungen und nicht von deren Ergebnissen abhängen.

(3) Als zugelassene Überwachungsstellen können Prüfstellen von Unternehmen im Sinne von § 17 Abs. 5 Satz 3 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes benannt werden, wenn die Voraussetzungen des Absatzes 2 Nr. 3 bis 6 erfüllt sind, dies sicherheitstechnisch angezeigt ist und sie

1. organisatorisch abgrenzbar sind,
2. innerhalb des Unternehmens, zu dem sie gehören, über Berichtsverfahren verfügen, die ihre Unparteilichkeit sicherstellen und belegen,

3. nicht für die Planung, die Herstellung, den Vertrieb, den Betrieb oder die Instandhaltung der überwachungsbedürftigen Anlage verantwortlich sind,
4. keinen Tätigkeiten nachgehen, die mit der Unabhängigkeit ihrer Beurteilung und ihrer Zuverlässigkeit im Rahmen ihrer Überprüfungsarbeiten in Konflikt kommen können, und
5. ausschließlich für das Unternehmen arbeiten, dem sie angehören.

Die Benennung nach Satz 1 ist zu beschränken auf Prüfungen an überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1, 3 und 4 einschließlich der Einrichtungen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 2.

§ 22 Aufsichtsbehörden für überwachungsbedürftige Anlagen des Bundes

Aufsichtsbehörde für überwachungsbedürftige Anlagen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, der Bundeswehr und der Bundespolizei ist das zuständige Bundesministerium oder die von ihm bestimmte Behörde. Für andere überwachungsbedürftige Anlagen, die der Aufsicht durch die Bundesverwaltung unterliegen, gilt § 18 Abs. 1 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes.

§ 23 Innerbetrieblicher Einsatz ortsbeweglicher Druckgeräte

Sofern die in Übereinkünften

1. des Europäischen Übereinkommens über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR),
2. der Ordnung über die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID),
3. des Codes für die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (IMDG-Code) oder
4. der Technischen Vorschriften der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO-TI)

genannten Voraussetzungen nicht mehr erfüllt sind, dürfen innerbetrieblich eingesetzte ortsbewegliche Druckgeräte im Sinne des Artikels 1 Abs. 3 Nr. 3.19 der Richtlinie 97/23/EG nur in Betrieb genommen und betrieben werden, wenn die in den genannten Übereinkünften vorgeschriebenen Betriebsbedingungen eingehalten werden und die in diesen Übereinkünften vorgesehenen wiederkehrenden Prüfungen durchgeführt worden sind.

Abschnitt 4

Gemeinsame Vorschriften, Schlussvorschriften

§ 24 Ausschuss für Betriebssicherheit

(1) Zur Beratung in allen Fragen des Arbeitsschutzes für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln und für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wird beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales der Ausschuss für Betriebssicherheit gebildet, in dem sachverständige Mitglieder der öffentlichen und privaten Arbeitgeber, der Länderbehörden, der Gewerkschaften, der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung, der Wissenschaft und der zugelassenen Stellen angemessen vertreten sein sollen. Die Gesamtzahl der Mitglieder soll 21 Personen nicht überschreiten. Die Mitgliedschaft im Ausschuss für Betriebssicherheit ist ehrenamtlich.

(2) Der Ausschuss für Betriebssicherheit richtet Unterausschüsse ein.

(3) Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales beruft die Mitglieder des Ausschusses und für jedes Mitglied einen Stellvertreter. Der Ausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung und wählt den Vorsitzenden aus seiner Mitte. Die Geschäftsordnung und die Wahl des Vorsitzenden bedürfen der Zustimmung des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

(4) Zu den Aufgaben des Ausschusses gehört es,

1. dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse
 - a) für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie
 - b) für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen unter Berücksichtigung der für andere Schutzziele vorhandenen Regeln und, soweit deren Zuständigkeiten berührt sind, in Abstimmung mit der Kommission für Anlagensicherheit nach § 51a Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zu ermitteln,
2. Regeln zu ermitteln, wie die in dieser Verordnung gestellten Anforderungen erfüllt werden können, und
3. das Bundesministerium für Arbeit und Soziales in Fragen der betrieblichen Sicherheit zu beraten.

Bei der Wahrnehmung seiner Aufgaben soll der Ausschuss die allgemeinen Grundsätze des Arbeitsschutzes nach § 4 des Arbeitsschutzgesetzes berücksichtigen.

(5) Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales kann die vom Ausschuss nach Absatz 4 Nr. 1 ermittelten Regeln und Erkenntnisse sowie die nach Absatz 4 Nr. 2 ermittelten Verfahrensregeln im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt machen. Bei Einhaltung der in Satz 1 genannten Regeln und Erkenntnisse ist in der Regel davon auszugehen, dass die in der Verordnung gestellten Anforderungen insoweit erfüllt werden.

(6) Dem Ausschuss können in anderen Rechtsverordnungen nach § 18 Abs. 1 des Arbeitsschutzgesetzes dem Absatz 4 entsprechende Aufgaben für den Anwendungsbereich dieser Verordnungen zugewiesen werden.

(7) Die Bundesministerien sowie die zuständigen obersten Landesbehörden können zu den Sitzungen des Ausschusses Vertreter entsenden. Diesen ist auf Verlangen in der Sitzung das Wort zu erteilen.

(8) Die Geschäfte des Ausschusses führt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

§ 25 Ordnungswidrigkeiten

(1) Ordnungswidrig im Sinne des § 25 Abs. 1 Nr. 1 des Arbeitsschutzgesetzes handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. entgegen § 10 Abs. 1 Satz 1 nicht sicherstellt, dass die Arbeitsmittel geprüft werden,
2. entgegen § 10 Abs. 2 Satz 1 ein Arbeitsmittel nicht oder nicht rechtzeitig prüfen lässt oder
3. entgegen § 10 Abs. 2 Satz 2 ein Arbeitsmittel einer außerordentlichen Überprüfung nicht oder nicht rechtzeitig unterzieht.

(2) Ordnungswidrig im Sinne des § 19 Abs. 1 Nr. 1 Buchstabe b) des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. entgegen § 15 Abs. 3 Satz 2 eine Mitteilung nicht, nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig macht oder
2. entgegen § 18 Abs. 1 eine Anzeige nicht, nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig erstattet.

(3) Ordnungswidrig im Sinne des § 19 Abs. 1 Nr. 1 Buchstabe a) des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. eine überwachungsbedürftige Anlage
 - a) entgegen § 12 Abs. 5 betreibt oder
 - b) entgegen § 14 Abs. 1 oder 2 oder § 15 Abs. 20 in Betrieb nimmt,
2. ohne Erlaubnis nach § 13 Abs. 1 Satz 1 eine dort genannte Anlage betreibt,
3. entgegen § 15 Abs. 1 Satz 1 eine überwachungsbedürftige Anlage oder einen Anlagenteil nicht, nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig prüft oder
4. entgegen § 16 Abs. 3 eine vollziehbar angeordnete Prüfung nicht oder nicht rechtzeitig veranlasst.

§ 26 Straftaten

(1) Wer durch eine in § 25 Abs. 1 bezeichnete vorsätzliche Handlung Leben oder Gesundheit eines Beschäftigten gefährdet, ist nach § 26 Nr. 2 des Arbeitsschutzgesetzes strafbar.

(2) Wer eine in § 25 Abs. 3 bezeichnete Handlung beharrlich wiederholt oder durch eine solche Handlung Leben oder Gesundheit eines Anderen oder fremde Sachen von bedeutendem Wert gefährdet, ist nach § 20 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes strafbar.

§ 27 Übergangsvorschriften

(1) Für Arbeitsmittel und Arbeitsabläufe in explosionsgefährdeten Bereichen, die vor dem 3. Oktober 2002 erstmalig bereitgestellt oder eingeführt worden sind, hat der Arbeitgeber seine Pflichten nach § 6 Abs. 1 spätestens bis zum 31. Dezember 2005 zu erfüllen.

(2) Der Weiterbetrieb einer überwachungsbedürftigen Anlage, die vor dem 1. Januar 2005 befugt errichtet und betrieben wurde, ist zulässig. Eine nach dem bis zu diesem Zeitpunkt geltenden Recht erteilte Erlaubnis gilt als Erlaubnis im Sinne dieser Verordnung.

(3) Für überwachungsbedürftige Anlagen, die vor dem 1. Januar 2003 bereits erstmalig in Betrieb genommen waren, bleiben hinsichtlich der an sie zu stellenden Beschaffungsanforderungen die bisher geltenden Vorschriften maßgebend. Die zuständige Behörde kann verlangen, dass diese Anlagen entsprechend den Vorschriften der Verordnung geändert werden, soweit nach der Art des Betriebs vermeidbare Gefahren für Leben oder Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter zu befürchten sind. Die in der Verordnung enthaltenen Betriebsvorschriften mit Ausnahme von § 15 Abs. 3 Satz 2 und Abs. 4 müssen spätestens bis zum 31. Dezember 2007 angewendet werden.

(4) Für überwachungsbedürftige Anlagen, die vor dem 1. Januar 2003 nicht von einer Rechtsverordnung nach § 11 des Gerätesicherheitsgesetzes in der am 31. Dezember 2000 geltenden Fassung erfasst wurden und die vor diesem Zeitpunkt bereits errichtet waren oder mit deren Errichtung begonnen wurde, müssen die in der Verordnung enthaltenen Betriebsvorschriften mit Ausnahme von § 15 Abs. 3 Satz 2 spätestens bis zum 31. Dezember 2005 angewendet werden.

(5) Mühlen-Bremsfahrstühle dürfen bis spätestens 31. Dezember 2009 weiterbetrieben werden, sofern nach Art der Anlage vermeidbare Gefahren für Leben oder Gesundheit der Benutzer nicht zu befürchten sind.

(6) Die von einem auf Grund einer Rechtsverordnung nach § 11 des Gerätesicherheitsgesetzes in der am 31. Dezember 2000 geltenden Fassung eingesetzten Ausschuss ermittelten technischen Regeln gelten bezüglich ihrer betrieblichen Anforderungen bis zur Überarbeitung durch den Ausschuss für Betriebssicherheit und ihrer Bekanntgabe durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales fort.

Anhang 1

Mindestvorschriften für Arbeitsmittel gemäß § 7 Abs. 1 Nr. 2

1 Vorbemerkung

Die Anforderungen dieses Anhangs gelten nach Maßgabe dieser Verordnung in den Fällen, in denen mit der Benutzung des betreffenden Arbeitsmittels eine entsprechende Gefährdung für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten verbunden ist.

Für bereits in Betrieb genommene Arbeitsmittel braucht der Arbeitgeber zur Erfüllung der nachstehenden Mindestvorschriften nicht die Maßnahmen gemäß den grundlegenden Anforderungen für neue Arbeitsmittel treffen, wenn

- a) der Arbeitgeber eine andere, ebenso wirksame Maßnahme trifft, oder
- b) die Einhaltung der grundlegenden Anforderungen im Einzelfall zu einer unverhältnismäßigen Härte führen würde und die Abweichung mit dem Schutz der Beschäftigten vereinbar ist.

2 Allgemeine Mindestvorschriften für Arbeitsmittel

2.1 Befehlseinrichtungen von Arbeitsmitteln, die Einfluss auf die Sicherheit haben, müssen deutlich sichtbar und als solche identifizierbar sein und gegebenenfalls entsprechend gekennzeichnet werden.

Befehlseinrichtungen müssen außerhalb des Gefahrenbereichs so angeordnet sein, dass ihre Betätigung keine zusätzlichen Gefährdungen mit sich bringen kann.

Befehlseinrichtungen müssen so angeordnet und beschaffen sein oder gesichert werden können, dass ein unbeabsichtigtes Betätigen verhindert ist.

Vom Bedienungsstand aus muss sich das Bedienungspersonal vergewissern können, dass sich keine Personen oder Hindernisse im Gefahrenbereich aufhalten oder befinden.

Ist dies nicht möglich, muss dem Ingangsetzen automatisch ein sicheres System wie zum Beispiel ein System zur Personenerkennung oder mindestens ein akustisches oder optisches Warnsignal vorgeschaltet sein.

Beschäftigte müssen ausreichend Zeit oder die Möglichkeit haben, sich den Gefahren in Verbindung mit dem Ingangsetzen des Arbeitsmittels zu entziehen oder das Ingangsetzen zu verhindern.

Die Befehlseinrichtungen müssen sicher sein. Bei ihrer Auslegung sind die vorhersehbaren Störungen, Beanspruchungen und Zwänge zu berücksichtigen.

2.2 Das Ingangsetzen eines Arbeitsmittels darf nur durch absichtliche Betätigung einer hierfür vorgesehenen Befehlseinrichtung möglich sein.

Dies gilt auch

- für das Wiedereingangssetzen nach einem Stillstand, ungeachtet der Ursache für diesen Stillstand, und
- für die Steuerung einer wesentlichen Änderung des Betriebszustandes (zum Beispiel der Geschwindigkeit oder des Druckes),

sofern dieses Wiedereingangssetzen oder diese Änderung für die Beschäftigten nicht völlig gefahrlos erfolgen kann.

Diese Anforderung gilt nicht für das Wiedereingangssetzen oder die Änderung des Betriebszustandes während des normalen Programmablaufs im Automatikbetrieb.

Verfügt das Arbeitsmittel über mehrere Befehlseinrichtungen zum Ingangssetzen, so dürfen diese nicht gleichzeitig das Ingangssetzen freigeben.

2.3 Kraftbetriebene Arbeitsmittel müssen mit einer Befehlseinrichtung zum sicheren Stillsetzen des gesamten Arbeitsmittels ausgerüstet sein.

Jeder Arbeitsplatz muss mit Befehlseinrichtungen ausgerüstet sein, mit denen sich entsprechend der Gefahrenlage das gesamte Arbeitsmittel oder nur bestimmte Teile stillsetzen lassen, um das Arbeitsmittel in einen sicheren Zustand zu versetzen.

Der Befehl zum Stillsetzen des Arbeitsmittels muss den Befehlen zum Ingangssetzen übergeordnet sein.

Nach dem Stillsetzen des Arbeitsmittels oder seiner gefährlichen Teile muss die Energieversorgung des Antriebes unterbrochen werden können.

Sind die Befehlseinrichtungen nach Nummer 2.1 gleichzeitig die Hauptbefehlseinrichtungen nach Nummer 2.13, dann gelten die dortigen Forderungen sinngemäß.

2.4 Kraftbetriebene Arbeitsmittel müssen mit mindestens einer Notbefehlseinrichtung versehen sein, mit der gefahrbringende Bewegungen oder Prozesse möglichst schnell stillgesetzt werden, ohne zusätzliche Gefährdungen zu erzeugen.

Ihre Stellteile müssen schnell, leicht und gefahrlos erreichbar und auffällig gekennzeichnet sein.

Dies gilt nicht, wenn durch die Notbefehlseinrichtung die Gefährdung nicht gemindert werden kann, da die Notbefehlseinrichtung entweder die Zeit bis zum normalen Stillsetzen nicht verkürzt oder es nicht ermöglicht, besondere, wegen der Gefährdung erforderliche Maßnahmen zu ergreifen.

2.5 Ist beim Arbeitsmittel mit herabfallenden oder herauserschleudernden Gegenständen zu rechnen, müssen geeignete Schutzvorrichtungen vorhanden sein.

Arbeitsmittel müssen mit Vorrichtungen zum Zurückhalten oder Ableiten von ihm ausströmender Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten oder Stäube versehen sein.

2.6 Arbeitsmittel und ihre Teile müssen durch Befestigung oder auf anderem Wege gegen eine unbeabsichtigte Positions- und Lageänderung stabilisiert sein.

2.7 Die verschiedenen Teile eines Arbeitsmittels sowie die Verbindungen untereinander müssen den Belastungen aus inneren Kräften und äußeren Lasten standhalten können. Besteht bei Teilen eines Arbeitsmittels Splitter- oder Bruchgefahr, so müssen geeignete Schutzeinrichtungen vorhanden sein.

2.8 Arbeitsmittel müssen mit Schutzeinrichtungen ausgestattet sein, die den unbeabsichtigten Zugang zum Gefahrenbereich von beweglichen Teilen verhindern oder welche die beweglichen Teile vor dem Erreichen des Gefahrenbereiches stillsetzen.

Die Schutzeinrichtungen

- müssen stabil gebaut sein,
- dürfen keine zusätzlichen Gefährdungen verursachen,
- dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder unwirksam gemacht werden können,
- müssen ausreichend Abstand zum Gefahrenbereich haben,
- dürfen die Beobachtung des Arbeitszyklus nicht mehr als notwendig einschränken und
- müssen die für Einbau oder Austausch von Teilen sowie für die Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten erforderlichen Eingriffe möglichst ohne Demontage der Schutzeinrichtungen zulassen, wobei der Zugang auf den für die Arbeit notwendigen Bereich beschränkt sein muss.

2.9 Die Arbeits- bzw. Instandsetzungs- und Wartungsbereiche des Arbeitsmittels müssen entsprechend den vorzunehmenden Arbeiten ausreichend beleuchtet sein.

2.10 Sehr heiße oder sehr kalte Teile eines Arbeitsmittels müssen mit Schutzeinrichtungen versehen sein, die verhindern, dass die Beschäftigten die betreffenden Teile berühren oder ihnen gefährlich nahe kommen.

2.11 Warneinrichtungen und Kontrollanzeigen eines Arbeitsmittels müssen leicht wahrnehmbar und unmissverständlich sein.

2.12 Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten müssen bei Stillstand des Arbeitsmittels vorgenommen werden können.

Wenn dies nicht möglich ist, müssen für ihre Durchführung geeignete Schutzmaßnahmen ergriffen werden können, oder die Instandsetzung und Wartung muss außerhalb des Gefahrenbereichs erfolgen können.

Sind Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten unter angehobenen Teilen oder Arbeitseinrichtungen erforderlich, so müssen diese mit geeigneten Einrichtungen gegen Herabfallen gesichert werden können.

Können in Arbeitsmitteln nach dem Trennen von jeder Energiequelle in Systemen mit Speicherwirkung noch Energien gespeichert sein, so müssen Einrichtungen vorhanden sein, mit denen diese Systeme energiefrei gemacht werden können. Diese Einrichtungen müssen gekennzeichnet sein.

Ist ein vollständiges Energiefreimachen nicht möglich, müssen entsprechende Gefahrenhinweise an Arbeitsmitteln vorhanden sein.

2.13 Arbeitsmittel müssen mit deutlich erkennbaren Vorrichtungen (zum Beispiel Hauptbefehlseinrichtungen) ausgestattet sein, mit denen sie von jeder einzelnen Energiequelle getrennt werden können. Beim Wiedereingangssetzen dürfen die betreffenden Beschäftigten keiner Gefährdung ausgesetzt sein. Diese Vorrichtungen (zum Beispiel Hauptbefehlseinrichtungen) müssen gegen unbefugtes oder irrtümliches Betätigen zu sichern sein; dabei ist die Trennung einer Steckverbindung nur dann ausreichend, wenn die Kupplungsstelle vom Bedienungsstand überwacht werden kann.

Diese Vorrichtungen, ausgenommen Steckverbindungen, dürfen jeweils nur eine "Aus"- und "Ein"-Stellung haben.

2.14 Arbeitsmittel müssen zur Gewährleistung der Sicherheit der Beschäftigten mit den dazu erforderlichen Kennzeichnungen (zum Beispiel Hersteller, technische Daten) oder Gefahrenhinweisen versehen sein.

2.15 Bei Produktions-, Einstellungs-, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten an Arbeitsmitteln muss für die Beschäftigten ein sicherer Zugang zu allen hierfür notwendigen Stellen vorhanden sein.

An diesen Stellen muss ein gefahrloser Aufenthalt möglich sein.

2.16 Arbeitsmittel müssen für den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch Brand oder Erhitzung des Arbeitsmittels oder durch Freisetzung von Gas, Staub, Flüssigkeiten, Dampf oder anderen Stoffen ausgelegt werden, die in Arbeitsmitteln erzeugt, verwendet oder gelagert werden.

2.17 Arbeitsmittel müssen so ausgelegt sein, dass jegliche Explosionsgefahr, die von den Arbeitsmitteln selbst oder von Gasen, Flüssigkeiten, Stäuben, Dämpfen und anderen freigesetzten oder verwendeten Substanzen ausgeht, vermieden wird.

2.18 Arbeitsmittel müssen mit einem Schutz gegen direktes oder indirektes Berühren spannungsführender Teile ausgelegt sein.

2.19 Arbeitsmittel müssen gegen Gefährdungen aus der von ihnen verwendeten nicht elektrischen Energie (zum Beispiel hydraulische, pneumatische, thermische) ausgelegt sein.

Leitungen, Schläuche und andere Einrichtungen zum Erzeugen oder Fortleiten dieser Energien müssen so verlegt sein, dass mechanische, thermische oder chemische Beschädigungen vermieden werden.

3 Zusätzliche Mindestvorschriften für besondere Arbeitsmittel

3.1 Mindestvorschriften für mobile Arbeitsmittel, die selbstfahrende oder nicht selbstfahrende sind

3.1.1 Mobile Arbeitsmittel müssen so ausgerüstet sein, dass die Gefährdungen für die mitfahrenden Beschäftigten während der Fortbewegung reduziert sind.

Dies gilt auch für die Gefährdungen durch Kontakt der Beschäftigten mit Rädern und Ketten und durch Einklemmen durch diese.

3.1.2 Sofern durch das plötzliche Blockieren der Energieübertragungsvorrichtungen zwischen mobilen Arbeitsmitteln und ihren Zusatzausrüstungen oder Anhängern spezifische Gefährdungen entstehen können, müssen diese Arbeitsmittel so ausgerüstet oder umgestaltet werden, dass ein Blockieren der Energieübertragungsvorrichtungen verhindert wird.

Sofern sich ein solches Blockieren nicht vermeiden lässt, sind alle Maßnahmen zu ergreifen, um gefährliche Folgen für die Beschäftigten zu verhindern.

3.1.3 Sofern die Vorrichtungen zur Energieübertragung zwischen mobilen Arbeitsmitteln beim Schleifen auf dem Boden verschmutzen oder beschädigt werden können, sind Aufhängevorrichtungen vorzusehen.

3.1.4 Für mitfahrende Beschäftigte sind unter Berücksichtigung der bestimmungsgemäßen Verwendung die Gefährdungen aus einem Überrollen oder Kippen des Arbeitsmittels zu begrenzen, und zwar durch

- eine Einrichtung, die verhindert, dass das Arbeitsmittel um mehr als eine Vierteldrehung kippt,
- eine Einrichtung, die gewährleistet, dass ein ausreichender Freiraum um mitfahrende Beschäftigte erhalten bleibt, sofern die Kippbewegung mehr als eine Vierteldrehung ausmachen kann, oder
- eine andere Einrichtung mit gleicher Schutzwirkung.

Diese Einrichtungen sind nicht erforderlich, wenn die Schutzwirkung durch die Konstruktion des Arbeitsmittels selbst gegeben ist.

Diese Einrichtungen sind nicht erforderlich, sofern das Arbeitsmittel während der Benutzung stabilisiert wird oder wenn ein Überrollen oder Kippen des Arbeitsmittels auf Grund der Bauart unmöglich ist.

Besteht die Gefährdung, dass ein mitfahrender Beschäftigter bei einem Überrollen oder Kippen des Arbeitsmittels zwischen Teilen der Arbeitsmittel und dem Boden eingequetscht wird, ist ein Rückhaltesystem für die mitfahrenden Beschäftigten einzubauen.

3.1.5 Flurförderzeuge mit aufsitzendem Beschäftigten bzw. aufsitzenden Beschäftigten sind so zu gestalten oder auszurüsten, dass die Gefährdungen durch ein Kippen der Flurförderzeuge begrenzt werden, zum Beispiel

- durch Verwendung einer Fahrerkabine,
- mit einer Einrichtung, die verhindert, dass Flurförderzeuge kippen,
- mit einer Einrichtung, die gewährleistet, dass bei kippenden Flurförderzeugen für die aufsitzenden Beschäftigten zwischen Flur und Teilen der Flurförderzeuge ein ausreichender Freiraum verbleibt, oder
- mit einer Einrichtung, die bewirkt, dass die Beschäftigten auf dem Fahrersitz gehalten werden, so dass sie von Teilen umstürzender Flurförderzeuge nicht erfasst werden können.

3.1.6 Mobile selbstfahrende Arbeitsmittel müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- a) Sie müssen gegen unerlaubtes Ingangsetzen gesichert werden können.
- b) Sie sind mit geeigneten Vorrichtungen zu versehen, durch die die Folgen eines möglichen Zusammenstoßes bei gleichzeitiger Bewegung mehrerer schienengebundener Arbeitsmittel verringert werden.
- c) Sie sind mit einer Brems- und Feststelleinrichtung zu versehen; sofern dies aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, muss eine über leicht zugängliche Befehlseinrichtungen oder eine Automatik ausgelöste Notbremsvorrichtung das Abbremsen und Anhalten im Fall des Versagens der Hauptbremsvorrichtung ermöglichen.
- d) Reicht die direkte Sicht des Fahrers nicht aus, um die Sicherheit zu gewährleisten, sind geeignete Hilfsvorrichtungen zur Verbesserung der Sicht anzubringen.
- e) Sofern sie für den Einsatz bei Nacht oder in unbeleuchteter Umgebung vorgesehen sind, müssen sie mit einer den durchzuführenden Arbeiten entsprechenden Beleuchtungsvorrichtung versehen werden und ausreichend Sicherheit für die Beschäftigten bieten.
- f) Sofern durch sie selbst oder ihre Anhänger oder Ladungen eine Gefährdung durch Brand besteht, sind sie mit entsprechenden Brandbekämpfungseinrichtungen auszurüsten, außer wenn diese am Einsatzort an ausreichend nahe liegenden Stellen vorhanden sind.
- g) Sofern sie ferngesteuert sind, müssen sie automatisch anhalten, wenn sie aus dem Kontrollbereich der Steuerung herausfahren.
- h) Sofern sie automatisch gesteuert sind und unter normalen Einsatzbedingungen mit Beschäftigten zusammenstoßen oder diese einklemmen können, sind sie mit entsprechenden Schutzvorrichtungen auszurüsten, es sei denn, dass andere geeignete Vorrichtungen die Gefährdung eines Zusammenstoßes in Grenzen halten.

3.1.7 Wenn sich Beschäftigte im Gefahrenbereich aufhalten müssen, dann müssen Befehlseinrichtungen der Arbeitsmittel so beschaffen sein, dass die Arbeitsmittel beim Loslassen der Einrichtungen selbsttätig unverzüglich zum Stillstand kommen.

3.1.8 Die Geschwindigkeit des durch Mitgänger geführten Arbeitsmittels muss durch den Mitgänger erforderlichenfalls selbst angepasst werden können.

Die Befehlseinrichtungen von durch Mitgänger geführten Arbeitsmitteln müssen so beschaffen sein, dass sie beim Loslassen der Einrichtungen selbsttätig unverzüglich zum Stillstand kommen.

3.1.9 Einrichtungen zur Verbindung von mobilen Arbeitsmitteln müssen so beschaffen sein, dass sie

- gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert sind und
- sich gefahrlos und leicht betätigen lassen.

3.2 Mindestvorschriften für Arbeitsmittel zum Heben von Lasten

3.2.1 Arbeitsmittel zum Heben von Lasten, ihre Lastaufnahmeeinrichtungen und gegebenenfalls abnehmbare Teile müssen mit ausreichender Standsicherheit und Festigkeit ausgelegt sein, sowohl im Betrieb als auch außer Betrieb unter vorgesehenen Witterungsbedingungen, während des Transportes, des Auf- und Abbaus, bei vorhersehbaren Ausfällen, bei vorgesehenen Prüfungen, auch mit Prüflast. Soweit erforderlich müssen Arbeitsmittel mit einer Einrichtung versehen sein, die ein Überschreiten der zulässigen Tragfähigkeit verhindert.

Hierbei sind insbesondere die Belastungen der Aufhängepunkte oder der Verankerungspunkte an den tragenden Teilen zu berücksichtigen.

3.2.2 Arbeitsmittel zum Heben von Lasten müssen mit einem deutlich sichtbaren Hinweis auf die zulässige Tragfähigkeit und gegebenenfalls mit einem Schild versehen sein, auf dem die zulässige Tragfähigkeit für die einzelnen Betriebszustände angegeben ist.

Lastaufnahmeeinrichtungen sind so zu kennzeichnen, dass ihre für eine sichere Benutzung grundlegenden Eigenschaften zu erkennen sind.

Arbeitsmittel zum Heben von Beschäftigten müssen entsprechend deutlich und sichtbar gekennzeichnet sein.

3.2.3 Arbeitsmittel zum Heben von Lasten müssen insbesondere verhindern, dass die Lasten

- a) sich ungewollt gefährlich verlagern oder im freien Fall herabstürzen oder
- b) unbeabsichtigt ausgehakt werden.

Befehlseinrichtungen zur Steuerung von Bewegungen müssen nach ihrer Betätigung von selbst in die Nullstellung zurückgehen und die eingeleitete Bewegung unterbrechen.

Dies gilt nicht, wenn der Aufenthalt von Beschäftigten im Gefahrenbereich sicher verhindert ist.

3.2.3.1 Die maximalen Fahrgeschwindigkeiten flurgesteuerter Arbeitsmittel müssen für den steuernden Beschäftigten selbst angemessen sein.

3.2.3.2 Hub-, Fahr- und Drehbewegungen müssen abgebremst und ungewollte Bewegungen müssen verhindert werden können.

3.2.3.3 Kraftbetriebene Hubbewegungen müssen begrenzt sein. Schienenfahrbahnen müssen mit Fahrbahnbegrenzungen ausgerüstet sein.

3.2.3.4 Können beim Betreiben von Arbeitsmitteln Personen gefährdet werden und befindet sich die Befehlseinrichtung nicht in der Nähe der Last, müssen die Arbeitsmittel mit Warneinrichtungen ausgerüstet sein.

3.2.3.5 Der Rückschlag von Betätigungseinrichtungen handbetriebener Arbeitsmittel muss begrenzt sein.

3.2.4 Arbeitsmittel zum Heben oder Fortbewegen von Beschäftigten müssen so beschaffen sein, dass

- a) die Gefährdung durch Absturz des Lastaufnahmemittels, sofern ein solches vorhanden ist, mit geeigneten Vorrichtungen verhindert wird;
- b) das Herausfallen der Beschäftigten aus dem Personenaufnahmemittel des Arbeitsmittels verhindert ist;
- c) die Gefährdung des Quetschens oder des Einklemmens der Beschäftigten oder des Zusammenstoßes mit den Beschäftigten, insbesondere infolge eines unbeabsichtigten Kontakts mit Gegenständen, minimiert wird;
- d) die Sicherheit der bei einer Störung im Personenaufnahmemittel festsitzenden Beschäftigten gewährleistet und ihre Befreiung ermöglicht wird.

Können wegen des Standorts und des Höhenunterschieds die unter Buchstabe a) genannten Gefährdungen durch keinerlei Sicherheitsvorrichtungen vermieden werden, muss das Arbeitsmittel einen erhöhten Sicherheitskoeffizienten aufweisen.

Anhang 2

Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Benutzung von Arbeitsmitteln

1 Vorbemerkung

Die im Folgenden aufgeführten Mindestanforderungen zur Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sind bei der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 einzubeziehen.

2 Allgemeine Mindestvorschriften

2.1 Der Arbeitgeber beschafft die erforderlichen Informationen, die Hinweise zur sicheren Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel geben. Er wählt die unter den Umständen seines Betriebs für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel bedeutsamen Informationen aus und bezieht sie bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen ein. Er bringt den Beschäftigten die erforderliche Information zur Kenntnis.

Diese sind bei der Benutzung der Arbeitsmittel zu beachten.

2.2 Die Arbeitsmittel sind so bereitzustellen und zu benutzen, dass Gefährdungen für Beschäftigte durch physikalische, chemische und biologische Einwirkungen vermieden werden.

Insbesondere muss gewährleistet sein, dass

- Arbeitsmittel nicht für Arbeitsgänge und unter Bedingungen eingesetzt werden, für die sie entsprechend der Betriebsanleitung des Herstellers nicht geeignet sind,
- der Auf- und Abbau der Arbeitsmittel entsprechend den Hinweisen des Herstellers sicher durchgeführt werden kann,
- genügend freier Raum zwischen beweglichen Bauteilen der Arbeitsmittel und festen oder beweglichen Teilen in ihrer Umgebung vorhanden ist und
- alle verwendeten oder erzeugten Energieformen und Materialien sicher zugeführt und entfernt werden können.

Können Gefährdungen für Beschäftigte bei der Benutzung von Arbeitsmitteln nicht vermieden werden, so sind angemessene Maßnahmen festzulegen und umzusetzen.

2.3 Bei der Benutzung der Arbeitsmittel müssen die Schutzeinrichtungen benutzt werden und dürfen nicht unwirksam gemacht werden.

2.4 Der Arbeitgeber hat Vorkehrungen zu treffen, damit

- bei der Benutzung der Arbeitsmittel eine angemessene Beleuchtung gewährleistet ist;

- die Arbeitsmittel vor der Benutzung auf Mängel überprüft werden und während der Benutzung, soweit möglich, Mängelfreiheit gewährleistet ist. Bei Feststellung von Mängeln, die Auswirkungen auf die Sicherheit der Beschäftigten haben, dürfen die Arbeitsmittel nicht benutzt werden. Werden derartige Mängel während der Benutzung festgestellt, dürfen die Arbeitsmittel nicht weiter benutzt werden.
- Änderungs-, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten nur bei Stillstand des Arbeitsmittels vorgenommen werden. Das Arbeitsmittel und seine beweglichen Teile sind während dieser Arbeiten gegen Einschalten und unbeabsichtigte Bewegung zu sichern. Ist es nicht möglich die Arbeiten bei Stillstand des Arbeitsmittels durchzuführen, so sind angemessene Maßnahmen zu treffen, welche die Gefährdung für die Beschäftigten verringern. Maßnahmen der Instandsetzung und Wartung sind zu dokumentieren; sofern ein Wartungsbuch zu führen ist, sind die Eintragungen auf dem neuesten Stand zu halten.
- zur Vermeidung von Gefährdungen bei der Benutzung von Arbeitsmitteln an den Arbeitsmitteln oder in der Umgebung angemessene, verständliche und gut wahrnehmbare Kennzeichnungen und Gefahrenhinweise angebracht werden. Diese müssen von den Beschäftigten beachtet werden.
- die Benutzung von Arbeitsmitteln im Freien angepasst an die Witterungsverhältnisse so erfolgt, dass Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten gewährleistet ist.

2.5 Die Benutzung der Arbeitsmittel bleibt dazu geeigneten, unterwiesenen oder beauftragten Beschäftigten vorbehalten. Trifft dies für Beschäftigte nicht zu, dürfen diese Arbeitsmittel nur unter Aufsicht der Beschäftigten nach Satz 1 benutzt werden.

2.6 Die Arbeitsmittel sind so aufzubewahren, dass deren sicherer Zustand erhalten bleibt.

2.7 Bei der Benutzung von Arbeitsmitteln müssen angemessene Möglichkeiten zur Verständigung sowie Warnung bestehen und bei Bedarf genutzt werden, um Gefährdungen für die Beschäftigten abzuwenden. Signale müssen leicht wahrnehmbar und unmissverständlich sein. Sie sind gegebenenfalls zwischen den beteiligten Beschäftigten zu vereinbaren.

3 Mindestanforderungen für die Benutzung mobiler selbstfahrender und nicht-selbstfahrender Arbeitsmittel

3.1 Der Arbeitgeber hat Vorkehrungen zu treffen, damit

- das Führen selbstfahrender Arbeitsmittel den Beschäftigten vorbehalten bleibt, die im Hinblick auf das sichere Führen dieser Arbeitsmittel eine angemessene Unterweisung erhalten haben und dazu geeignet sind.
- für die Benutzung mobiler Arbeitsmittel in einem Arbeitsbereich geeignete Verkehrsregeln festgelegt und eingehalten werden.

- verhindert wird, dass sich Beschäftigte im Gefahrenbereich selbstfahrender Arbeitsmittel aufhalten. Ist die Anwesenheit aus betrieblichen Gründen unvermeidlich, sind Maßnahmen zu treffen, um Verletzungen der Beschäftigten zu verhindern.
- mobile Arbeitsmittel mit Verbrennungsmotor oder mit anderen kraftbetriebenen Einrichtungen nur benutzt werden, wenn die Zufuhr gesundheitlich zuträglicher Atemluft in ausreichender Menge sichergestellt ist.
- Verbindung und Trennung mobiler Arbeitsmittel mit anderen mobilen Arbeitsmitteln oder Zusatzausrüstungen ohne Gefährdung für die Beschäftigten erfolgt. Verbindungen müssen ausreichend bemessen sein und dürfen sich nicht unbeabsichtigt lösen können.
- mobile Arbeitsmittel so abgestellt und beim Transport sowie der Be- und Entladung so gesichert werden, dass unbeabsichtigte Bewegungen der Arbeitsmittel vermieden sind.

3.2 Das Mitfahren von Beschäftigten auf mobilen Arbeitsmitteln ist nur auf sicheren und für diesen Zweck ausgerüsteten Plätzen erlaubt. Die Geschwindigkeit ist zu verringern, falls Arbeiten während des Fahrens durchgeführt werden müssen.

4 Mindestanforderungen für die Benutzung von Arbeitsmitteln zum Heben von Lasten

4.1 Allgemeine Forderungen

4.1.1 Der Arbeitgeber hat Vorkehrungen zu treffen, damit

- die demontierbaren und mobilen Arbeitsmittel zum Heben von Lasten so aufgestellt und benutzt werden, dass die Standsicherheit des Arbeitsmittels gewährleistet ist und dessen Kippen, Verschieben oder Abrutschen verhindert wird. Die korrekte Durchführung der Maßnahmen ist zu überprüfen.
- das Heben von Beschäftigten nur mit für diesen Zweck vorgesehenen Arbeitsmitteln und Zusatzausrüstungen erfolgt. Das Heben von Beschäftigten durch hierfür nicht vorgesehene Arbeitsmittel ist ausnahmsweise zulässig, sofern geeignete Maßnahmen ergriffen wurden, welche die Sicherheit gewährleisten und eine angemessene Überwachung sicherstellen.
- beim Heben von Beschäftigten mit Arbeitsmitteln während ihrer Anwesenheit auf der Lastaufnahmeeinrichtung der Steuerstand ständig besetzt ist. Es müssen sichere Mittel zur Verständigung zur Verfügung stehen. Eine Bergung im Gefahrenfall ist im Voraus zu planen.
- hängende Lasten nicht über ungeschützte Arbeitsplätze geführt werden und sich keine Beschäftigten unter hängenden Lasten aufhalten. Sofern im Rahmen des reibungslosen Ablaufs der Arbeiten, die Anwesenheit von Beschäftigten unter hängenden Lasten nicht vermieden werden kann, sind geeignete Maßnahmen festzulegen und anzuwenden. Hierbei dürfen kraftschlüssig wirkende Lastaufnahmemittel nicht verwendet werden.

- Lasten sicher angeschlagen werden und sich die Lasten, Lastaufnahme- sowie Anschlagmittel nicht unbeabsichtigt lösen oder verschieben können. Die Lastaufnahme- und Anschlagmittel sind entsprechend den zu handhabenden Lasten, den Greifpunkten, den Einhakvorrichtungen, den Witterungsbedingungen sowie der Art und Weise des Anschlagens auszuwählen. Bei der Benutzung von Lastaufnahme und Anschlagmitteln müssen den Beschäftigten angemessene Informationen über deren Eigenschaften zur Verfügung stehen. Verbindungen von Anschlagmitteln sind deutlich zu kennzeichnen, sofern sie nach der Benutzung nicht getrennt werden.
- das Lastaufnahmemittel nach **Anhang 1** Nr. 3.2.4 Buchstabe a) auf seinen einwandfreien Zustand arbeitstäglich überprüft wird.

4.1.2 Die Lastaufnahme- und Anschlagmittel sind so aufzubewahren, dass ihre Beschädigung und die Beeinträchtigung ihrer Funktionsfähigkeit ausgeschlossen sind.

4.2 Mindestanforderungen für die Benutzung von Arbeitsmitteln zum Heben von nichtgeführten Lasten

4.2.1 Sind zwei oder mehrere Arbeitsmittel zum Heben von nichtgeführten Lasten an einem Arbeitsplatz so aufgebaut oder montiert, dass sich ihre Aktionsbereiche überschneiden, sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um Zusammenstöße zwischen Lasten und Bauteilen der Arbeitsmittel zu verhindern.

4.2.2 Kann der Beschäftigte, der ein Arbeitsmittel zum Heben von Lasten bedient, die Last über den gesamten Weg weder direkt, noch durch Zusatzgeräte beobachten, ist er durch einen anderen Beschäftigten einzuweisen. Es sind organisatorische Maßnahmen zu treffen, um Zusammenstöße mit der Last zu verhindern, die Beschäftigte gefährden können.

4.2.3 Der Arbeitgeber hat Vorkehrungen zu treffen, damit

- der Arbeitsablauf so gestaltet wird, dass Lasten sicher von Hand ein- und ausgehängt werden können. Es ist insbesondere zu gewährleisten, dass die betreffenden Beschäftigten direkt oder indirekt den Vorgang steuern.
- alle Hebevorgänge mit nichtgeführten Lasten ordnungsgemäß geplant und so durchgeführt werden, dass die Sicherheit der Beschäftigten gewährleistet ist. Wenn eine Last gleichzeitig durch zwei oder mehrere Arbeitsmittel angehoben werden soll, ist ein Verfahren festzulegen und zu überwachen, das die Zusammenarbeit sicherstellt.
- solche Arbeitsmittel zum Heben von nichtgeführten Lasten eingesetzt werden, die diese Lasten auch bei einem teilweisen oder vollständigen Energieausfall sicher halten; andernfalls sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um zu verhindern, dass Beschäftigte daraus herrührenden Gefährdungen ausgesetzt werden. Hängende Lasten dürfen nicht unüberwacht bleiben, es sei denn, dass der Zugang zum Gefahrenbereich verhindert wird, die Last sicher eingehängt wurde und sicher im hängenden Zustand gehalten wird.

- die Benutzung von Arbeitsmitteln zum Heben von nichtgeführten Lasten im Freien eingestellt wird, sobald die Witterungsbedingungen die Funktionssicherheit des Arbeitsmittels so beeinträchtigen, dass die Beschäftigten hierdurch Gefährdungen ausgesetzt sind. Es müssen die vom Hersteller des Arbeitsmittels vorgegebenen Maßnahmen getroffen werden, die insbesondere das Umkippen des Arbeitsmittels verhindern.

5 Mindestanforderungen für die Benutzung von Arbeitsmitteln, die für zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen bereitgestellt werden

5.1 Allgemeine Mindestvorschriften

5.1.1 Diese Vorschriften finden Anwendung bei der Benutzung einschließlich des Auf-, Um- und Abbaus von Gerüsten sowie bei der Benutzung von Leitern und von Zugangs- und Positionierungsverfahren unter der Zuhilfenahme von Seilen, die für zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen bereitgestellt werden.

5.1.2 Wenn zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen nicht auf sichere Weise und unter angemessenen ergonomischen Bedingungen von einer geeigneten Standfläche aus verrichtet werden können, sind Arbeitsmittel auszuwählen, die am geeignetsten sind, um während ihrer Benutzung sichere Arbeitsbedingungen auf Dauer zu gewährleisten. Dabei muss dem kollektiven Gefahrenschutz Vorrang vor dem individuellen Gefahrenschutz eingeräumt werden. Das ausgewählte Arbeitsmittel muss der Art der auszuführenden Arbeiten und den vorhersehbaren Beanspruchungen angepasst sein und eine gefahrlose Benutzung erlauben.

Die Auswahl der geeignetsten Zugangsmittel zu hoch gelegenen Arbeitsplätzen, an denen zeitweilige Arbeiten ausgeführt werden, hat unter Berücksichtigung des zu überwindenden Höhenunterschieds sowie der Dauer und der Häufigkeit der Benutzung zu erfolgen. Diese Auswahl muss auch die Flucht bei drohender Gefahr ermöglichen. Beim Zugang zum hoch gelegenen Arbeitsplatz und umgekehrt dürfen keine zusätzlichen Absturzfahren entstehen.

5.1.3 Alle Einrichtungen, die als Zugänge oder zeitweilige hoch gelegene Arbeitsplätze Anwendung finden, müssen so bemessen, aufgestellt, unterstützt, ausgesteift, verankert und beschaffen sein, dass sie die bei der vorgesehenen Verwendung anfallenden Lasten aufnehmen und ableiten können. Sie dürfen nicht überlastet werden und müssen auch während der einzelnen Bauzustände und der gesamten Nutzungszeit standsicher sein.

5.1.4 Die Benutzung einer Leiter als hoch gelegener Arbeitsplatz ist auf Umstände zu beschränken, unter denen die Benutzung anderer, sichererer Arbeitsmittel wegen der geringen Gefährdung und wegen der geringen Dauer der Benutzung oder der vorhandenen baulichen Gegebenheiten, die der Arbeitgeber nicht ändern kann, nicht gerechtfertigt ist.

5.1.5 Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen dürfen nur angewandt werden, wenn die Verwendung anderer, sichererer Arbeitsmittel nicht ver-

hältnismäßig ist, und wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass die betreffende Arbeit sicher durchgeführt werden kann.

5.1.6 Je nach Art des Arbeitsmittels, das auf der Grundlage der vorstehenden Nummern gewählt wird, sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, um die mit diesem Arbeitsmitteltyp verbundenen Gefahren für die Beschäftigten so gering wie möglich zu halten. Erforderlichenfalls ist die Anbringung von Absturzsicherungen vorzusehen. Diese Vorrichtungen müssen so gestaltet und so beschaffen sein, dass Abstürze verhindert und Verletzungen der Beschäftigten so weit wie möglich vermieden werden. Die kollektiven Absturzsicherungen dürfen nur an Zugängen zu Leitern oder Treppen unterbrochen werden.

Lassen sich aus arbeitstechnischen Gründen kollektive Absturzsicherungen nicht verwenden, müssen an deren Stelle kollektive Einrichtungen zum Auffangen abstürzender Personen (Auffangeinrichtungen) vorhanden sein.

5.1.7 Wenn es für die Ausführung einer besonderen Arbeit erforderlich ist, eine kollektive Absturzsicherung vorübergehend zu entfernen, müssen wirksame Ersatzmaßnahmen für die Sicherheit der Beschäftigten getroffen werden. Die Arbeit darf erst ausgeführt werden, wenn diese Maßnahmen getroffen wurden. Sobald diese besondere Arbeit endgültig oder vorübergehend abgeschlossen ist, müssen die kollektiven Absturzsicherungen unverzüglich wieder angebracht werden.

5.1.8 Zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen dürfen mittels der unter Nummer 5.1.1 genannten Arbeitsmittel nur dann ausgeführt werden, wenn die Witterungsverhältnisse die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigen. Insbesondere dürfen zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen nicht begonnen oder fortgesetzt werden, wenn durch starken oder böigen Wind, Vereisung oder Schneeglätte die Gefahr besteht, dass Beschäftigte abstürzen oder durch herabfallende oder umfallende Teile verletzt werden.

5.2 Besondere Vorschriften für die Benutzung von Gerüsten

5.2.1 Kann das gewählte Gerüst nicht nach einer allgemein anerkannten Regelausführung errichtet werden, ist für das Gerüst oder einzelne Bereiche des Gerüsts eine Festigkeits- und Standfestigkeitsberechnung vorzunehmen.

5.2.2 Der für die Gerüstbauarbeiten verantwortliche Arbeitgeber oder eine von ihm bestimmte, befähigte Person hat je nach Komplexität des gewählten Gerüsts einen Plan für Aufbau, Benutzung und Abbau zu erstellen. Dabei kann es sich um eine allgemeine Aufbau- und Verwendungsanleitung handeln, die durch Detailangaben für das jeweilige Gerüst ergänzt wird.

5.2.3 Die Standsicherheit des Gerüsts muss sichergestellt sein. Gerüste, die freistehend nicht standsicher sind, müssen verankert werden. Die Ständer eines Gerüsts sind vor der Gefahr des Verrutschens durch Fixierung an der Auflagefläche, durch eine Gleitschutz-

vorrichtung oder durch ein anderes, gleichwertiges Mittel zu schützen. Die belastete Fläche muss eine ausreichende Tragfähigkeit haben. Ein unbeabsichtigtes Fortbewegen von Fahrgerüsten während der Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen muss durch geeignete Vorrichtungen verhindert werden. Während des Aufenthalts von Beschäftigten auf einem Fahrgerüst darf dieses nicht fortbewegt werden.

5.2.4 Die Abmessungen, die Form und die Anordnung der Gerüstbeläge müssen für die auszuführende Arbeit geeignet sein. Die Gerüstbeläge müssen an die zu erwartende Beanspruchung angepasst sein und ein gefahrloses Begehen erlauben. Die Gerüstbeläge sind dicht aneinander und so zu verlegen, dass sie bei normaler Benutzung nicht wippen und nicht verrutschen können. Zwischen den einzelnen Gerüstbelägen und dem Seitenschutz darf kein gefährlicher Zwischenraum vorhanden sein.

5.2.5 Wenn bestimmte Teile eines Gerüsts nicht einsatzbereit sind – insbesondere während des Auf-, Ab- oder Umbaus – sind diese Teile mit dem Verbotssymbol "Zutritt verboten" zu kennzeichnen und durch Absperrungen, die den Zugang zur Gefahrenzone verhindern, angemessen abzugrenzen.

5.2.6 Gerüste dürfen nur unter der Aufsicht einer befähigten Person und von fachlich geeigneten Beschäftigten auf-, ab- oder umgebaut werden, die speziell für diese Arbeiten eine angemessene Unterweisung gemäß § 9 erhalten haben, die sich insbesondere auf Folgendes erstreckt:

- a) Verstehen des Plans für den Auf-, Ab- oder Umbau des betreffenden Gerüsts,
- b) sicherer Auf-, Ab- oder Umbau des betreffenden Gerüsts,
- c) vorbeugende Maßnahmen gegen die Gefahr des Absturzes von Personen und des Herabfallens von Gegenständen,
- d) Sicherheitsvorkehrungen für den Fall, dass sich die Witterungsverhältnisse so verändern, dass die Sicherheit des betreffenden Gerüsts und der betroffenen Personen beeinträchtigt sein könnte,
- e) zulässige Belastungen,
- f) alle anderen, mit dem Auf-, Ab- oder Umbau gegebenenfalls verbundenen Gefahren.

Der die Gerüstarbeiten beaufsichtigenden, befähigten Person und den betreffenden Beschäftigten muss die in Nummer 5.2.2 vorgesehene Aufbau- und Verwendungsanleitung mit allen darin enthaltenen Anweisungen vorliegen.

5.3 Besondere Vorschriften für die Benutzung von Leitern

5.3.1 Der Arbeitgeber darf Beschäftigten nur solche Leitern zur Verfügung stellen, die nach ihrer Bauart für die jeweils auszuführende Arbeit geeignet sind. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Leitern wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand überprüft werden.

5.3.2 Leitern müssen während der Benutzung standsicher und sicher begehbar aufgestellt sein. Leitern müssen zusätzlich gegen Umstürzen gesichert werden, wenn die Art der auszuführenden Arbeit dies erfordert. Tragbare Leitern müssen so auf einem tragfähigen, unbeweglichen und angemessen dimensionierten Untergrund stehen, dass die Stufen in horizontaler Stellung bleiben. Hängeleitern sind gegen unbeabsichtigtes Aushängen zu sichern. Sie müssen sicher und – mit Ausnahme von Strickleitern – so befestigt sein, dass sie nicht verrutschen oder in eine Pendelbewegung geraten können.

5.3.3 Das Verrutschen der Leiterfüße von tragbaren Leitern ist während der Benutzung dieser Leitern entweder durch Fixierung des oberen oder unteren Teils der Holme, durch eine Gleitschutzvorrichtung oder durch eine andere, gleichwertige Lösung zu verhindern. Leitern, die als Aufstieg benutzt werden, müssen so beschaffen sein, dass sie weit genug über die Austrittsstelle hinausragen, sofern nicht andere Vorrichtungen ein sicheres Festhalten erlauben. Aus mehreren Teilen bestehende Steckleitern oder Schiebeleitern sind so zu verwenden, dass die Leiterteile unbeweglich miteinander verbunden bleiben. Fährbare Leitern sind vor ihrer Benutzung sicher zu arretieren.

5.3.4 Leitern sind so zu verwenden, dass die Beschäftigten jederzeit sicher stehen und sich sicher festhalten können. Wenn auf einer Leiter eine Last getragen werden muss, darf dies ein sicheres Festhalten nicht verhindern.

5.4 Besondere Vorschriften für Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen

5.4.1 Bei der Verwendung eines Zugangs- und Positionierungsverfahrens unter Zuhilfenahme von Seilen müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- a) Das System umfasst mindestens zwei getrennt voneinander befestigte Seile, wobei eines als Zugangs-, Absenk- und Haltemittel (Arbeitsseil) und das andere als Sicherungsmittel (Sicherungsseil) dient.
- b) Die Beschäftigten erhalten und verwenden einen geeigneten Auffanggurt, über den sie mit dem Sicherungsseil verbunden sind.
- c) In dem System ist ein Sitz mit angemessenem Zubehör vorzusehen, der mit dem Arbeitsseil verbunden ist.
- d) Das Arbeitsseil wird mit sicheren Mitteln für das Aufseilen und Abseilen ausgerüstet. Es umfasst ein selbstsicherndes System, das in den Fällen, in denen Beschäftigte die Kontrolle über ihre Bewegungen verlieren, einen Absturz verhindert. Das Sicherungsseil ist mit einer bewegungssynchron mitlaufenden, beweglichen Absturzsicherung auszurüsten.
- e) Werkzeug und anderes Zubehör, das von den Beschäftigten benutzt werden soll, ist an deren Auffanggurt oder Sitz oder unter Rückgriff auf andere, angemessene Mittel zu befestigen.
- f) Die Arbeiten sind sorgfältig zu planen und zu überwachen, damit den Beschäftigten bei Bedarf unmittelbar Hilfe geleistet werden kann.

- g) Die betreffenden Beschäftigten haben gemäß § 9 eine angemessene und spezielle Unterweisung in den vorgesehenen Arbeitsverfahren, insbesondere in Bezug auf die Rettungsverfahren, zu erhalten.

5.4.2 Unter außergewöhnlichen Umständen, bei denen die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass die Verwendung eines zweiten Seils eine größere Gefährdung bei den Arbeiten bewirken würde, ist die Verwendung eines einzigen Seils zulässig, sofern geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um die Sicherheit der Beschäftigten zu gewährleisten.

Anhang 3

Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

1 Vorbemerkung

Die nachfolgende Zoneneinteilung gilt für Bereiche, in denen Vorkehrungen gemäß den §§ 3, 4 und 6 getroffen werden müssen. Aus dieser Einteilung ergibt sich der Umfang der zu ergreifenden Vorkehrungen nach **Anhang 4** Abschnitt A.

Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.

Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.

2 Zoneneinteilung

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt.

2.1 Zone 0 ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

2.2 Zone 1 ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

2.3 Zone 2 ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

2.4 Zone 20 ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

2.5 Zone 21 ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

2.6 Zone 22 ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Anhang 4

A Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten, die durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können

1 Vorbemerkung

Die Anforderungen dieses Anhangs gelten

- für Bereiche, die gemäß **Anhang 3** als explosionsgefährdet eingestuft und in Zonen eingeteilt sind, in allen Fällen, in denen die Eigenschaften der Arbeitsumgebung, der Arbeitsplätze, der verwendeten Arbeitsmittel oder Stoffe sowie deren Wechselwirkung untereinander und die von der Benutzung ausgehenden Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Atmosphären dies erfordern, und
- für Einrichtungen in nicht explosionsgefährdeten Bereichen, die für den explosions sicheren Betrieb von Arbeitsmitteln, die sich innerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen befinden, erforderlich sind oder dazu beitragen.

2 Organisatorische Maßnahmen

2.1 Unterweisung der Beschäftigten

Für Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen muss der Arbeitgeber die Beschäftigten ausreichend und angemessen hinsichtlich des Explosionsschutzes unterweisen.

2.2 Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben, Aufsicht

Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen sind gemäß den schriftlichen Anweisungen des Arbeitgebers auszuführen; ein Arbeitsfreigabesystem ist anzuwenden bei

- gefährlichen Tätigkeiten und
- Tätigkeiten, die durch Wechselwirkung mit anderen Arbeiten gefährlich werden können.

Die Arbeitsfreigabe ist vor Beginn der Arbeiten von einer hierfür verantwortlichen Person zu erteilen.

Während der Anwesenheit von Beschäftigten in explosionsgefährdeten Bereichen ist eine angemessene Aufsicht gemäß den Grundsätzen der Gefährdungsbeurteilung zu gewährleisten.

2.3 Explosionsgefährdete Bereiche sind an ihren Zugängen mit Warnzeichen nach Anhang III der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können (Fünfzehnte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Abs. 1 der Richtlinie 89/391/EWG) zu kennzeichnen.

2.4 In explosionsgefährdeten Bereichen sind Zündquellen, wie zum Beispiel das Rauchen und die Verwendung von offenem Feuer und offenem Licht zu verbieten. Ferner ist das Betreten von explosionsgefährdeten Bereichen durch Unbefugte zu verbieten. Auf das Verbot muss deutlich erkennbar und dauerhaft hingewiesen sein.

3 Explosionsschutzmaßnahmen

3.1 Treten innerhalb eines explosionsgefährdeten Bereiches mehrere Arten von brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben auf, so müssen die Schutzmaßnahmen auf das größtmögliche Gefährdungspotenzial ausgelegt sein.

3.2 Anlagen, Geräte, Schutzsysteme und die dazugehörigen Verbindungsvorrichtungen dürfen nur in Betrieb genommen werden, wenn aus dem Explosionsschutzdokument hervorgeht, dass sie in explosionsgefährdeten Bereichen sicher verwendet werden können. Dies gilt ebenfalls für Arbeitsmittel und die dazugehörigen Verbindungsvorrichtungen, die nicht als Geräte oder Schutzsysteme im Sinne der Richtlinie 94/9/EG gelten, wenn ihre Verwendung in einer Einrichtung an sich eine potenzielle Zündquelle darstellt. Es sind die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen, damit Verbindungsvorrichtungen nicht verwechselt werden.

3.3 Es sind alle erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um sicherzustellen, dass der Arbeitsplatz, die Arbeitsmittel und die dazugehörigen Verbindungsvorrichtungen, die den Arbeitnehmern zur Verfügung gestellt werden, so konstruiert, errichtet, zusammengebaut und installiert werden und so gewartet und betrieben werden, dass die Explosionsgefahr so gering wie möglich gehalten wird und, falls es doch zu einer Explosion kommen sollte, die Gefahr einer Explosionsübertragung innerhalb des Bereichs des betreffenden Arbeitsplatzes oder des Arbeitsmittels kontrolliert oder so gering wie möglich gehalten wird. Bei solchen Arbeitsplätzen sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Gefährdung der Beschäftigten durch die physikalischen Auswirkungen der Explosion so gering wie möglich zu halten.

3.4 Erforderlichenfalls sind die Beschäftigten vor Erreichen der Explosionsbedingungen optisch und akustisch zu warnen und zurückzuziehen.

3.5 Bei der Bewertung von Zündquellen sind auch gefährliche elektrostatische Entladungen zu beachten und zu vermeiden.

3.6 Explosionsgefährdete Bereiche sind mit Flucht- und Rettungswegen sowie Ausgängen in ausreichender Zahl so auszustatten, dass diese von den Beschäftigten im Gefahrenfall schnell, ungehindert und sicher verlassen und Verunglückte jederzeit gerettet werden können.

3.7 Soweit nach der Gefährdungsbeurteilung erforderlich, sind Fluchtmittel bereitzustellen und zu warten, um zu gewährleisten, dass die Beschäftigten explosionsgefährdete Bereiche bei Gefahr schnell und sicher verlassen können.

3.8 Vor der erstmaligen Nutzung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen muss die Explosionssicherheit der Arbeitsplätze einschließlich der vorgesehenen Arbeitsmittel und der Arbeitsumgebung sowie der Maßnahmen zum Schutz von Dritten überprüft werden. Sämtliche zur Gewährleistung des Explosionsschutzes erforderlichen Bedingungen sind aufrechtzuerhalten. Diese Überprüfung ist von einer befähigten Person durchzuführen, die über besondere Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes verfügt.

3.9 Wenn sich aus der Gefährdungsbeurteilung die Notwendigkeit dazu ergibt,

- und ein Energieausfall zu einer Gefahrenausweitung führen kann, muss es bei Energieausfall möglich sein, die Geräte und Schutzsysteme unabhängig vom übrigen Betriebssystem in einem sicheren Betriebszustand zu halten;
- müssen im Automatikbetrieb laufende Geräte und Schutzsysteme, die vom bestimmungsgemäßen Betrieb abweichen, unter sicheren Bedingungen von Hand abgeschaltet werden können. Derartige Eingriffe dürfen nur von beauftragten Beschäftigten durchgeführt werden;
- müssen gespeicherte Energien beim Betätigen der Notabschalteneinrichtungen so schnell und sicher wie möglich abgebaut oder isoliert werden, damit sie ihre gefährbringende Wirkung verlieren.

B Kriterien für die Auswahl von Geräten und Schutzsystemen

Sofern im Explosionsschutzdokument unter Zugrundelegung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung nichts anderes vorgesehen ist, sind in explosionsgefährdeten Bereichen Geräte und Schutzsysteme entsprechend den Kategorien gemäß der Richtlinie 94/9/EG auszuwählen.

Insbesondere sind in explosionsgefährdeten Bereichen folgende Kategorien von Geräten zu verwenden, sofern sie für brennbare Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube geeignet sind

- in Zone 0 oder Zone 20:
Geräte der Kategorie 1,
- in Zone 1 oder Zone 21:
Geräte der Kategorie 1 oder der Kategorie 2,
- in Zone 2 oder Zone 22:
Geräte der Kategorie 1, der Kategorie 2 oder der Kategorie 3.

Anhang 5

Prüfung besonderer Druckgeräte nach § 17

Übersicht

- 1 Außenliegende Heiz- oder Kühleinrichtungen
- 2 Druckgeräte mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen
- 3 Druckgeräte elektrischer Schaltgeräte und -anlagen
- 4 Druckgeräte in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen
- 5 Schalldämpfer
- 6 Druckgeräte für Feuerlöschgeräte und Löschmittelbehälter
- 7 Druckgeräte mit Auskleidung oder Ausmauerung
- 8 Druckgeräte mit Einbauten
- 9 Ortsfeste Druckgeräte für körnige oder staubförmige Güter
- 10 Fahrzeugbehälter für flüssige, körnige oder staubförmige Güter
- 11 Druckgeräte für nicht korrodierend wirkende Gase oder Gasgemische
- 12 Druckgeräte für Gase oder Gasgemische mit Betriebstemperaturen unter - 10 Grad Celsius
- 13 Druckgeräte für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand
- 14 Rotierende dampfbeheizte Zylinder
- 15 Steinhärtekessel
- 16 Druckgeräte aus Glas
- 17 Staubfilter in Gasleitungen
- 18 Druckgeräte in Wärmeübertragungsanlagen
- 19 Versuchsautoklaven
- 20 Heizplatten in Wellpappenerzeugungsanlagen
- 21 Wassererwärmungsanlagen für Trink- oder Brauchwasser
- 22 Pneumatische Weinpressen (Membranpressen, Schlauchpressen)
- 23 Plattenwärmetauscher
- 24 Lagerbehälter für Getränke
- 25 Verwendungsfertige Aggregate
- 26 Druckgeräte mit Schnellverschlüssen

1 Außenliegende Heiz- oder Kühleinrichtungen

Bei außenliegenden Heiz- oder Kühlkanälen, die der Beheizung oder Kühlung von Druckgeräten oder offenen Behältern dienen und die mit dem Behältermantel fest verbunden sind, sind wiederkehrende Prüfungen nur erforderlich, wenn die Verbindungs-nähte des Kanals mit der Behälterwandung einer Besichtigung nicht zugänglich sind.

2 Druckgeräte mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen

(1) Bei Druckgeräten im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen müssen wiederkehrende innere Prüfungen spätestens nach zehn Jahren durchgeführt werden, sofern die verwendeten Flüssigkeiten und Gase auf die Gerätewandung keine korrodierende Wirkung ausüben.

(2) Bei Ölzwischenbehältern in ölhdraulischen Regelanlagen können die wiederkehrenden Prüfungen entfallen.

3 Druckgeräte elektrischer Schaltgeräte und -anlagen

(1) Bei Druckluftbehältern elektrischer Schaltgeräte und -anlagen im Sinne der Nummer 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 oder im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 87/404/EWG können die wiederkehrenden inneren Prüfungen bis zu Instandsetzungsarbeiten zurückgestellt werden; sie müssen jedoch an Hauptbehältern spätestens nach zehn Jahren, an Zwischenbehältern und an den mit den Schaltgeräten unmittelbar verbundenen Behältern spätestens nach fünfzehn Jahren durchgeführt werden. Abweichend von Satz 1 gilt für die mit Schaltgeräten unmittelbar verbundenen Druckluftbehälter § 15 Abs. 5 Satz 2 und 3 sowie Abs. 9 Satz 2 entsprechend, wenn sie mit trockener Luft betrieben werden.

(2) Bei Druckluftbehältern nach Absatz 1 können die wiederkehrenden Festigkeitsprüfungen entfallen. Die inneren Prüfungen sind jedoch durch Festigkeitsprüfungen zu ergänzen, wenn wesentliche Ausbesserungen stattgefunden haben oder wenn die inneren Prüfungen zur Beurteilung des sicherheitstechnischen Zustands der Behälter nicht ausreichen.

(3) Bei Isoliermittel- und Löschmittel-Vorratsbehältern sowie Hydraulikspeichern im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 elektrischer Schaltgeräte und -anlagen können wiederkehrende Prüfungen entfallen, sofern die Druckgeräte mit Gasen oder Flüssigkeiten beschickt werden, die auf Gerätewandungen keine korrodierende Wirkung ausüben. Es müssen jedoch Dichtheitsprüfungen von einer befähigten Person entsprechend den sicherheitstechnischen Erfordernissen durchgeführt werden.

(4) Bei Druckgeräten für elektrische Hochspannungsschaltgeräte, -anlagen und gasisolierte Rohrschienen für elektrische Energieübertragung im Sinne der Richtlinie 97/23/EG, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie nach

– Diagramm 1 in die Kategorie III oder IV oder

- Diagramm 2 in die Kategorie II, III oder IV

einzustufen sind, können die Prüfung vor Inbetriebnahme und bei Druckgeräten im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 die wiederkehrenden Prüfungen von einer befähigten Person durchgeführt werden, soweit diese elektrischen Betriebsmittel für ihre Funktion unter Überdruck stehende Lösch- oder Isoliermittel benötigen und soweit sie nicht unter die Absätze 1 bis 3 fallen. Die wiederkehrenden Prüfungen können entfallen, sofern die Druckgeräte mit Gasen oder Gasgemischen beschickt werden, die auf Gerätewandungen keine korrodierende Wirkung ausüben; es sind jedoch Dichtheitsprüfungen von einer befähigten Person entsprechend den sicherheitstechnischen Erfordernissen durchzuführen.

4 Druckgeräte in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen

Bei Druckgeräten, die mit Kältemitteln in geschlossenem Kreislauf betrieben werden, müssen innere Prüfungen und Festigkeitsprüfungen nur durchgeführt werden, wenn das Druckgerät zu Instandsetzungsarbeiten außer Betrieb genommen wird.

5 Schalldämpfer

(1) Bei Schalldämpfern, die in Rohrleitungen eingebaut sind, können wiederkehrende innere Prüfungen entfallen.

(2) Bei Schalldämpfern, die mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, können die Prüfung vor Inbetriebnahme und die wiederkehrenden Prüfungen entfallen.

6 Druckgeräte für Feuerlöschgeräte und Löschmittelbehälter

(1) Bei tragbaren Feuerlöschern, die als funktionsfertige Baugruppe in Verkehr gebracht werden, entfällt die Prüfung vor Inbetriebnahme. Die wiederkehrenden Prüfungen dürfen bei diesen Feuerlöschern durch eine befähigte Person durchgeführt werden, wenn das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V nicht mehr als 1 000 bar • Liter beträgt.

(2) Bei Druckgeräten für Feuerlöschgeräte, die nur beim Einsatz unter Druck gesetzt werden, und bei Kohlensäure- und Halonbehältern für Löschzwecke brauchen wiederkehrende Prüfungen nach Ablauf der Prüf Fristen nur durchgeführt zu werden, wenn die Geräte nachgefüllt werden. Bei Pulverlöschmittelbehältern können wiederkehrende Festigkeitsprüfungen entfallen, wenn bei den inneren Prüfungen Mängel nicht festgestellt worden sind.

7 Druckgeräte mit Auskleidung oder Ausmauerung

(1) Bei Druckgeräten mit Auskleidung können wiederkehrende Festigkeitsprüfungen entfallen, sofern bei den inneren Prüfungen keine Beschädigung der Auskleidung festgestellt worden ist.

(2) Bei Druckgeräten mit Ausmauerung können die wiederkehrenden Prüfungen entfallen. Es müssen jedoch innere Prüfungen durchgeführt werden, wenn

1. Teile der Ausmauerung im Ausmaß von 1 m² oder mehr entfernt,
2. Wandungen freigelegt oder
3. Anfressungen oder Schäden an den Gerätewandungen festgestellt worden sind.

Im Übrigen müssen innere Prüfungen und Festigkeitsprüfungen durchgeführt werden, wenn die Ausmauerung vollständig entfernt worden ist.

(3) Bei Druckgeräten, bei denen zwischen Auskleidung und Mantel ein Zwischenraum verbleibt, der im Hinblick auf die Dichtheit der Auskleidung betrieblich geprüft wird, entfallen die wiederkehrenden Prüfungen, sofern die Einrichtungen auf Zuverlässigkeit und Eignung von der zugelassenen Überwachungsstelle überprüft worden sind. Über die Prüfungen des Zwischenraumes ist Buch zu führen. Wird ein solches Gerät im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 nach Ablauf der Fristen nach § 15 Abs. 5 im Rahmen von Instandsetzungsarbeiten so geöffnet, dass es einer inneren Prüfung zugänglich ist, so ist diese Prüfung durchzuführen.

8 Druckgeräte mit Einbauten

An Druckgeräten im Sinne der Nummern 1 bis 4 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 mit Einbauten, bei denen mit Gefährdungen, zum Beispiel Korrosion, nicht zu rechnen ist und bei denen die innere Prüfung aller Wandungsteile nicht oder nur unter großen Schwierigkeiten möglich ist, kann die Prüffrist für die inneren Prüfungen bis zu zehn Jahre erweitert werden, sofern bei der ersten wiederkehrenden inneren Prüfung keine Mängel festgestellt worden sind.

9 Ortsfeste Druckgeräte für körnige oder staubförmige Güter

Bei ortsfesten Druckgeräten für körnige oder staubförmige Güter können wiederkehrende Druckprüfungen entfallen.

10 Fahrzeugbehälter für flüssige, körnige oder staubförmige Güter

(1) Bei Fahrzeugbehältern für flüssige, körnige oder staubförmige Güter ohne eigene Sicherheitseinrichtungen entfällt die Prüfung vor Inbetriebnahme. Die Fristen für die wiederkehrenden Prüfungen werden dann von der Herstellung des Behälters an gerechnet.

(2) Bei Fahrzeugbehältern für körnige oder staubförmige Güter können die wiederkehrenden Festigkeitsprüfungen entfallen.

(3) Bei Straßenfahrzeugbehältern im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 für flüssige, körnige oder staubförmige Güter müssen spätestens nach zwei Jahren äußere Prüfungen von einer zugelassenen Überwachungsstelle durchgeführt werden.

11 Druckgeräte für nicht korrodierend wirkende Gase oder Gasgemische

(1) An nicht erdgedeckten Druckgeräten im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 für Gase oder Gasgemische, die auf die Gerätewandung keine korrodierende Wirkung ausüben, müssen die inneren Prüfungen durch eine zugelassene Überwachungsstelle spätestens nach zehn Jahren durchgeführt werden.

(2) Bei Druckgeräten nach Absatz 1, deren drucktragende Wandungen weder ganz noch teilweise aus hochfesten Feinkornbaustählen bestehen, können die wiederkehrenden Festigkeitsprüfungen entfallen, wenn die Prüfung vor Inbetriebnahme nicht mehr als zehn Jahre zurückliegt oder wenn bei der zuletzt durchgeführten inneren Prüfung Mängel nicht festgestellt worden sind.

(3) Bei Druckgeräten nach Absatz 1 kann bei der wiederkehrenden Prüfung auf die Berücksichtigung der inneren Wandung verzichtet werden, wenn die Geräte

1. ausschließlich der Lagerung von Propan, Butan oder deren Gemischen mit einem genormten Reinheitsgrad dienen,
2. keine Einbauten, zum Beispiel Heizungen oder Versteifungsringe, haben und
3. nicht mehr als 3 t Fassungsvermögen haben.

(4) Erdgedeckte Druckgeräte im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 für Gase oder Gasgemische, die auf die Gerätewandung keine korrodierende Wirkung ausüben, sind den Druckgeräten nach Absatz 1 gleichgestellt, wenn sie besonders wirksam gegen chemische und mechanische Angriffe geschützt sind, zum Beispiel

- mit Bitumenumhüllungen und zusätzlichem kathodischen Korrosionsschutz versehen sind,
- als Druckbehälter mit zusätzlichem Außenbehälter aus Stahl und einer Lecküberwachung des Zwischenraumes ausgeführt sind oder

- mit einer Außenbeschichtung mit Beschichtungsstoffen auf der Basis von Epoxid- oder ungesättigten Polyesterharzen so beschichtet sind, dass sie den bei der bestimmungsgemäßen Verwendung zu erwartenden Beanspruchungen standhalten.

Die besonderen Schutzmaßnahmen nach Satz 1 sind in die Prüfung vor Inbetriebnahme einzubeziehen. Die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes ist spätestens nach einem Jahr, die Funktion der Einrichtungen für den kathodischen Korrosionsschutz und die Lecküberwachung sind spätestens alle zwei Jahre durch eine befähigte Person zu überprüfen. Kathodische Korrosionsschutzanlagen mit Fremdstrom müssen spätestens alle vier Jahre durch eine zugelassene Überwachungsstelle geprüft werden.

(5) Bei elektrisch beheizten Druckgeräten im Sinne der Nummer 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 für Kohlensäure können die äußeren Prüfungen von befähigten Personen durchgeführt werden.

(6) Bei Druckgeräten zum Verdampfen von nicht korrodierend wirkenden Gasen oder Gasgemischen, die ausschließlich aus Rohranordnungen bestehen, müssen unabhängig von ihrem maximal zulässigen Druck PS und ihrer Nennweite DN wiederkehrende innere Prüfungen und Festigkeitsprüfungen von befähigten Personen nur durchgeführt werden, wenn sie zu Instandsetzungsarbeiten außer Betrieb genommen werden.

(7) Die in § 14 Abs. 1 geforderten Prüfungen können bei Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b), die in Serie gefertigt sind und die nicht unter den § 14 Abs. 3 Satz 1 fallen, durch eine befähigte Person durchgeführt werden, wenn die Ausrüstung des Behälters im Baumuster enthalten ist und die Prüfung einer Anlage der Serie durch eine zugelassene Überwachungsstelle erfolgt ist.

12 Druckgeräte für Gase oder Gasgemische mit Betriebstemperaturen unter -10 Grad Celsius

(1) Bei Druckgeräten für Gase oder Gasgemische, deren Betriebstemperaturen dauernd unter -10 Grad Celsius gehalten werden, müssen die wiederkehrenden inneren Prüfungen und Festigkeitsprüfungen nur durchgeführt werden, wenn sie zu Instandsetzungsarbeiten außer Betrieb genommen werden.

(2) Bei Druckgeräten nach Absatz 1 müssen wiederkehrende innere Prüfungen und wiederkehrende Festigkeitsprüfungen von zugelassenen Überwachungsstellen durchgeführt werden, auch wenn der zulässige maximale Druck weniger als ein bar beträgt.

13 Druckgeräte für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand

(1) An Druckgeräten für brennbare Gase und Gasgemische in flüssigem Zustand, die auf die Geräterwandungen

- korrodierende Wirkung ausüben, müssen alle zwei Jahre äußere Prüfungen von einer zugelassenen Überwachungsstelle

- keine korrodierende Wirkung ausüben, müssen alle zwei Jahre äußere Prüfungen von einer befähigten Person

durchgeführt werden.

(2) Bei beheizten Druckgeräten zum Lagern brennbarer Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand müssen alle zwei Jahre äußere Prüfungen von einer zugelassenen Überwachungsstelle durchgeführt werden.

(3) Bei Druckgeräten für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand, die zur Durchführung wiederkehrender Prüfungen von ihrem Aufstellungsort entfernt und nach Durchführung dieser Prüfungen an einem anderen Ort wieder aufgestellt werden, kann die erneute Prüfung vor Inbetriebnahme entfallen, sofern die Anschlüsse und die Ausrüstungsteile des Druckgeräts nicht geändert worden sind, am neuen Aufstellungsort bereits eine Prüfung vor Inbetriebnahme eines gleichartigen Druckgeräts durchgeführt worden ist und dem Prüfbuch eine Ablichtung über die Prüfung vor Inbetriebnahme des ersetzten Druckgeräts beigelegt ist.

14 Rotierende dampfbeheizte Zylinder

An rotierenden dampfbeheizten Zylindern müssen wiederkehrende Festigkeitsprüfungen nur durchgeführt werden, wenn die Zylinder aus dem Maschinengestell ausgebaut werden.

15 Steinhärtekessel

(1) An Steinhärtekesseln nach der Nummer 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 müssen die wiederkehrenden inneren Prüfungen spätestens alle zwei Jahre durchgeführt werden.

(2) An instand gesetzten Steinhärtekesseln mit eingesetzten Flicken müssen die Reparaturbereiche jährlich einer Oberflächenrissprüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle unterzogen werden.

(3) An Bereichen von Flicken mit einer Länge über 400 mm in Längsrichtung muss die Oberflächenrissprüfung nach Absatz 2 erstmals spätestens in einem halben Jahr nach der Reparatur durchgeführt werden.

(4) Auf die Prüfungen nach Absatz 2 kann verzichtet werden, wenn nach fünf Prüfungen der Reparaturbereiche Mängel nicht festgestellt worden sind.

16 Druckgeräte aus Glas

(1) Bei Druckgeräten aus Glas, ausgenommen Versuchsautoklaven nach Nummer 19, entfallen die wiederkehrenden Prüfungen. Falls die Geräte durch abtragende Medien beansprucht werden, müssen in Zeitabständen, die entsprechend den Betriebsbeanspru-

chungen festzulegen sind, Wanddickenmessungen von einer befähigten Person durchgeführt werden.

(2) An Druckgeräten aus Glas muss vor der ersten Inbetriebnahme eine Dichtheitsprüfung von einer befähigten Person durchgeführt werden.

17 Staubfilter in Gasleitungen

Bei Staubfiltern in Gasleitungen im Sinne der Richtlinie 97/23/EG, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie nach

- Diagramm 1 in die Kategorie III oder IV oder
- Diagramm 2 in die Kategorie II, III oder IV

einzustufen sind, können die Prüfung vor Inbetriebnahme und bei Staubfiltern im Sinne der Nummern 1 und 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 auch die wiederkehrenden Prüfungen durch eine zugelassene Überwachungsstelle entfallen. Satz 1 findet keine Anwendung auf Cyklonfilter.

18 Druckgeräte in Wärmeübertragungsanlagen

(1) An Druckgeräten in Wärmeübertragungsanlagen, in denen organische Flüssigkeiten erhitzt oder in denen diese Flüssigkeiten oder ihre Dämpfe zur Wärmeabgabe verwendet werden, müssen folgende Prüfungen von einer zugelassenen Überwachungsstelle durchgeführt werden:

1. eine Prüfung vor Inbetriebnahme, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen V mehr als 100 bar × Liter beträgt und
2. wiederkehrende Prüfungen, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen V mehr als 500 bar × Liter beträgt.

(2) Wärmeübertragungsanlagen nach Absatz 1 sowie Teile dieser Anlagen dürfen erstmalig sowie nach einer Instandsetzung oder einer Änderung nur in Betrieb genommen werden, nachdem sie von einer befähigten Person auf Dichtheit geprüft worden sind.

(3) Wärmeübertragungsanlagen nach Absatz 1 dürfen nur betrieben werden, wenn der Wärmeträger durch eine befähigte Person nach Bedarf, jedoch mindestens einmal jährlich, auf weitere Verwendbarkeit geprüft worden ist.

19 Versuchsautoklaven

(1) An Versuchsautoklaven müssen die wiederkehrenden Prüfungen von einer zugelassenen Überwachungsstelle durchgeführt werden, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen V mehr als 100 bar × Liter be-

trägt. Die Prüfung vor Inbetriebnahme und die wiederkehrenden äußeren Prüfungen können entfallen.

(2) Versuchsautoklaven müssen nach jeder Verwendung von einer befähigten Person geprüft werden.

20 Heizplatten in Wellpappenerzeugungsanlagen

An Heizplatten in Wellpappenerzeugungsanlagen brauchen wiederkehrende Festigkeitsprüfungen nur durchgeführt zu werden, wenn die Heizplatten aus dem Maschinengestell ausgebaut werden. Innere Prüfungen entfallen.

21 Wassererwärmungsanlagen für Trink- oder Brauchwasser

Bei Druckräumen, die der Beheizung von geschlossenen Wasserräumen von Wassererwärmungsanlagen mit einer zulässigen maximalen Temperatur des Heizmittels von höchstens 110 Grad Celsius dienen, können die Prüfung vor Inbetriebnahme und die wiederkehrenden Prüfungen von einer befähigten Person vorgenommen werden. Wiederkehrende Prüfungen sind jährlich durchzuführen, wenn Wärmeträgermedien Stoffe oder Zubereitungen enthalten, die gefährliche Eigenschaften im Sinne von § 3 Nr. 3a des Chemikaliengesetzes haben. Im Übrigen findet § 15 Abs. 5 Satz 2 und 3 sowie Abs. 9 Satz 2 entsprechende Anwendung.

22 Pneumatische Weinpressen (Membranpressen, Schlauchpressen)

(1) An Druckgeräten zum Pressen von Weintrauben können die wiederkehrenden Prüfungen entfallen, sofern sie jährlich mindestens einmal von einer befähigten Person auf sichtbare Schäden geprüft worden sind. Werden jedoch an druckbeanspruchten Teilen von der befähigten Person Schäden festgestellt oder Instandsetzungsarbeiten vorgenommen, müssen innere Prüfungen und Festigkeitsprüfungen durchgeführt werden, bei Druckgeräten im Sinne der Richtlinie 97/23/EG, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie nach Diagramm 2 in die Kategorie II, III oder IV einzustufen sind, von einer zugelassenen Überwachungsstelle.

(2) Ausrüstungsteile von Druckgeräten nach Absatz 1 müssen wiederkehrend spätestens alle fünf Jahre geprüft werden, und zwar bei Druckgeräten im Sinne der Nummer 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 von einer zugelassenen Überwachungsstelle, im Übrigen von einer befähigten Person.

23 Plattenwärmetauscher

Bei Plattenwärmetauschern, die aus lösbar verbundenen Platten bestehen, können die Prüfungen vor Inbetriebnahme und die wiederkehrenden Prüfungen entfallen.

24 Lagerbehälter für Getränke

(1) An Druckbehältern im Sinne der Nummer 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5, die der Lagerung von Getränken dienen, können die wiederkehrenden Prüfungen entfallen, sofern sie jährlich mindestens einmal von befähigten Personen auf sichtbare Schäden geprüft worden sind. Werden jedoch an druckbeanspruchten Teilen Schäden festgestellt oder Instandsetzungsarbeiten vorgenommen, müssen innere Prüfungen und Festigkeitsprüfungen entsprechend der Nummer 2 der **Tabelle** in § 15 Abs. 5 durchgeführt werden.

(2) Ausrüstungsteile von Druckbehältern nach Absatz 1, die unter Druck gefüllt, entleert oder sterilisiert werden, müssen erstmalig und wiederkehrend alle fünf Jahre geprüft werden. Die Prüfungen sind von zugelassenen Überwachungsstellen durchzuführen, wenn der zulässige Betriebsüberdruck mehr als ein bar beträgt.

25 Verwendungsfertige Aggregate

Bei verwendungsfertig serienmäßig hergestellten Aggregaten mit Druckgeräten im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 97/23/EG oder einfachen Druckbehältern im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 87/404/EWG kann für die in Serie gefertigten Anlagen eine Prüfung vor Inbetriebnahme ohne Bezug auf einen Aufstellplatz an einem Muster durch eine zugelassene Überwachungsstelle durchgeführt werden, sofern für Geräte oder Behälter das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V nicht mehr als $1.000 \text{ bar} \times \text{Liter}$ beträgt. Bei überwachungsbedürftigen Anlagen, bei denen eine Bescheinigung über eine Prüfung nach Satz 1 vorliegt, findet § 15 Abs. 5 Satz 2 und 3 sowie Abs. 9 Satz 2 entsprechende Anwendung.

26 Druckgeräte mit Schnellverschlüssen

An Schnellverschlüssen von Druckgeräten im Sinne der Richtlinie 97/23/EG, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie nach

- Diagramm 1 in die Kategorie IV oder
- Diagramm 2 in die Kategorie III oder IV

einzustufen sind, müssen äußere Prüfungen von der zugelassenen Überwachungsstelle spätestens nach zwei Jahren durchgeführt werden.

Anlage 3

Das Verzeichnis der durch anerkannte nationale Prüfstellen geprüften Gaswarngeräte kann auf der Internetseite der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie

www.bgchemie.de

unter Prävention/Explosionsschutz/Gaswarngeräte

eingesehen werden.

Anlage 4

Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen nach TRBS 2152 Teil 2, Anhang Abschnitt 2

Vorbemerkungen zur Beispielsammlung

Der Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosionsschutz" überarbeitet regelmäßig und systematisch die Beispielsammlung. Diese Überarbeitung wird notwendig wegen

- des Harmonisierungsprozesses durch europäische Richtlinien und Normen sowie
- der Weiterentwicklung der Technik.

Die Überarbeitung der Beispielsammlung soll jetzt die Beispiele im Hinblick auf Grundsätzliches straffen und mögliche frühere unterschiedliche Aussagen zum gleichen Sachverhalt bereinigen. Die neue Beispielsammlung erscheint im Blaudruck. Die alte Beispielsammlung im Gründruck wird für eine Übergangsphase beibehalten und ist im Internet unter www.bgchemie.de Prävention Explosionsschutz zu finden.

Bevorzugt anzuwenden ist die neue (blaue) Beispielsammlung. Die Beispiele der alten (grünen) Beispielsammlung werden – sofern entsprechender Bedarf besteht – bei der Neufassung von Regeln, Merkblättern oder Informationen dem neuen Wissensstand angepasst und im Abschnitt 5 der neuen Beispielsammlung als Verweis aufgenommen.

Überarbeitete Beispiele, für die es zunächst noch keine eigenen Regeln, Merkblätter oder Informationen gibt, werden im Abschnitt 4 "Spezielle Anlagen" eingestellt. Liegen keine neueren Beispiele vor, kann man die grüne Beispielsammlung zu Rate ziehen, wobei die Änderungen im Textteil der EX-RL zu beachten sind.

Der Beispielsammlung sind zunächst generelle Aussagen vorangestellt. Danach folgen grundsätzliche Fallbeispiele in den Abschnitten 1 bis 3. Die Fallbeispiele können im Rahmen von Ergänzungslieferungen nach Bedarf erweitert werden.

Die in den einzelnen Beispielen aufgeführten Maßnahmen gelten für den Normalbetrieb, berücksichtigen aber auch Betriebsstörungen. Sie können als Entscheidungshilfe bei der Auswahl von Art und Umfang der Schutzmaßnahmen für das Vermeiden von Explosionsgefahren dienen.

Für das erstmalige An- und Abfahren einer Anlage und den Explosionsschutz in Räumen, die über Öffnungen mit explosionsgefährdeten Bereichen in Verbindung stehen, sind besondere Überlegungen anzustellen.

Die Entscheidung, ob und mit welcher Wahrscheinlichkeit gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A.) auftreten kann, hängt von den gegebenen Umständen ab und muss sich stets auf den vorliegenden Einzelfall beziehen (TRBS 2152 Teil 1). Deshalb ist bei Anwendung der Beispielsammlung immer zu untersuchen, ob in dem zu beurteilenden Fall das Auftreten von g.e.A. hinsichtlich der Menge und Wahrscheinlichkeit mit dem Sachverhalt übereinstimmt, der dem Beispiel der Sammlung zugrunde liegt.

Bei Abweichungen von den in der Beispielsammlung angegebenen Voraussetzungen sind Änderungen der Zone bzw. deren Ausdehnung möglich.

In der Beispielsammlung werden die Zonenausdehnungen in der Spalte 5 in Metern angegeben. Dabei wird unterstellt, dass sich die g.e.A. annähernd kugelförmig um die Austrittsstelle ausbreitet, wobei die Austrittsstelle als Mittelpunkt des Kugelradius anzusehen ist. Mögliche Abweichungen sind besonders erwähnt. Nahbereich ist die unmittelbare Umgebung der Austrittsstelle. Der Radius des Nahbereiches beträgt höchstens 0,5 m.

Bei flächigen Quellen wird die Zone in der Regel durch eine Einhüllende mit Verrundungsradius angegeben.

In den Fällen, in denen explosionsgefährdete Bereiche (Zonen) durch Maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Spalte 4) verringert oder aufgehoben werden, ist Folgendes zu beachten:

- Nach Auffassung des Fachausschusses gelten die in der Spalte 5 der Beispielsammlung genannten Ausdehnungen der Zonen nur bei optimaler Anwendung der jeweils aufgeführten Maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Spalte 4). Dies ist bei der erforderlichen Beurteilung des Einzelfalles zu berücksichtigen.
- Besonders deutlich wird dieser Sachverhalt bei Anwendung der Schutzmaßnahme "Technische Lüftung (Raumlüftung)" (TRBS 2152 Teil 2, Ziffer 2.4.4.3).
- Wie in Abschnitt TRBS 2152 Teil 2, Ziffer 2.4.4 dargestellt, ist eine optimale Auslegung der Lüftungsanlage nur möglich, wenn die zu erwartenden maximalen Mengen austretender Stoffe und die anderen Voraussetzungen bekannt sind oder verlässlich abgeschätzt werden können.

Bei den Beispielen, die sich nur auf die Umgebung der Apparaturen beziehen, bedarf das Innere der Apparatur einer gesonderten Beurteilung.

Die in den Abschnitten 2.4.2 bis 2.4.3.5 der TRBS 2152 Teil 2 angegebenen Grundvoraussetzungen des Explosionsschutzes müssen stets erfüllt sein; sie sind deshalb in den Beispielen nicht gesondert erwähnt.

In einigen Fällen wurde die Ausdehnung der explosionsgefährdeten Bereiche aus bestehenden Vorschriften in der Spalte 5 "Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)" übernommen, die betreffende Vorschrift ist in Spalte 3 "Merkmale/Bemerkungen" genannt.

Hinweise zu den Tabellen:

1. Beim Vorliegen der in Spalte 2 erwähnten Anlagen oder Prozesse können in Spalte 3 genannte unterschiedliche apparative oder prozessbedingte Voraussetzungen oder Merkmale bzw. Bemerkungen auftreten [a), b), c), ...; 1., 2., 3., ...]. Unter diesen Punkten ist vermerkt, inwieweit mit dem Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (g.e.A.) zu rechnen ist.
2. Für den Fall, dass mit g.e.A. gerechnet werden muss, wird in Spalte 4 erwähnt, ob in der Anlage Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre) angewendet werden.

3. Können Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Spalte 4) nicht oder nicht vollständig durchgeführt werden, sind Schutzmaßnahmen nach E 2 (Vermeiden von Zündquellen), in Abhängigkeit von der entsprechenden Zone, notwendig.
4. Ist das Vermeiden von g.e.A. und von Zündquellen entsprechend der jeweiligen Zone nicht möglich, dann sind Schutzmaßnahmen nach E 3 (Konstruktiver Explosionschutz) erforderlich und in Spalte 6 vermerkt.

Alle Schutzmaßnahmen sind gleichwertig und auch kombiniert anwendbar (vgl. aber auch TRBS 2152 Ziffer 3 Abs. 1 Nr. 7).

Der Arbeitsplatzgrenzwert (TRGS 900) liegt in der Regel zwei bis drei Zehnerpotenzen unter der unteren Explosionsgrenze (UEG). Wenn aus Gründen des Gesundheitsschutzes vermehrt technische Maßnahmen in Räumen durchzuführen sind, werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens sowie die Ausdehnung einer möglichen explosionsfähigen Atmosphäre zwar erheblich reduziert, ein zumindest kurzzeitiges Überschreiten der UEG kann dadurch aber nicht immer sicher ausgeschlossen werden. Dies gilt in besonderem Maße bei Stäuben, wenn sich Staubablagerungen bilden können. Auf diesen Umstand wird in der Beispielsammlung verwiesen.

Gliederung der neuen Beispielsammlung

1 Brennbare Gase, Dämpfe, Nebel

- 1.1 Umgebung geschlossener gasführender Apparate, Behälter und Rohrleitungen – Allgemeines
 - 1.1.1 In Räumen
 - 1.1.2 Im Freien
- 1.2 Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 1.1
 - 1.2.1 Umgebung von Entnahmestellen aus Druckgasbehältern
 - 1.2.1.1 In Räumen
 - 1.2.1.2 Im Freien
 - 1.2.2 An explosionsgefährdete Bereiche angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienräume, Treppenhäuser) mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich
- 1.3 Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines

2 Brennbare Flüssigkeiten

- 2.1 Umgebung von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines
 - 2.1.1 In Räumen
 - 2.1.2 Im Freien
- 2.2 Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 2.1
 - 2.2.1 Abfüllen in verschließbare Gebinde und Behälter
 - 2.2.1.1 In Räumen
 - 2.2.1.2 Im Freien
 - 2.2.2 Abfüllen in offene Behälter (in Räumen)
 - 2.2.3 Umgebung von Probenahme- und Messeinrichtungen
 - 2.2.3.1 In Räumen
 - 2.2.3.2 Im Freien
 - 2.2.4 Mischeinrichtungen für Beschichtungsstoffe
 - 2.2.5 An explosionsgefährdeten Bereichen angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienräume, Treppenhäuser) mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich
 - 2.2.6 Laboratorien
 - 2.2.7 Läger

- 2.2.7.1 In Räumen
- 2.2.7.2 Im Freien
- 2.2.8 Lagern im Sicherheitsschrank
- 2.3 Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines

3 Brennbare Stäube

- 3.1 Umgebung staubführender Apparate und Behälter – Allgemeines
 - 3.1.1 Umgebung geschlossener staubführender Apparate und Behälter
 - 3.1.1.1 In Räumen
 - 3.1.1.2 Im Freien
 - 3.1.2 Umgebung nicht geschlossener staubführender Apparate und Behälter
 - 3.1.2.1 In Räumen
 - 3.1.2.2 Im Freien
 - 3.1.3 Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.1
 - 3.1.3.1 In Räumen
 - 3.1.3.1.1 Läger in Speichern und Hallen
 - 3.1.3.1.2 Befüllen und Entleeren (z.B. Sackaufgabestellen, Absackstellen, Waagen)
 - 3.1.3.1.3 Beladen von Getreide und Futtermitteln auf offene Fahrzeuge in Räumen
 - 3.1.3.2 Im Freien
- 3.2 Inneres von staubführenden Apparaten und Behältern – Allgemeines
- 3.3 Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.2
 - 3.3.1 Trockner
 - 3.3.1.1 Wirbelschichttrockner
 - 3.3.1.2 Sprühtrocknungsanlagen
 - 3.3.1.3 Hordentrockner/Tellertrockner
 - 3.3.2 Mühlen
 - 3.3.3 Förderanlagen
 - 3.3.3.1 Saugförderung, Druckgefäßförderung, Druckförderung
 - 3.3.3.2 Schneckenförderer, Trogkettenförderer (Redler)
 - 3.3.4 Filternde Abscheider (Filter)
 - 3.3.4.1 Rohgasraum
 - 3.3.4.2 Reingasraum

- 3.3.5 Mischer, Trockner (z.B. mechanische Mischer bzw. Trockner, pneumatische Mischer bzw. Trockner, mit oder ohne bewegliche Einbauten)
- 3.3.6 Silos, Bunker
- 3.3.7 Stationäre Strahlanlagen
 - 3.2.7.1 Strahlraum
 - 3.3.7.2 Abscheider der Strahlraumventilation
 - 3.3.7.3 Abscheider der Strahlmittelreinigung
 - 3.3.7.4 Außerhalb
 - 3.3.7.5 Rohrleitungen
- 3.3.8 Saugkopfstrahlgerät
 - 3.3.8.1 Abscheider
 - 3.3.8.2 Rohrleitungen

4 Spezielle Anlagen

- 4.1 Abwassertechnische Anlagen
- 4.2 Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung
 - 4.2.1 Gas-, Druckregel- und Messanlagen. Normalbetrieb (GDRM-Anlagen)
 - 4.2.1.1 In Räumen
 - 4.2.2 Erdgastankstellen
 - 4.2.2.1 Erdgasverdichter in Räumen
 - 4.2.2.2 Erdgasverdichter im Freien
 - 4.2.2.3 Kondensatentleerung im Freien
 - 4.2.2.4 Pufferbehälter in Räumen
 - 4.2.2.5 Verdichter und Pufferbehälter gemeinsam im Raum/Schrank
 - 4.2.2.6 Zapfsäule im Freien
 - 4.2.2.7 Abblase- und Entspannungsleitungen im Freien
- 4.3 Kohlenstaubanlagen und Brikettfabriken
 - 4.3.1 Zentralmahlanlagen und Räume mit Brikettpressen
 - 4.3.1.1 Das Innere von Kohlemahlanlagen
 - 4.3.1.2 Umgebung von Mahlanlagen
 - 4.3.1.3 Räume mit Brikettpressen
 - 4.3.2 Roh- und Feinkohlenbunker
 - 4.3.2.1 Das Innere von Roh- und Feinkohlenbunkern

- 4.3.2.2 Umgebung der Bunker
- 4.4 Steinkohlenaufbereitungsanlagen
 - 4.4.1 Rohwaschkohlen- und Staubbunker
 - 4.4.1.1 Im Inneren
 - 4.4.1.2 Umgebung der Einrichtungen
 - 4.4.2 Sieb- und Brecheinrichtungen sowie Sichter
 - 4.4.2.1 Im Innern der Einrichtungen
 - 4.4.2.2 Umgebung der Einrichtungen
- 4.5 Verarbeiten von Beschichtungsstoffen
 - 4.5.1 Verarbeiten von nichtentzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen (wasser-
verdünnbar)
 - 4.5.2 Verarbeiten von entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen in Spritzstän-
den und Spritzkabinen ohne elektrostatische Sprüheinrichtungen
 - 4.5.3 Verarbeiten von entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen in Spritzstän-
den und Spritzkabinen mit elektrostatischen Sprüheinrichtungen
 - 4.5.4 Verarbeiten von entzündbaren Beschichtungspulvern in Sprühständen und
Sprühkabinen mit elektrostatischen Sprüheinrichtungen
 - 4.5.5 Pulverrückgewinnung
 - 4.5.6 Verarbeiten von entzündbarem Flock
 - 4.5.7 Flockrückgewinnung
- 5 Hinweise auf weitere Beispiele in Regeln, Merkblättern und Informatio-
nen, die mit dem Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosions-
schutz" abgestimmt sind**
 - 5.1 Beispielsammlung Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit auf und in
Deponien
 - 5.2 Technische Regel für brennbare Flüssigkeiten "Läger"
 - 5.3 Fassmerkblatt "Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden"
 - 5.4 Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen
 - 5.5 Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten "Füllstellen, Entleerstellen und
Flugfeldbetankungsstellen"
 - 5.6 Elektrostatisches Beschichten
 - 5.7 Lackierräume und Einrichtungen; Bauliche Einrichtungen, Brand- und
Explosionsschutz, Betrieb
 - 5.8 Beispielsammlung Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit im Be-
reich von abwassertechnischen Anlagen

BGR 104

- 5.9 Batterieladeanlagen für Flurförderzeuge
- 5.10 Gasverdichteranlagen
- 5.11 Sicherheitstechnische Hinweise über das Verwenden von Aluminiumpulver, -pellets und -pasten bei der Herstellung von Porenbeton
- 5.12 Kaltreiniger
- 5.13 Warmlagerung von Bitumen
- 5.14 Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1	Brennbare Gase, Dämpfe, Nebel	Handhaben brennbarer Gase			
1.1	Umgebung geschlossener gasführender Apparate, Behälter und Rohrleitungen – Allgemeines				
1.1.1	In Räumen	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten. b) Das Auftreten von g.e.A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig in der Umgebung von Austrittsstellen möglich (z.B. an Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen, Pumpen, deren technische Dichtheit auf Dauer nicht gewährleistet ist). b1) Objektabsaugung b2) Konstruktion technisch dicht, nur geringe Leckagemöglichkeiten vorhanden	2.4.3.2 2.4.4.4 2.4.3.3	keine Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich z.B. an Umfüllanschlussstellen. c1) Gase schwerer als bzw. gleich schwer wie Luft c2) Gase leichter als Luft d) wie c) d1) Gase schwerer als bzw. gleich schwer wie Luft d2) Gase leichter als Luft, Deckenöffnung ins Freie vorhanden	2.4.3.4 2.4.4.3 2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m Zone 1: Nahbereich Zone 2: weitere 2 m oberhalb der Austrittsstelle Zone 1: 3 m Zone 2: weitere 6 m Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m oberhalb der Austrittsstelle	keine keine keine keine
1.1.2	Im Freien	wie 1.1.1, aber: Im Freien kann in Folge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1.2	Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 1.1	Gasführende Anlagen			
1.2.1	Umgebung von Entnahmestellen aus Druckgasbehältern	Zum Zeitpunkt eines Wechsels der Flüssig- gasflasche(n) ist betriebsbedingt von einem kurzzeitigen Gasaustritt auszugehen. Wird nach jedem Flaschenwechsel die Dichtheit der Verbindungsstellen durch Prüfung nach- gewiesen, ist g.e.A. nicht zu erwarten. Die Dichtheitsprüfung ist unter Betriebsdruck mit z.B. schaubildenden Mitteln durchzuführen.			
1.2.1.1	In Räumen	a) Gase leichter als Luft, z.B. Wasserstoff: a1) Ansammlung im Deckenbereich aus- geschlossen, z.B. wirksame Decken- öffnung ins Freie a2) Ansammlung im Deckenbereich nicht auszuschließen	2.4.3.3 2.4.4.2 2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: im Nahbereich um die Anschlussstelle Zone 2: im Deckenbereich und im Nahbereich um die An- schlussstelle	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		a3) Betriebsbedingte Austrittsstelle vorhanden. Wirksame Deckenöffnung ins Freie a4) Betriebsbedingte Austrittsstelle b) Gase schwerer als bzw. gleichschwer wie Luft Flüssiggasflaschen: b1) Einzelne Flüssiggasflasche mit direkt an das Flaschenabsperrrventil angeschlossenem Druckregelgerät; Entnahme aus der Gasphase. Beim Flaschenwechsel ist mit g.e.A. nicht zu rechnen, wenn die austretende Gasmenge auf das eingeschlossene Volumen zwischen Flaschenventil-Ausgangsbereich und Druckregelgerät-Eingangsbereich begrenzt ist.	2.4.3.4 2.4.4.2 2.4.3.4 2.4.4.3 2.4.3.4 2.4.3.5	Zone 1: 1 m um die Anschlussstelle Zone 2: weitere 3 m oberhalb der Anschlussstelle Zone 1: 0,5 m Zone 2: weitere 2 m oberhalb der Anschlussstelle keine Zone jedoch sind Zündquellen im Nahbereich des Flaschenabsperrrventils bzw. des Druckregelgerätes während des Flaschenwechsels zu vermeiden.	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		Bei dieser Betrachtung wird vorausgesetzt, dass vor und für den Zeitraum des Flaschenwechsels entweder 1. zuerst das Flaschenventil geschlossen wird; das im Leitungssystem befindliche Gas wird verbrannt und anschließend wird die zugehörige Absperreinrichtung der Verbrauchseinrichtung geschlossen oder 2. zuerst die Verbrauchseinrichtung über die zugehörige Absperreinrichtung geschlossen wird; dabei geht das Druckregelgerät in den Schließdruck. Anschließend wird das Flaschenventil geschlossen. Die beim Flaschenwechsel zu betrachtende Gasmenge berechnet sich hierbei aus dem Volumen, das zwischen dem geschlossenen Flaschenabsperreinrichtung und dem in der Anlage eingebauten Druckregelgerät^{*)} vorhanden ist. Wenn das austretende Gasvolumen zwischen dem geschlossenen Flaschenabsperreinrichtung und dem Druckregelgerät^{*)} bei Umgebungsdruck < 0,2 l beträgt, ist nicht mit einer g.e.A. zu rechnen.			

^{*)} Druckregelgerät einschließlich vorhandener Sicherheitseinrichtungen wie

- Sicherheitsabsperreinrichtung (SAV) und Leckgassicherheitsabblaseventil (PRV) oder
- Überdrucksicherungseinrichtung (siehe auch § 11 Abs. 4 BGV D34).

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		3. Wenn bei Mitteldruckanlagen der Schließ- druck nicht erreicht wird, kann beim Fla- schenwechsel Gas aus dem Leitungssys- tem und dem Druckregelgerät-Ausgangs- bereich in gefahrdrohender Menge entwei- chen. Um dies auszuschließen, ist vor dem Flaschenwechsel das Flaschenventil der Flüssiggasflasche zu schließen und das im System befindliche Gas zu verbrauchen (z.B. verbrennen).			
		b2) wie b1) jedoch nicht alle Punkte erfüllt. c) Lagern von Flüssiggasflaschen Hinweise: Flüssiggasflaschen sind gegen Umfallen oder Herabfallen zu sichern und stehend zu lagern. Die Flaschenabsperventile müssen fest verschlos- sen und mit den vorgesehenen Schutzeinrichtun- gen versehen sein (z.B. Ventilschutzkappen, ggf. Verschlussmutter). Flüssiggasflaschen sind grundsätzlich nicht in Räumen unter Erdgleiche zu lagern.	2.4.3.3	Zone 2: Nahbereich in Abhän- gigkeit von der Freisetzungsrate	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c1) Flüssiggasflasche(n) in ausschließlich ungeöffnetem Zustand. Hinweis: Bei dieser Betrachtung wird zu Grunde gelegt, dass die Flüssiggasflaschen bzw. die Flaschenabsperrentile im Füllwerk auf Dichtheit geprüft, sachgemäß transportiert werden, keine sichtbaren Mängel aufweisen und noch nicht zum Entleeren angeschlossen wurden. c2) Flüssiggasflasche(n) (teilentleerte, leere ungereinigte) mit geschlossenem Flaschenabsperrentil. Dichtheit durch Prüfung nachgewiesen. Hinweis: Entleerte ungereinigte Flüssiggasflaschen enthalten Restgas. Daher kann bei nicht komplett geschlossenem Flaschenventil Gas austreten.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone keine Zone	keine keine
1.2.1.2	Im Freien	wie 1.2.1.1, aber: Im Freien kann in Folge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1.2.2	An explosionsgefährdeten Bereichen angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienungsräume, Treppenhäuser) mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich	Räume, die keine Apparaturen oder Leitungen mit brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten enthalten: a) Raum mit geringem Überdruck durch Frischluftzufuhr aus ungefährdeten Bereichen b) Raum ist gegen Zone 1 abgedichtet bzw. abgeschleust, gegen Zone 2 geschlossene Fenster und selbstschließende Türen. Lüftung aus ungefährdeten Bereichen.	2.4.4.3 2.4.4.2	keine keine	keine keine
1.3	Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten, auch bei seltenen Störungen oder besonderen Betriebszuständen, weil: a1) die OEG sicher überschritten ist; bei Betriebszuständen, bei denen die OEG unterschritten werden kann (z.B. Erstinbetriebnahme, unkontrollierter Luftzutritt bei der Probenahme) sind zusätzliche Schutzmaßnahmen (z.B. zusätzlich Inertisieren) erforderlich;	2.3.2 2.3.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		a2) verfahrensbedingt die UEG sicher unterschritten ist (z.B. Abgasströme mit geringer Beladung ...); a3) die Sauerstoffgrenzkonzentration sicher unterschritten ist; bei Betriebszuständen, bei denen die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden könnte, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen (z.B. vermehrte Einspeisungsrate von Inertgas) erforderlich; a4) verfahrensbedingt Vakuum mit $p \leq 0,1$ bar (absolut) vorliegt; Schutzmaßnahmen, z.B. bei An- und Abfahrvorgängen unter Umständen erforderlich. b) Das Auftreten von g.e.A. ist normalerweise nicht oder aber kurzzeitig möglich: b1) Aufgrund seltener Störungen oder selten und kurzzeitig auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann b1.1) die OEG unterschritten werden;	2.3.2 2.3.3.2 2.3.4 2.3.2	keine keine keine Zone 2	keine keine keine keine

[illegible]

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c1.2) die UEG überschritten werden; c1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden; c1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf $\frac{1}{10}$ des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck). c2) wie c1) d) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf. d1) Das Gas-Luftgemisch liegt zeitlich überwiegend innerhalb der Explosionsgrenzen vor.	2.3.2 2.3.3.2 2.3.4 keine	Zone 1 Zone 0	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		d2) wie d1)	keine	Zone 0	erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können
2	Brennbare Flüssigkeiten	Handhaben brennbarer Flüssigkeiten, ihrer Dämpfe und Nebel Siehe auch "Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten"			
2.1	Umgebung von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines				
2.1.1	In Räumen	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten: a1) Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3));	2.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		a2) Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt nicht ausreichend über bzw. liegt unter der Verarbeitungstemperatur. b) Das Auftreten von g.e.A. ist normalerweise nicht oder nur kurzzeitig in der Umgebung von Austrittsstellen möglich (z.B. Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen, Füllstellen und Pumpen, deren technische Dichtheit auf Dauer nicht gewährleistet ist). Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)): b1) Objektabsaugung b2) Konstruktion technisch dicht; nur geringe Leckagemöglichkeiten vorhanden c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich (z.B. an Umfüllanschlussstellen).	2.4.3.2 2.4.4.4 2.4.3.3 2.4.3.4 2.4.4.3	keine Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m	keine keine keine
		d) wie c)	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 3 m Zone 2: weitere 6 m	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.1.2	Im Freien	wie 2.1.1, aber: Im Freien kann in Folge von Witterungsein- flüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit ge- ringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
2.2	Fallbeispiele – mögli- che praxisnahe Varian- ten der Umsetzung von Nr. 2.1				
2.2.1	Abfüllen in verschleiß- bare Gebinde und Be- hälter	Das Beispiel gilt nur für die Befüllung ver- schleißbarer Gebinde, die vor der Befüllung frei von Dämpfen brennbarer Flüssigkeiten sind und bei denen während der Befüllung (kleine Befüllöffnung) sowie zwischen Ab- schluss der Befüllung und Verschließen des Gebindes die Objektabsaugung bzw. Lüf- tungsmaßnahmen so wirksam sind, dass be- triebsmäßig weder um die Öffnung der Gebin- de noch um die Füllrohre bzw. Einfüllstutzen g.e.A. zu erwarten ist. Für Füllanlagen, die von diesem Beispiel nicht vollständig erfasst wer- den, wird auf TRbF 30 Nr. 5 verwiesen.			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.1.1	In Räumen	a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)), Temperaturerhöhungen nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist. b) Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)); Versprühen oder Vernebeln möglich. Beim Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten mit Temperaturen deutlich oberhalb der Umgebungstemperatur muss der Bereich oberhalb der Abfüllstelle im Einzelfall betrachtet werden: b1) Bei Störungen maximal zu erwartendes freigesetztes Volumen der brennbaren Flüssigkeit $V \leq 100$ ml, Auffangwanne max. 0,5 m unter Abfüllstelle, Abstand Auffangwanne – Boden mindestens 0,5 m	2.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b1.1) Störungen wie Überfüllung, Fehlbedienung, Leckagen an Befülleinrichtungen, Schäden an Gebinden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und deren Ausbreitung ausgeschlossen;	2.4.4.4	keine	keine
		b1.2) Seltene betriebliche Störungen möglich. Leckagemengen werden aufgefangen und sofort beseitigt. Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle	keine
		b1.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
		b1.4) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.2	Zone 2: 0,8 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
		b1.5) Gelegentlich betriebliche Störungen möglich, Leckagemengen werden aufgefangen, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 1: Nahbereich der Abfüllstelle Zone 2: Auffangwanne	keine
		b1.6) Gelegentlich betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 1: Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne Zone 2: 0,5 m um Auffangwanne	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b1.7) Gelegentlich Betriebsstörungen möglich.	2.4.4.2	Zone 1: Nahbereich der Abfüll- stelle und Auffangwanne Zone 2: 1 m um Auffangwanne	keine
		b2) wie b1) jedoch $100 \text{ ml} < V \leq 5 \text{ l}$			
		b2.1) Störungen wie Überfüllung, Fehl- bedienung, Leckagen an Befüll- einrichtungen, Schäden an Ge- binden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und de- ren Ausbreitung ausgeschlossen;	2.4.4.4	keine	keine
		b2.2) Seltene betriebliche Störungen möglich, Leckagemengen wer- den aufgefangen und sofort be- seitigt, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 2: Nahbereich der Abfüll- stelle und Auffangwanne	keine
		b2.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 2: 0,5 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
		b2.4) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.2	Zone 2: 1 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
		b2.5) Gelegentlich betriebliche Störun- gen möglich, Leckagemengen werden aufgefangen, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 1: 0,5 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: jeweils weitere 0,5 m	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b2.6) Gelegentlich betriebliche Störungen möglich; b2.7) Gelegentlich betriebliche Störungen möglich. b3) wie b1) jedoch $5\text{ l} < V \leq 1\text{ m}^3$ b3.1) Störungen wie Überfüllung, Fehlbedienung, Leckagen an Befüllseinrichtungen, Schäden an Gebinden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und deren Ausbreitung ausgeschlossen; b3.2) Seltene betriebliche Störungen möglich, Leckagemengen werden aufgefangen und sofort beseitigt, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne; b3.3) Seltene betriebliche Störungen möglich; b3.4) Seltene betriebliche Störungen möglich.	2.4.4.3 2.4.4.2 2.4.4.4 2.4.4.4 2.4.4.3 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: jeweils weitere 1 m Zone 1: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: jeweils weitere 2 m keine Zone 2: 0,5 m um Abfüllstelle und Auffangwanne Zone 2: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: 2 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne	keine keine keine keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b4) Abfüllen in Gebinde ($V > 1 \text{ m}^3$) Das Abfüllen größerer Mengen inner- halb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheits- schutzes ohne Gaspendelung oder Objektabsaugung nicht zulässig : Nichteinhaltung des Arbeitsplatz- grenzwertes.			
2.2.1.2	Im Freien	wie 2.2.1.1 Im Freien kann in Folge von Witterungsein- flüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit ge- ringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
2.2.2	Abfüllen in offene Be- hälter (in Räumen)	a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssig- keit ausreichend über der Verarbei- tungstemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)), Temperaturerhö- hungen nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist.	2.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)); Versprühen oder Vernebeln möglich. b1) Abfüllen in offene Behälter, $V \leq 10 \text{ l}$; b2) Abfüllen in offene Behälter, $V \leq 10 \text{ l}$; b2.1) technische Lüftung; b2.2) natürliche Lüftung; b3) Abfüllen in offene Behälter, $V > 10 \text{ l}$. Das Abfüllen größerer Mengen innerhalb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheitsschutzes ohne zusätzliche Maßnahmen (z.B. Gaspendelsysteme, Objektabsaugung) nicht zulässig : Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.	2.4.4.4 2.4.4.3 2.4.4.2	Zone 2: 0,5 m Zone 1: 0,5 m Zone 2: weitere 1 m Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 1 m	keine keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.3	Umgebung von Probe- nahme- und Messein- richtungen				
2.2.3.1	In Räumen	a) Geschlossene Probenahmeeinrichtung; b) Offene Probenahme unter Kontrolle, Aus- tritt nur kleiner Mengen möglich; c) wie b) d) wie b)	2.4.3.3 2.4.4.3 2.4.4.4 2.4.4.3 2.4.4.2	keine Zone 2: im Nahbereich Zone 2: 0,5 m Zone 1: im Nahbereich Zone 2: weitere 2 m	keine keine keine keine
2.2.3.2	Im Freien	wie 2.2.3.1 Im Freien kann in Folge von Witterungsein- flüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit ge- ringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.4	Mischeinrichtungen für Beschichtungsstoffe (bestehend aus Regalfarbmischgerät nach DIN EN 12757-1 "Mischgeräte zur Verwendung in der Fahrzeugreparaturlackierung"), Mikrofilmlesegerät/Mischcomputer und Waage	a) Beim Farbmischen aus Einzelgebinden liegt der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)). b) Beim Farbmischen aus Einzelgebinden liegt der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe nicht ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)). Verwendung von selbstschließenden Gebinden. c) Anmischen von Beschichtungsstoffen (z.B. Zugabe von Verdünnern, Härtern). Der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe liegt nicht ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)). c1) Verwendung von Einzelgebinden mit maximal 5 l Inhalt, natürliche Lüftung.	2.4.4.2 2.3.2 2.4.4.2 oder 2.4.4.3 2.4.4.2	keine keine Zone 2: bis zu einer Höhe von 0,5 m über Farbmischwaage bis zu einem Abstand von 2 m um das Einzelgebilde; gesamter Bodenbereich bis zu einer Höhe von 0,5 m	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c2) Wie c1) jedoch technische Lüftung. c3) Beim Verwenden von Einzelgebinden mit Inhalten V > 5 l, siehe 2.2.2	2.4.4.3	Zone 2: Nahbereich um die Farbmischwaage; gesamter Bodenbereich bis zu einer Höhe von 0,2 m	keine keine
2.2.5	An explosionsgefährdeten Bereichen angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienräume, Treppenhäuser) mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich	siehe 1.2.2			
2.2.6	Laboratorien	a) Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten in laborüblichen Mengen nach BGR 120. b) Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten im Abzug in nicht laborüblicher Menge, z.B. Rotationsverdampfer mit 10 l brennbarer Flüssigkeit oberhalb des Flammpunktes. Hinweis: Bei größeren Anlagen außerhalb laborüblicher Menge liegt Technikumscharakter vor. Schutzmaßnahmen sind auf Grundlage von Nr. 2 der Beispielsammlung festzulegen.	2.4.4.3 2.4.4.3 im Abzug	keine Zone 2 im Abzug	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.7	Läger	Siehe auch "Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) 20 Läger".			
2.2.7.1	In Räumen	a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Lagertemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)). b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)). b1) Behälter dicht verschlossen. Regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit; Lager wird regelmäßig begangen. Öffnen der Behälter im Lager ausgeschlossen. Lagerhöhe ist kleiner als die nach den gefahrgutrechtlichen Vorschriften vorgegebene Fallhöhe. Beschädigung durch Transporteinrichtungen weitgehend ausgeschlossen. Einsatz besonderer Transporteinrichtungen z.B. Verwendung von Fassgreifern statt Gabelstaplerzinken.	2.3.2 2.4.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b2) Falls b1) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter ist jedoch dicht verschlossen.	2.4.4.2	Zone 2: gesamter Raum bis 1,5 m Höhe; jedoch bei Räumen mit Raumvolumen kleiner 100 m ³ Zone 2: gesamter Raum	keine
		b3) wie b2)	2.4.4.2 in Kombinati- on mit 2.5.3	wie b2), jedoch Geräte, deren potenzielle Zündquelle durch die Gaswarnanlage abgeschal- tet werden, müssen nicht für den Einsatz in Zone 2 geeignet sein.	keine
		b4) wie b2)	2.4.4.3 in Kombinati- on mit 2.5.3	wie b2), jedoch Geräte, deren potenzielle Zündquelle durch die Gaswarnanlage abgeschal- tet werden, müssen nicht für den Einsatz in Zone 2 geeignet sein.	keine
		b5) wie b2)	2.4.4.3	Zone 2: gesamter Raum bis 0,8 m Höhe; jedoch bei Räumen mit Raumvolumen kleiner 100 m ³ Zone 2: gesamter Raum	keine
		b6) wie b5) jedoch Lüfter automatisch überwacht und Einleitung von Maß- nahmen bei Störungsmeldung	2.4.4.3	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.7.2	Im Freien	wie 2.2.7.1 Im Freien kann in Folge von Witterungsein- flüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit ge- ringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
2.2.8	Lagern im Sicherheits- schrank	siehe auch "Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten" TRbF 20 "Läger", Anhang L: Lagereinrichtungen in Arbeitsräumen (Si- cherheitsschränke) a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüs- sigkeit ausreichend über der Lagertem- peratur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)). b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)).	2.3.2	Keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b1) Technische Lüftung; Behälter dicht verschlossen, regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit, Öffnen der Behälter ausgeschlossen (kein Abfüllen oder Umfüllen und keine Probenahme); Abstellen von Behältern ohne äußere Benetzung durch brennbare Flüssigkeiten. b2) Falls b 1)nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter sind jedoch dicht verschlossen und technische Lüftung vorhanden (siehe TRbF 20 Anhang L, Punkt 4.1). b3) Natürliche Lüftung; Behälter dicht verschlossen, regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit, Öffnen der Behälter ausgeschlossen (kein Abfüllen oder Umfüllen und keine Probenahme); Abstellen von Behältern ohne äußere Benetzung durch brennbare Flüssigkeiten. b4) Falls b3) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter sind jedoch dicht verschlossen; natürliche Lüftung vorhanden (siehe TRbF 20, Anhang L, Punkt 4.2).	2.4.4.3 2.4.4.3 2.4.4.2 2.4.4.2	keine Zone 2: in Innern des Sicherheitsschrankes Zone 2: in Innern des Sicherheitsschrankes Zone 1 im Innern des Sicherheitsschrankes und Zone 2 in der Umgebung R 2,5 m um den Sicherheitsschrank in einer Höhe von 0,5 m über Fußboden	keine keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.3	Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten, auch nicht bei seltenen Störungen, wenn: a1) die UEG verfahrensbedingt sicher unterschritten ist; das liegt vor, wenn der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2(3)), Temperaturerhöhungen verfahrensbedingt nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist; a2) die OEG sicher überschritten ist; diese Arbeitsweise ist aufgrund von temperaturabhängigen Kondensationsvorgängen und des möglichen Abstandes vom Gleichgewichtszustand nur bedingt anwendbar; a3) die Sauerstoffgrenzkonzentration sicher unterschritten ist; a4) verfahrensbedingt Vakuum $p \leq 0,1$ bar (absolut) vorliegt. Gesonderte Schutzmaßnahmen (z.B. bei An- und Abfahrvorgängen) sind unter Umständen erforderlich.	2.3.2 2.3.2 2.3.3 2.3.4	keine keine keine keine	keine keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Das Auftreten von g.e.A. ist normaler- weise nicht oder aber nur kurzzeitig möglich: b1) Aufgrund seltener Störungen oder sel- ten und kurzzeitig auftretender verfahr- ensbedingter Betriebszustände kann b1.1) die UEG überschritten werden; b1.2) die OEG unterschritten werden; b1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden; b1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf $\frac{1}{10}$ des zulässigen Behälter- druckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigen Be- hälterdruck)	2.3.2 2.3.2 2.3.3 2.3.4	Zone 2	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b2) wie b1) c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich: c1) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann c1.1) die UEG überschritten werden; c1.2) die OEG unterschritten werden; c1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden; c1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf $\frac{1}{10}$ des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigen Behälterdruck)	2.3.2 2.3.2 2.3.3 2.3.4	Zone 2 Zone 1	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c2) wie c1) d) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf: d1) Das Dampf/Luft-Gemisch liegt zeitlich überwiegend innerhalb der Explosionsgrenzen. d2) wie d1)	keine keine	Zone 1 Zone 0 Zone 0	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3	Brennbare Stäube	Handhaben brennbarer Stäube oder fester Stoffe unter Staubanfall (brennbare Gase oder Flüssigkeiten sind nicht vorhanden) Beispiele für explosionsfähige Stäube siehe auch GESTIS-STaub-EX, Datenbank "Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben" www.hvbg.de/bia/gestis-staub-ex (Beck, H. u.a.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, BIA-Report 12/97, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin).			
3.1	Umgebung staubführender Apparate und Behälter – Allgemeines				
3.1.1	Umgebung geschlossener staubführender Apparate und Behälter				

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.1.1	In Räumen	a) Apparatur auf Dauer staubdicht. Bildung von g.e.A. und gefährlichen Staubablagerungen verhindert. b) Dichtheit der Apparatur nicht auf Dauer gewährleistet, aber bereits geringe Leckagen werden schnell erkannt. Leckagen und Ablagerungen werden sofort beseitigt. c) Verhinderung des Staubaustritts aus der Apparatur durch Unterdruckfahrweise gewährleistet. Bildung von g.e.A. und gefährlichen Staubablagerungen verhindert. d) Dichtheit der Apparatur nicht gewährleistet (z.B. Undichtheiten an Wellendurchführungen). Ablagerungen von Staub sind möglich. Staub sedimentiert im Nahbereich der Freisetzungsquelle. Staubablagerungen werden beseitigt. Wesentliche Parameter für die Staubfreisetzung sind: – Druck in der Anlage – Beschaffenheit des Stoffes (Korngrößenverteilung, Dichte, Feuchte, Wirbelbarkeit).	2.4.3.2 2.4.3.5 2.6 2.3.4 2.6	keine keine keine Zone 22: 1 m um die Austrittsstelle bis zum Boden	keine keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.1.2	Im Freien	e) Staubablagerungen sind aufgrund der Viel- zahl möglicher Freisetzungsquellen und/ oder der Sedimentationseigenschaft des Staubes im gesamten Raum zu erwarten. Staubablagerungen werden beseitigt. wie 3.1.1.1, aber: Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber ver- gleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i. d. R. kann sie reduziert werden.	2.6	Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig	keine
3.1.2	Umgebung nicht ge- schlossener staubfüh- render Apparate und Behälter	Unter nicht geschlossenen Apparaten und Behältern werden Einrichtungen verstanden, die betriebsmäßig ständig oder zeitweise of- fen sind (z.B. Bandförderer, Einfüllöffnungen, Übergabestellen, Probenahmestellen).			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.2.1	In Räumen	a) Um offene Stellen kommt es nicht zu einer gefährlichen Staubbefreiung im Normalbetrieb (z.B. durch Unterdruck oder Objektabsaugung); gefährliche Staubablagerungen werden durch häufiges Reinigen verhindert und/oder bei Störungen tritt keine g.e.A. auf (z.B. aufgrund der Produkteigenschaften – geringer Feinstaubanteil) bzw. eine Störung (z.B. Anfahren einer Apparatur mit offener Revisionsklappe, Öffnen von Revisionsklappen während des Betriebs) wird sofort erkannt, bevor es zu gefährlichen Staubablagerungen kommt. b) G.e.A. ist an der Austrittsstelle nicht zu erwarten, jedoch kann es zu gefährlichen Staubablagerungen kommen (z.B. aufgrund nicht ausreichender Objektabsaugung durch ungünstige geometrische Verhältnisse).	2.3.4 2.4.4.4 2.6 2.4.4.4	keine Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.2.2	Im Freien	c) G.e.A. tritt im Bereich der offenen Stellen gelegentlich auf (z.B. an Übergabestellen, offenen Förderungen, Einschüttgossen) und führt zu gefährlichen Staubablagerungen wie 3.1.2.1, aber: Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i.d.R. kann sie reduziert werden.	2.4.4.2	Zone 21: im Nahbereich; Zone 22: gesamter Raum	keine
3.1.3	Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.1				
3.1.3.1	In Räumen				
3.1.3.1.1	Läger in Speichern und Hallen	a) Offene Lagerung als Schüttgut. G.e.A. tritt beim Ein- und Auslagern, Umschütten auf. Staubablagerungen sind vorhanden.	2.4.4.2	Zone 20: im Nahbereich der Abwurfstelle bzw. des Auftreffbereichs; Zone 22: restlicher Raum	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Offene Lagerung als Schüttgut mit geringer Staubbefreiung (abhängig von den Stoffeigenschaften, wie Korngrößenverteilung, Dichte, Feuchte, Wirbelfähigkeit). G.e.A. ist im Bereich der Abwurf- bzw. Auftreffstelle nicht zu erwarten. Staubablagerungen sind vorhanden. c) Lagerung in staubdurchlässigen Gebinden, wie z.B. Jutesäcken. Staubablagerungen sind vorhanden. d) Lagerung in staubdichten Gebinden. Mit dem Auftreten von g.e.A. ist nicht zu rechnen. (Wenn z.B. durch Beschädigung von Gebinden größere Staubablagerungen auftreten, werden diese sofort beseitigt.)	2.4.4.2 2.4.4.2 2.6	Zone 22: gesamter Raum Zone 22: gesamter Raum keine	keine keine keine
3.1.3.1.2	Befüllen und Entleeren (z.B. Sackaufgabestellen, Absackstellen, Waagen) (siehe auch Pkt. 3.1.2.1)	a) Um offene Stellen kommt es zu keiner Staubbefreiung, z.B. Unterdruckfahrweise, Objektabsaugung, häufige Reinigung. b) Es kann zu Staubbefreiungen kommen. Auch geringe Staubablagerungen werden beseitigt.	2.4.4.4 2.6 2.6	keine Zone 22: im Nahbereich	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) wie a) oder wie b), aber: Bildung von g.e.A. kurzzeitig bei betriebli- chen Störungen möglich (z.B. Sackabriss). d) Dichtheit der Apparatur bei Normalbetrieb nicht gewährleistet. Staubablagerungen treten im gesamten Raum auf. Die Kon- zentration des austretenden Staubes liegt in der Regel unter der UEG.	2.6 2.4.4.2	Zone 22: zusätzlich im Auswir- kungsbereich der Störung, z.B. des Sackabrisses Zone 22: gesamter Raum	keine keine
3.1.3.1.3	Verladen von Getreide und Futtermitteln auf Lkw in Räumen	Das Beladen erfolgt üblicherweise in allseitig geschlossenen Durchfahrten mit Rollläden an der Ein- und Ausfahrt. Beim Auslaufen am Verladetrichter und Aufschütten in offene Fahrzeuge lässt sich bei Produkten mit ho- hem Staubanteil durch Staubabsaugung g.e.A. nicht immer vermeiden.	2.4.4.4	Zone 21: im Fülltrichter und im offenen Laderaum des Fahr- zeuges; Zone 22: restlicher Raum	keine
3.1.3.2	Im Freien	wie 3.1.2.1, aber: Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber ver- gleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i. d. R. kann sie reduziert werden.			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.2	Inneres von staubfüh- renden Apparaten und Behältern – Allgemei- nes	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten, weil: a1) verfahrensbedingt die UEG immer si- cher unterschritten ist. Staubablage- rungen/-anreicherungen sind verhin- dert; a2) sichere Zugabe oder Vorhandensein eines ausreichenden Anteils inerter Feststoffe gegeben (z.B. über 80 %) und Entmischung verhindert ist; ggf. müssen Entzündungen von Staubab- lagerungen berücksichtigt werden; a3) die höchstzulässige Sauerstoffkon- zentration immer sicher unterschritten wird, solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichen- der Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen, ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann;	2.3.2 2.3.3.3 2.3.3.3	keine keine keine	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		a4) Anlagen verfahrensbedingt unter Vakuum betrieben werden, solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann, es ist zu beachten, dass auch bei einem für das Vermeiden von g.e.A. ausreichenden "Teilvakuum", ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann. b) Das Auftreten von g.e.A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig möglich, weil: b1) keine verfahrensbedingten Staub/Luft-Gemische vorhanden sind. Aufwirbeln von abgelagertem Staub ist selten und kurzzeitig möglich. b2) wie b1)	2.3.4 2.3.2	keine Zone 22 Zone 22	keine keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b3) verfahrensbedingt die UEG deutlich unterschritten wird (z.B. durch Absaugung). Ein Überschreiten der UEG, z.B. durch seltene und kurzzeitige Konzentrationsschwankungen oder Staubaufwirbelungen, ist möglich. b4) wie b3)	2.3.2	Zone 22	keine
		b5) ein ausreichender Anteil inerter Feststoffe (z.B. über 80 %) zugegeben wird oder vorhanden ist, Entmischung ist verhindert. Unterschreitung des erforderlichen Inertstoffanteils selten und kurzzeitig möglich;	2.3.3.3	Zone 22	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b6) wie b5) b7) die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration unterschritten wird, solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann. Überschreitungen der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration selten und kurzzeitig möglich; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen, ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann;	2.3.3.3	Zone 22 Zone 22	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b8) wie b7) b9) wie a4), aber: Auftreten von g.e.A. selten und kurz- zeitig möglich (z.B. bei Undichtigkei- ten, die aber sofort erkannt und besei- tigt werden); b10) wie b9)	2.3.4 2.6	Zone 22 Zone 22 Zone 22	erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können keine erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich, weil: c1) verfahrensbedingt gelegentlich Staub/Luft-Gemische auftreten (z.B. Silos mit diskontinuierlicher Befüllung und kurzer Fülldauer); c2) wie c1) c3) verfahrensbedingt die UEG unterschritten wird. Überschreitung der UEG z.B. durch Konzentrationschwankungen gelegentlich möglich; c4) wie c3)	2.3.2 2.3.2 2.3.2	Zone 21 Zone 21 Zone 21 Zone 21	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c5) ausreichender Anteil inerter Feststoffe (z.B. über 80 %) zugegeben werden oder vorhanden sind. Unterschreitung des Feststoffanteils gelegentlich möglich; c6) wie c5)	2.3.3.3	Zone 21 Zone 21	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
		c7) die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration gelegentlich überschritten wird; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann;	2.3.3.3	Zone 21	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c8) wie c7) c9) wie a4) aber: Auftreten von g.e.A. gelegentlich mög- lich (z.B. durch Ausfall des Vakuums) c10) wie c9)	2.3.4	Zone 21 Zone 21 Zone 21	erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können keine erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		d) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf.			
		d1) Das Staub/Luft-Gemisch liegt betriebsmäßig im Explosionsbereich d2) wie d1)	keine	Zone 20 Zone 20	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
3.3	Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.2	Nur für das Innere von Anlagen. Umgebung staubführender Anlagen siehe Nr. 3.1			
3.3.1	Trockner				
3.3.1.1	Wirbelschichttrockner	1. Zuluftvorwärmer: konstruktionsbedingt kein Eindringen von Staub in gefahrdrohender Menge.	2.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		2. Luftverteiler: kann Produkt durch den Luftverteilerboden fallen, sind Staubablagerungen entsprechend zu berücksichtigen. 3. Produktraum: a) Im Produktraum g.e.A. durch Inertisierung immer sicher verhindert; b) Im Produktraum ist beim Trocknen grobkörniger, staubfreier Produkte g.e.A. nicht zu erwarten; c) Im Produktraum ist beim Trocknen staubförmiger Produkte bei normalem Betrieb g.e.A. zu erwarten. d) wie c) 4. Bei eingebautem Produktrückhaltefilter: siehe 3.3.4.2	2.3.2 2.3.3.3 2.3.2 keine keine	Zone 22 nicht bei Inertisierung gemäß 3a); aber Entzünden von Ablagerungen möglich keine Zone 22 Zone 20 Zone 20	keine keine keine keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.1.2	Sprühtrocknungsanlagen	1. Luftzuführung: kein Eindringen von Staub in gefährdender Menge; Luftvorwärmung indirekt. 2. Produktraum: a) Im Produktraum ist beim Trocknen staubförmiger Produkte im Normalbetrieb g.e.A. vorhanden; b) wie a) c) wie a) oder b), die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration wird im Produktraum immer sicher unterschritten; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen, ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann.	2.3.2 keine 2.3.3.3	keine Zone 20 Zone 20 keine	keine keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		3. Fließbett: a) In Teilbereichen ist g.e.A. betriebsmäßig vorhanden (z.B. im Ein- und Ausstragsbereich). Staubablagerungen sind zu berücksichtigen, insbesondere auch unterhalb des Luftverteilerbodens. b) wie a) aber: Eintrag von Glimmnestern nicht immer auszuschließen; c) wie a) oder b), die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration wird immer sicher unterschritten; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann. 4. Bei eingebautem Filter: siehe 3.3.4 Filter sind im Allgemeinen separat aufgestellt.	keine 2.3.3.3	Zone 20 Zone 20 keine	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.1.3	Hordentrockner / Tellerrockner	G.e.A. tritt während des Trocknungsvorgangs normalerweise nicht auf. Die Trocknungstemperatur liegt verlässlich unterhalb des Schwelpunktes und der Selbstentzündungstemperatur der vorliegenden Produktschüttung. G.e.A. kurzzeitig durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes in Folge von Betriebsstörungen möglich.	keine	Zone 22	keine
3.3.2	Mühlen	a) G.e.A. betriebsmäßig zu erwarten. Mühle (z.B. Hammermühle) ist im Fall von Störungen als wirksame Zündquelle anzusehen. b) wie a) aber: Mühle kann konstruktionsbedingt auch bei seltenen Störungen nicht als Zündquelle wirksam werden (z.B. Luftstrahlmühle ohne Rotorsichter). c) wie a) oder b), jedoch g.e.A. durch Inertisierung immer sicher verhindert.	keine keine 2.3.3.3	Zone 20 Zone 20 keine	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.3	Förderanlagen				
3.3.3.1	Saugförderung, Druckgefäßförderung, Druckförderung	a) Produktaufgabe / Förderleitung a1) G. e. A. betriebsmäßig zu erwarten; a2) wie a1) Eintrag von Zündquellen von außen (z.B. Glimmnest im Produkt) kann nicht vermieden werden. a3) Die Konzentration liegt während der Förderung deutlich oberhalb der OEG. G. e. A. tritt nur bei An- und Abfahrvorgängen auf (z.B. Dichtstromförderer). a4) wie a3) Eintrag von Zündquellen von außen (z.B. Glimmnest im Produkt) kann nicht vermieden werden	keine keine 2.3.2	Zone 20 Zone 20 Zone 21 Zone 21	keine erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können keine erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Filter siehe 3.3.4			
3.3.3.2	Schneckenförderer, Trogkettenförderer (Redler)	Produkt wird kontinuierlich zugeführt. Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bzw. Fördergeschwindigkeit des Redlers liegt unterhalb 1 m/s. Keine innenliegenden Lager.	keine	Zone 21	keine
3.3.4	Filternde Abscheider (Filter)				
3.3.4.1	Rohgasraum	a) Die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubes, liegt betriebsmäßig überwiegend im Explosionsbereich oder das regelmäßige Abreinigen des Filtermediums erfolgt häufig. b) wie a), der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnester oder Funken) oder Selbstentzündungsvorgänge im Abscheider können jedoch nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden.	keine keine	Zone 20 Zone 20	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können z.B. E 3.1.2 und E 3.2 und E 3.4

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) Die Konzentration des erfassten und ab- zuscheidenden Staubes liegt betriebsmä- ßig nicht im Explosionsbereich (Objektab- saugung, Aspiration) und das Abreinigen des Filtermediums erfolgt nur gelegentlich. d) wie c), der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnester oder Funken) oder Selbst- entzündungsvorgänge im Abscheider kön- nen jedoch nicht hinreichend sicher aus- geschlossen werden. e) wie a) oder d), g.e.A. wird jedoch durch Inertisieren immer sicher verhindert; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staub- explosionen, ein Entzünden von abgelag- ertem Staub möglich sein kann.	2.3.2 2.3.2 2.3.3	Zone 21 Zone 21 keine	keine erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können z.B. E 3.1.2 und E 3.2 und E 3.4 keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.4.2	Reingasraum	a) Die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubes im Rohgasraum liegt betriebsmäßig überwiegend im Explosionsbereich. In Folge einer Filterstörung, die nicht sofort beseitigt wird (z.B. Filterdurchbruch, Dichtungsprobleme) können auf der Reinfluftseite explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auftreten. b) wie a) ein Filterdurchbruch wird jedoch kurzfristig erkannt und unverzüglich beseitigt. c) Die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubes im Rohgasraum liegt betriebsmäßig nicht im Explosionsbereich, so dass im Reingasraum g.e.A. bei einem Filterdurchbruch nur kurzzeitig auftreten kann.	keine keine keine	Zone 21 Zone 22 Zone 22	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		d) Durch Einsatz eines nachgeschalteten Sicherheitsfilters (Polizeifilter) wird g.e.A. auf der Reinfluftseite des nachgeschalteten Sicherheitsfilters auch im Falle eines Filterdurchbruchs am Hauptfilter vermieden. Gleichzeitig werden ein Filterdurchbruch oder Undichtigkeiten in Folge falschen Einbaus von Filtermedien sicher erkannt und unverzüglich beseitigt.	2.3.21	keine Zone nach Polizeifilter	keine
		e) Plattenfilter, Keramikfilter (Filterdurchbruch konstruktionsbedingt nicht möglich)	2.3.2	keine Zone im Reingasraum	keine
3.3.5	Mischer, Trockner (z.B. mechanische Mischer bzw. Trockner, pneumatische Mischer bzw. Trockner, mit oder ohne bewegliche Einbauten)	a) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf. Das Staub/Luft-Gemisch liegt betriebsmäßig im Explosionsbereich. Vermeiden von Zündquellen ist aufgrund der Bauart z.B. keine beweglichen Einbauten gegeben. b) wie a) aber: es sind bewegliche Einbauten vorhanden, die in Folge von Störungen zur wirksamen Zündquelle werden können.	keine keine	Zone 20 Zone 20	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) wie a) oder b), jedoch g.e.A. durch Inertisierung immer sicher verhindert; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen ein Entzünden (Glimmbrand) von abgelagertem Staub möglich sein kann.	2.3.3.3	keine	keine
		d) wie b) G. e. A. ist im Bereich der möglichen wirksamen Zündquellen normalerweise nicht vorhanden aufgrund eines hohen Befüllgrades von z.B. $\geq 70\%$. Während des Befüllens und Entleerens ist sichergestellt, dass verfahrensbedingt keine Zündquellen auftreten (z.B. Mischerstopp oder Umfangsgeschwindigkeit der beweglichen Einbauten ≤ 1 m/s.	2.3.2	Zone 21	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.6	Silos, Bunker	a) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf. Das Produkt wird häufig ein- und ausgetragen oder umgewälzt und bleibt langfristig in Schwebe; b) wie a), jedoch der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnester) kann nicht ausgeschlossen werden; c) G. e. A. tritt gelegentlich auf (z.B. Lagersilos mit geringer Entleerrate); d) wie c), jedoch der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnester) kann nicht ausgeschlossen werden;	keine keine keine keine	Zone 20 Zone 20 Zone 21 Zone 21	keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können keine erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		e) G. e. A. tritt normalerweise nicht auf. Es werden nur grobkörnige Stoffe mit geringem Feinanteil in großvolumige Silos eingetragen (z.B. Kristallzuckersilos, Silos für gereinigtes Getreide). f) G. e. A. im Silo bzw. Bunker durch Inertisierung immer sicher verhindert; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen, ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann.	keine 2.3.3.3	Zone 22 keine	keine keine
3.3.7	Stationäre Strahlanlagen	Die bei der Durchführung von Strahlarbeiten anfallenden Stäube können brennbar und im Gemisch mit Luft explosionsfähig sein. Als Beispiele gelten das Strahlen von leichtmetallen, von Eisen, Stahl oder anderen exotherm oxidierbaren Stoffen. Das Gleiche gilt beim Strahlen von mit brennbaren Stoffen beschichteten Werkstücken sowie beim Strahlen mit Leichtmetallstrahlmitteln oder mit organischen Strahlmitteln. (Strahlguttemperatur kleiner als 135 °C)			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		Freistrahlen: Manuelles Strahlen, bei dem sich der so genannte Freistrahler (Beschäftigte) im Strahlraum befindet. Schleuderstrahlen: Das Strahlmittel wird durch Schleuderräder beschleunigt. Handstrahlkammer: Mit handgeführten oder mechanisierten Druckluftstrahleinrichtungen, betätigt von außerhalb des Strahlraumes der Handstrahlkammer.			
3.3.7.1	Strahlraum	a) Beim Putzstrahlen formsandbehafteter Teile oder durch die Art der verwendeten Strahlmittel, wie z.B. Einwegstrahlmittel treten Staubanreicherungen nur im Zusammenhang mit größeren Mengen an unbrennbarem Formsand oder Strahlmittelabrieb auf. Die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre kann ausgeschlossen werden, weil der Feinstaubanteil gering ist.	2.3.2 2.4.4.3	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Bei der Handstrahlkammer ist nicht mit der Bildung nennenswerter Mengen brennbarer Stäube zu rechnen, z.B. Oberflächenveredelungsstrahlen von Aluminium-Werkstücken mittels Glasperlen. Staubanreicherungen bzw. -ablagerungen sind durch Oberflächengestaltung und Lüftungsmaßnahmen verhindert. c) Gefährliche Schwebstaubanreicherungen werden durch Lüftungsmaßnahmen vermieden. Ablagerungen brennbarer Stäube sind verfahrens- und konstruktionsbedingt nicht vermeidbar. Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (g. e. A) durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich. Ein gleichzeitiges bzw. wechselweises Strahlen unterschiedlicher Stoffe ist nicht zulässig, wenn dadurch Zündgefahren auftreten können. Mit Zündgefahren ist z.B. immer zu rechnen bei gleichzeitigem bzw. wechselweisem Strahlen von Aluminium und rostigem Stahl.	2.3.2 2.4.4.3 keine	keine Zone 22: im ganzen Raum	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.7.2	Abscheider der Strahl- raumentlüftung	Bildung von g.e.A. betriebsmäßig zu erwarten. a) Durch räumliche Anordnung der Erfassungsöffnungen, z.B. hinter Prallschutzsystemen, ist eine Zündquellenübertragung aus dem Strahlraum sicher verhindert. b) Eine Zündquellenübertragung aus dem Strahlraum kann nicht sicher verhindert werden. Konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen begrenzen Explosionsauswirkungen auf das "Innere" des Abscheiders.		Zone 20: im ganzen Abscheider Zone 20	E 3.1.2 E 3.2 E 3.4.2.4 E 3.4.2.5
3.3.7.3	Abscheider der Strahl- mittelreinigung	a) Beim Freistrahlen, Schleuderradstrahlen sowie beim Oberflächenveredelungsstrahlen von Aluminium-Werkstücken mit Glasperlen ist nicht mit der Bildung nennenswerter Mengen brennbarer Stäube zu rechnen. Auch im Abscheider treten Staubanreicherungen nur im Zusammenhang mit größeren Mengen unbrennbaren Strahlmittelabriebes auf (Anteil brennbarer zu unbrennbarem Staub kleiner als 1 : 9).	2.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Der anfallende Staub wird in einem Nassabscheider gebunden und fällt nur noch als Schlamm an. Gefährliche Staubanbahrungen oder -ansammlungen werden vermieden. Beim Vorhandensein von Aluminium- und Leichtmetallstäuben wird die Ansammlung gefährlicher Wasserstoff/ Luft-Gemische durch Lüftungsmaßnahmen vermieden. Eine hinreichende Durchlüftung ist in aller Regel bei laufender Absaugung gewährleistet; bei Stillstand reichen üblicherweise Abströmöffnungen an der Abscheider-Oberseite. c) Brennbare Stäube können im Abscheider nicht vermieden werden. Bildung von g.e.A. betriebsmäßig möglich. Konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen begrenzen Explosionsauswirkungen auf ein unschädliches Maß. Ein gleichzeitiges bzw. wechselweises Strahlen unterschiedlicher Stoffe ist nicht zulässig, wenn dadurch Zündgefahren auftreten können. Mit Zündgefahren ist z.B. immer zu rechnen bei gleichzeitigem bzw. wechselweisem Strahlen von Aluminium und rostigem Stahl.	2.2 2.3.2 2.4.4.3	keine Zone 20: im ganzen Abscheider	keine E 3.1.2 E 3.2 E 3.4.2.4 E 3.4.2.5

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.7.4	Außerhalb	Umgebung des Strahlraumes, der Strahlmit- telrückgewinnung, der Abscheider. a) Staubaustritt durch technisch dichte Bau- weise vermieden. Luftrückführung ist aus- geschlossen. b) Mit der Bildung nennenswerter Mengen brennbarer Stäube ist beim Feinstrahlen, Schleuderradstrahlen sowie beim Einsatz von Handstrahlkammern nicht zu rechnen. Auch bei Undichtigkeiten treten Staubauf- reicherungen nur im Zusammenhang mit größeren Mengen unbrennbaren Strahlmit- telabriebs auf (Anteil brennbarer zu un- brennbarem Staub kleiner als 1 : 9). c) Durch Luftrückführung und/oder Undichtig- keiten der Apparaturen sind Staubablage- rungen zu erwarten. Bildung von g.e.A. durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich. d) wie c) Beseitigen des Staubes durch ein festgelegtes Reinigungsmanagement.	2.4.3.3 2.4.4.3 2.6	keine keine Zone 22: 3 m um mögliche Staubaustrittsstellen keine	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		e) wie c) Beim Vorhandensein von Aluminium- und Leichtmetallstäuben wird die Ansammlung gefährlicher Wasserstoff/Luft-Gemische beim Einsatz von Nassabscheidern durch Lüftungsmaßnahmen verhindert.	2.4.4	Zone 22: 3 m um mögliche Staubaustrittsstellen	keine
3.3.7.5	Rohrleitungen	Gefährliche Staubablagerungen sind durch geeignete Leitungsführung und Sicherstellung einer hohen Strömungsgeschwindigkeit ver- mieden.	2.4.4.3	keine	keine
3.3.8	Saugkopfstrahlgerät	Mobile Geräte mit integrierter Staubabsau- gung und wechselndem Einsatzort.			
3.3.8.1	Abscheider	Durch Verwenden von Einwegstrahlmitteln sind gefährliche Anreicherungen brennbarer Stäube nicht zu erwarten. Anteil brennbarer zu unbrennbarem Staub kleiner als 1 : 9. Bei Strahlmittlrückgewinnung wie 3.3.7.3		keine	keine
3.3.8.2	Rohrleitungen	wie 3.3.7.5			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4	Spezielle Anlagen				
4.1	Abwassertechnische Anlagen	siehe Pkt. 5.8			
4.2	Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung				
4.2.1	Gas-Druckregel- und Messanlagen, Normalbetrieb (GDRM-Anlagen)	Erdgas DVGW-Arbeitsblatt G 260/I und II			
4.2.1.1	in Räumen	GDRM-Anlagen in Räumen DVGW-Arbeitsblatt G 491 und 492. Be- und Entlüftungsöffnungen zu anderen Räumen sind nicht zulässig. Sie dürfen nur ins Freie münden. a) GDRM-Anlage (MOP bis 5 bar; MOP = Maximal zulässiger Betriebsdruck) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495	2.4.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		– auf Dauer technisch dicht und – keine Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen b) GDRM-Anlage (MOP bis 5 bar) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495 b1) auf Dauer technisch dicht, aber Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum möglich (70 l/h bis 150 l/h) b2) kleine Aufstellungsräume (z.B. nicht begehbare Schrankanlage), Gasfreisetzung über Atmungsöffnung möglich (70 l/h bis 150 l/h)	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: Nahbereich Atmungsventile in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung (Zylinder $\varnothing = 0,6$ m; Höhe $H = 1,5$ m; Zone 2 ganzer Raum Zone 1: gesamter Innenraum der Schrankanlage; Zone 2: Be- und Entlüftungsöffnungen außen: Halbkreis mit $r = 0,3$ m bei Spaltöffnung Breite/Höhe $B/H > 10$ und Höhe $<< r$ oder Zone 2 nach unten Viertelkreis mit $r = 0,3$ m und nach oben anschließend $1,5$ m und Breite $0,3$ m bei Rechtecköffnung Breite/Höhe B/H 1 bis 10 und Höhe $H \leq r$	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) GDRM-Anlage (MOP > 5 bar) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495 c1) keine Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen c2) Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum möglich (70 l/h bis 150 l/h) c3) kleine Aufstellungsräume (z.B. nicht begehbare Schrankanlage), Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen möglich (70 l/h bis 150 l/h)	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: ganzer Raum Zone 1: Nahbereich Atmungsventile in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung (Zylinder Ø = 0,6 m; Höhe H = 1,5 m) Zone 2: ganzer Raum Zone 1: gesamter Innenraum der Schrankanlage; Be- und Entlüftungsöffnungen außen: – Zone 2 Halbkreis mit r = 0,3 m bei Spaltöffnung Breite/Höhe B/H > 10 und Höhe H << r. – nach unten Viertelkreis mit r = 0,3 m und nach oben anschließend 1,5 m und Breite 0,3 m bei Rechtecköffnung Breite/Höhe B/H 1 bis 10 und Höhe H ≤ r.	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.2.2	Erdgastankstellen	Erdgas DVGW-Arbeitsblatt G 260 Erdgas- tankstelle DVGW-Arbeitsblatt G 651/VD-TÜV 510			
4.2.2.1	Erdgasverdichter in Räumen	Erdgasverdichter mit Nebenanlagen und räumlicher Trennung zu den Pufferbehältern a) Aufstellung im Raum/Schrank bei 20 % der UEG Alarm bei 40 % der UEG Abschalten, Anlage wird nicht entspannt. b) Aufstellung im Raum/Schrank bei 20 % der UEG Alarm und Aktivierung der Lüftung bei 40 % der UEG Abschalten der Anlage (Lüftung bleibt aktiv), Absperrung außerhalb des Aufstellungs- raumes, Notentspannung des gesamten gasführenden Systems im Raum/Schrank nach außen.	2.4.3.3 2.4.4.2 2.5.3 2.4.3.3 2.4.4.3 2.5.4	ganzer Raum Zone 1 Be- und Entlüftungsöffnungen außen Zone 2 (Zonenausdehnung richtet sich nach den Belüftungsverhältnis- sen vgl. auch Anlagen nach G 491, Punkt 4.2.1.1). ganzer Raum Zone 2 (Anm.: Erfolgt regelmäßig eine manuelle Kondensatentleerung in den Aufstellungsraum der Anlage, ist ganzer Raum Zone 1).	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c) Aufstellung im Raum/Schrank Verdichter mit magnetisch gekoppeltem dichtungslosem Antrieb sowie geeignete Maßnahmen zur Verhinderung der Schwingungsübertragung. Restliche Anla- genteile sind technisch dicht	2.4.3.2 2.4.4.2	ganzer Raum Zone 2 (Anm.: Erfolgt regelmäßig eine manuelle Kondensatentleerung in den Aufstellungsraum der Anlage, ist ganzer Raum Zone 1).	
4.2.2.2	Erdgasverdichter im Freien	Verdichter im Freien aufgestellt Dieses Fallbeispiel gilt nicht für im Freien aufgestellte Erdgastankgeräte mit einem Durchsatz unter 10 kg/h. Wie 4.2.2.1, aber : Im Freien kann in Folge von Witterungsein- flüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit ge- ringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
4.2.2.3	Kondensatentleerung im Freien	Manuelle Kondensatentleerung im Freien	2.4.4.2	Zone 1 : Kugel 1 m Durchmes- ser um Austrittsöffnung	keine
4.2.2.4	Pufferbehälter in Räu- men	Pufferbehälter Aufstellung im Raum/Schrank	2.4.3.3 2.4.4.2	ganzer Raum Zone 2	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.2.2.5	Verdichter und Pufferbehälter gemeinsam im Raum/Schrank	Verdichter mit Nebenanlagen und Pufferbehälter gemeinsam in einem Raum aufgestellt.		Die Zonenfestlegung richtet sich nach dem Bauteil mit der höchsten Zonenanforderung entsprechend Punkt 4.2.2.1 oder 4.2.2.4	keine
4.2.2.6	Zapfsäule im Freien	a) Zapfsäule (Aufstellung der Zapfsäule außerhalb des Bereiches von g.e.A. resultierend von Ottokraftstoff oder Flüssiggas. Zonen für Zapfsäulen von Ottokraftstoff oder Flüssiggas sind nach TRbF 40 bzw. TRG 404 festzulegen).	2.4.3.2 2.4.4.2	im Gehäuse der Zapfsäule ganzer Raum Zone 2	keine
		b) Zapfpistole/Abgabeeinrichtung	2.4.3.3 2.4.4.2	keine Zone; durch konstruktive Maßnahmen wird beim Anschließen oder Entfernen der Zapfpistole an der Füllkupplung die Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre vermieden (Rest-Gasvolumen kleiner 0,03 Normliter). Es erfolgt eine gefahrlose Entspannung des Füllschlauches vor dem Entfernen der Zapfpistole.	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.2.2.7	Abblase- und Ent- spannungsleitungen im Freien	Abblase- und Entspannungsleitungen im Be- reich der Erdgastankstelle	2.4.3.4	Die Festlegung explosionsge- fährdeter Bereiche ist z.B. in Abhängigkeit von Druck, Lei- tungsdurchmesser an der Ausblasestelle und freigesetzter Gasmenge vorzunehmen (hier- für wird zurzeit ein DVGM- Hinweis erarbeitet).	keine
4.3	Kohlenstaubanlagen und Brikettfabriken				
4.3.1	Zentralmahlanlagen und Räume mit Bri- kettpressen				

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.3.1.1	Das Innere von Koh- lemahlanlagen	a) Bildung von g.e.A. durch Kohlenstaub im Innern der Mahlanlage wegen der realisierten Inertisierung nicht betriebsmäßig zu erwarten; es treten Kohlenstaubablagerungen betriebsmäßig auf, so dass die Entstehung von Glimmnestern oder Selbstentzündungsvorgänge trotz Inertisierung nicht vollständig ausgeschlossen sind; bei längeren Stillstandszeiten wird die Anlage leer gefahren und die Inertisierung danach aufgehoben. Gegebenenfalls ist die Entstehung von Methangas nicht auszuschließen, jedoch ist die Bildung von g.e.A. durch Methangas wegen der Inertisierung nicht möglich; da die Anlage bei längeren Stillstandszeiten leer gefahren wird, ist auch nach Aufhebung der Inertisierung nicht mit der Bildung von g.e.A. zu rechnen.	2.3.3 2.4.3.2	Zone 22	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Die umgesetzten Inertisierungsmaßnahmen erfolgen mit Rauchgas. Während der An- und Abfahrvorgänge sowie bei Störungen kann die Inertisierung nicht sichergestellt werden. Daher ist die Bildung von g.e.A. durch Kohlenstaub im Innern der Mahlanlage nicht ausgeschlossen. Kohlenstaubabla-gerungen treten betriebsmäßig auf, so dass die Entstehung von Glimmnestern oder Selbstentzündungsvorgänge nicht ausge-schlossen sind. Gegebenenfalls ist die Entstehung von Me-thangas nicht auszuschließen, jedoch ist die Bildung von g.e.A. durch Methangas auf-grund des hohen Luftdurchsatzes nicht zu erwarten; bei längeren Stillstandszeiten wird die Anlage leer gefahren, so dass auch dann mit der Entstehung gefährlicher Me-thankonzentrationen nicht zu rechnen ist.	2.3.3, kann nicht voll-ständig er-folgen 2.4.3.2	Zone 21	erforder-lich
4.3.1.2	Umgebung von Mahl-anlagen	a) Bildung von g.e.A. durch Kohlenstaub und Methan in der Umgebung sicher verhin-dert, da die Anlagen auf Dauer technisch dicht gegenüber Stäuben und Gasen aus-geführt sind.	2.4.3.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Technische Dichtheit der Anlage nicht auf Dauer gewährleistet; Leckagen und anfallende Stäube werden unverzüglich beseitigt.	2.4.3.3 und 2.6	Zone 2 im Nahbereich	keine
4.3.1.3	Räume mit Brikettpressen	a) Bildung von g.e.A. durch Methan gelegentlich zu erwarten; Kohlenstaubablagerungen sind betriebsmäßig vorhanden	2.4.4.2	Zone 1: 3m Zone 2: weitere 5 m um die Brikettpresse Zone 22: ganzer Raum	keine
		b) Bildung von g.e.A. durch Methan ist aufgrund der technischen Lüftung normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig zu erwarten; Kohlenstaubablagerungen sind betriebsmäßig vorhanden	2.4.4.3	Zone 1: im Nahbereich Zone 2: weitere 3 m um die Brikettpresse Zone 22: ganzer Raum	keine
4.3.2	Roh- und Feinkohlenbunker				
4.3.2.1	Das Innere von Roh- und Feinkohlenbunkern	Die Bunker werden gelegentlich befüllt; Bildung von g.e.A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten; Zündquellen, z.B. Glühnester, können nicht vollständig ausgeschlossen werden.	2.4.4.2	Zone 1 Zone 21	erforderlich

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.3.2.2	Umgebung der Bunker	a) Die Aufstellung erfolgt im Raum; Bildung von g.e.A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten b) Die Aufstellung erfolgt im Raum; Bildung von g.e.A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten c) Die Aufstellung erfolgt im Freien; Bildung von g.e.A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten	2.4.4.2 2.4.4.3 2.4.4.2	Zone 1: im Bereich des Bunkerkopfes Zone 2: anschließender Bereich Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig Zone 2: im Nahbereich des Bunkerkopfes Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig Zone 2: im Nahbereich des Bunkerkopfes Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine keine keine
4.4	Steinkohlenaufbereitungsanlagen				
4.4.1	Rohwaschkohlen- und Staubbunker				

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.4.1.1	Im Inneren	a) Bildung von g.e.A. durch Methan- ausgasung möglich. Aufgrund der Feuchtig- keit ist die Wirbelfähigkeit des Kohlenstaubes stark eingeschränkt, jedoch sind explosi- onsfähige Kohlenstaubablagerungen be- triebsmäßig zu erwarten.	2.4.4.2	Zone 1 Zone 22	keine
		b) wie a)	2.4.4.3	Zone 2 Zone 22	keine
4.4.1.2	Umgebung der Ein- richtungen	a) Staubablagerungen nicht auszuschließen. Leckagen werden sofort beseitigt, Staubab- lagerungen werden unverzüglich entfernt.	2.6	keine	keine
		b) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungsquellen und/oder der Sedimentationsgeschwindig- keit des Staubes zu erwarten. Staubabla- gerungen werden gelegentlich befeuchtet und regelmäßig beseitigt.	2.6	Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine
		c) Staubablagerungen sind aufgrund der Viel- zahl möglicher Freisetzungsquellen und der Sedimentationsgeschwindigkeit des Stau- bes im gesamten Raum zu erwarten, Ablagerungen werden regelmäßig beseitigt.	2.6	Zone 22: ganzer Raum	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.4.2	Sieb- und Brechein- richtungen sowie Sich- ter				
4.4.2.1	Im Inneren der Einrich- tungen	a) G.e.A. durch Kohlenstaub tritt betriebsmä- ßig auf. Für Steinkohlen wirksame Zünd- quellen können vollständig vermieden werden, da die Kohlen grobkörnig und we- nig zündempfindlich sind. b) G.e.A. durch Kohlenstaub tritt betriebsmä- ßig auf. Für Steinkohlen wirksame Zünd- quellen können z.B. aufgrund der Feinkör- nigkeit und Zündempfindlichkeit nicht voll- ständig vermieden werden.	keine keine	Zone 20 Zone 20	keine erforder- lich, da Zündquel- len nicht hinreichend vermieden werden können
4.4.2.2	Umgebung der Ein- richtungen	Siehe 4.4.1.2			

Vorbemerkung zu Abschnitt 4.5

Zusätzlich zu 2.1 der Beispielsammlung werden hier spezielle branchenspezifische Lösungen aus dem Bereich der Beschichtungs- und Lackindustrie aufgeführt. Eine Übertragung auf andere Fragestellungen ist nicht ohne weiteres möglich. Bei der Festlegung der angegebenen Maßnahmen wurden spezielle Randbedingungen berücksichtigt, ohne sie in jedem einzelnen Punkt aufzuführen.

Alle in diesem Abschnitt aufgeführten Beispiele zur Zoneneinteilung innerhalb und gegebenenfalls außerhalb von Beschichtungsanlagen basieren auf der Einhaltung einer mittleren Durchschnittskonzentration brennbarer Stoffe in Luft, deren Berechnung in DIN EN 12215:2004, DIN EN 13355:2005 und DIN EN 12981:2005 beschrieben ist. Dabei ist die sogenannte "Verspritzte Höchstmenge flüssiger organischer Beschichtungsstoffe/Stunde" bzw. die "pro Stunde versprühte höchste Pulverlackmenge" zu verstehen als der maximale Massestromwert, der auch bei kurzzeitigem Einsatz (z.B. für intermittierendes Beschichten) nicht überschritten wird.

Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Das Applikationsgerät (mit Zuführung) ist so einzusetzen, dass keine wirksame Zündquelle entsteht. Konventionelle, nichtelektrostatische Spritz- oder Sprühpistolen weisen im bestimmungsgemäßen Betrieb selbst keine Zündquellen auf. Der Spritz- oder Sprühprozess selbst kann aber zur Ladungstrennung mit Gefahr zündwirksamer Entladungen ebenso führen wie ein elektrostatisch nicht ableitfähiges Werkstück, an welches eine Erde herangeführt wird (z.B. durch geerdetes Werkzeug, Bedienungsperson).

Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen den relevanten europäischen Sicherheitsnormen entsprechen und bestimmungsgemäß betrieben werden.

Beschichtungsanlagen, die den o.g. Normen entsprechen, können ohne weitere technische Maßnahmen mit dieser Zoneneinteilung betrieben werden. Auch auf ältere Anlagen können die Beispiele angewendet werden, wenn diese auf sicherheitstechnisch gleichwertigem Stand sind und über eine Herstellererklärung die Einhaltung der Normen bestätigt wird.

Bei fehlenden relevanten Nachweisen ist eine entsprechend ausführlichere Gefährdungsbeurteilung nach BetrSichV und GefStoffV erforderlich.

Die Zonenfestlegungen in Altanlagen nach dem so genannten Flammpunktkriterium bleiben – ohne die o.g. Maßnahmen – hiervon unberührt. Zur Zonenfestlegung in diesen Anlagen siehe Kapitel 2.29 "Verarbeiten von Beschichtungsstoffen" der BGR 500 "Betreiben von Arbeitsmitteln" bzw. die Beispiele nach Abschnitt 3.3 der alten (grünen) Beispielsammlung.

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnah- men nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnah- men nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.5	Verarbeiten von Be- schichtungsstoffen	Die Zoneneinteilung in den Beispielen 4.5.2 bis 4.5.8 erfolgt nach der berechneten Durchschnittskonzentration (siehe Vorbemerkung). Darüber hinaus können im Sprühkegel höhere Konzentrationen auftreten. Dies ist bei der Auswahl der Betriebsmittel und Verfahren zu berücksichtigen. Siehe Hinweise in den Spalten 3 und 5 der Beispiele 4.5.2, 4.5.3 und 4.5.4.			
4.5.1	Verarbeiten von nicht- entzündbaren flüssi- gen Beschichtungs- stoffen (wasserver- dünnbar)	Beschichtungsstoffe und bei Reinigungsarbeiten versprühte Reinigungsflüssigkeiten erfüllen in ihrer Zusammensetzung folgende Formel: [% H₂O] > 63/37 x [% org. Lösemittel^{*)}] + 49/51 x [% org. Feststoff] Zur weiteren Abstufung der Entzündbarkeit von Beschichtungsstoffen siehe PTB-Bericht PEx5 2005 00185.	2.2	keine	keine

^{*)} alle flüssigen organischen Bestandteile

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		Flammpunkt der bei der Reinigung ohne Versprühen verwendeten Flüssigkeiten liegt ausreichend (siehe TRBS 2152 Teil 1 Abschnitt 3.2 Abs. 4) über Verarbeitungstemperatur			
4.5.2	Verarbeiten von entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen in Spritzständen und Spritzkabinen ohne elektrostatische Sprüheinrichtungen	Spritzstände und Spritzkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 12215:2004. Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Das Applikationsgerät (mit Zuführung) ist so einzusetzen, dass keine wirk-same Zündquelle entsteht. Konventionelle, nichtelektrostatische Spritz- oder Sprüh-pistolen weisen im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Zündquellen auf. a) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe (manuell und automatisch), berechnete durchschnittliche Konzentration $c \leq 25\%$ der UEG der enthaltenen brennbaren Stoffe Berechnung entsprechend DIN EN 12215:2004, Anhang B	2.4.4.3	Zone 2: im Innern der Kabine, in 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/Umluftleitungen bis zum Ort signifikanter Verdünnung	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe, berechnete durchschnittliche Konzentration $25 \% < c \leq 50 \%$ der UEG der enthaltenen brennbaren Stoffe Berechnung entsprechend DIN EN 12215:2004, Anhang B	2.4.4.3	Zone 1: im Innern der Kabine und in Abluft-/Umluftleitungen bis zum Ort signifikanter Verdünnung Zone 2: 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen	keine
4.5.3	Verarbeiten von entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen in Spritzständen und Spritzkabinen mit elektrostatischen Sprüheinrichtungen	Spritzstände und Spritzkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 12215:2004 Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen DIN EN 50050:2007 bzw. prEN 50176:2007 entsprechen. a) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe (manuell und automatisch), berechnete durchschnittliche Konzentration $c \leq 25 \%$ der UEG der enthaltenen brennbaren Stoffe Berechnung entsprechend DIN EN 12215:2004, Anhang B	2.4.4.3	Zone 2: im Innern der Kabine, in 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/Umluftleitungen bis zum Ort signifikanter Verdünnung	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe, berechnete durchschnittliche Konzentration $25\% < c \leq 50\%$ der UEG der enthaltenen brennbaren Stoffe Berechnung entsprechend DIN EN 12215:2004, Anhang B	2.4.4.3	Zone 1: im Innern der Kabine und in Abluft-/Umluftleitungen bis zum Ort signifikanter Verdünnung Zone 2: 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen	keine
4.5.4	Verarbeiten von entzündbaren Beschichtungspulvern in Sprühständen und Sprühkabinen mit elektrostatischen Sprüheinrichtungen	Sprühstände und Sprühkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 12981:2005 Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen DIN EN 50050:2007 bzw. prEN 50177:2007 entsprechen. Elektrostatisches Beschichten entzündbarer Beschichtungspulver (manuell oder automatisch), berechnete durchschnittliche Konzentration der brennbaren Stoffe $c \leq 50\%$ der UEG oder $\leq 10\text{g/m}^3$ Berechnung entsprechend DIN EN 12981:2005, Anhang B	2.4.4.3	Zone 22: im Innern der Kabine, in 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/Umluftleitungen bis zu wirksamen Filteranlagen	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.5.5	Pulverrückgewinnung	Offenes Pulver-Rückgewinnungssystem Geschlossenes Pulver-Rückgewinnungs- system	2.4.4.3 2.4.3.2	Zone 22: im Innern Zone 20: im Innern	Keine E 3.2 oder E 3.3 oder E 3.4
4.5.6	Verarbeiten von ent- zündbarem Flock	Sprühstände und Sprühkabinen entspre- chen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 50223:2002 Im Bereich der Flockwolke muss von exp- losionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Elektrostatische Sprüheinrich- tungen müssen DIN EN 50050:2007 bzw. DIN EN 50223:2002 entsprechen. Der Klebstoffauftrag findet außerhalb des Sprühstands/der Sprühkabine statt. a) Elektrostatisches Beflocken (manuell oder automatisch), berechnete durchschnittliche Flockkonzentration $c \leq 50 \text{ \% der UEG oder } \leq 100 \text{ g/m}^3$. Berechnung entsprechend DIN EN 12981:2005, Anhang B Werkstücke mit lösemittelfreiem Klebstoff vorbehandelt.	2.4.4.3	Zone 22: im Innern, in 1 m Ab- stand/Radius um ständige Öff- nungen und Standöffnungen und in Abluft-/Umluftleitungen	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutz- maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutz- maßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) wie a) Werkstücke mit lösemittelhaltigem Klebstoff vorbehandelt. Bildung brennbarer Dämpfe möglich (hybride Gemische) Maximal rechnerische Konzentration der Dämpfe brennbarer Lösemittel 25 % der UEG. Die Masse brennbarer Lösemittel ist aus der aufgetragenen Klebstoffmenge und deren Lösemittelanteil zu bestimmen. Dabei kann ein stoffabhängiger Vortrocknungsverlust von bis zu 60 % berücksichtigt werden.	2.4.4.3	Zone 22 und Zone 2 : im Innern, 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/Umluftleitungen	keine
4.5.7	Flockrückgewinnung	Offenes Flock-Rückgewinnungssystem Geschlossenes Flock-Rückgewinnungssystem	2.4.4.3 2.4.3.2	Zone 22 : im Innern Zone 20 : im Innern	Keine E 3.2 oder E 3.3 oder E 3.4

zu 4.5

Die Berechnung der Konzentration brennbarer Lösemittel gemäß DIN EN 12215 Anhang B:

Um den Vergleich mit der unteren Explosionsgrenze (UEG) zu vereinfachen, wird die Konzentration als C_{UEG} (in % der UEG) ausgedrückt.

$$C_{UEG} = \frac{100 \cdot \bar{C}}{UEG} \quad (1)$$

Die mittlere Konzentration (Masse) im Inneren der Spritzkabine hängt ab von der Menge der eingebrachten Lösemittel und dem Luftstrom:

$$C = \frac{M_{\max} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{Q_{\min}} \quad (2)$$

mit:

C_{UEG}	berechneter Wert der höchstzulässigen Konzentration brennbarer Lösemittel als Funktion von UEG	in %
$\bar{C}$	durchschnittliche Konzentration brennbarer Lösemittel (in Luft) in der Spritzkabine	in g/m ³
UEG	untere Explosionsgrenze der Lösemittel oder Lösemittelgemische bei 293 K Wenn die Bestandteile der Lösemittelgemische bekannt sind, die UEG des Gemisches jedoch unbekannt ist, ist die UEG des Lösemittelbestandteiles mit dem geringsten Wert einzusetzen. Sind keine Angaben vorhanden, ist ein Wert von 40 g/m ³ einzusetzen.	in g/m ³
$M_{\max}$	pro Stunde verspritzte Höchstmenge flüssiger organischer Beschichtungsstoffe	in g/m ³
k_1	Massenanteil der in den flüssigen organischen Beschichtungsstoffen enthaltenen brennbaren Lösemittel während des Spritzverfahrens	in %
K_2	Geschätzte Menge brennbarer Lösemittel, die in der Spritzkabine durch Verdunstung freigesetzt werden	in %
K_3	Sicherheitsfaktor, der die Heterogenität der Lösemittelkonzentration und insbesondere die hohen Konzentrationen zwischen Spritzpistole, dem Werkstück und dessen Umgebung berücksichtigt	in %
$Q_{\min}$	Mindest-Frischlufstrom innerhalb der Spritzkabine, der die freigesetzten brennbaren Lösemittel auf die zulässige Konzentration herabsetzt	in g/m ³

Annahmen:

Strömungsparameter einer vertikal belüfteten Spritzkabine (oder Sektion, in der lackiert wird):

Breite	B	= 4 m
Länge	L	= 8 m
mittlere Luftgeschwindigkeit	v	= 0,3 m/s
Höchstmenge der zugeführten Beschichtungsstoffe	M _{max}	= 20 000 g/h
untere Explosionsgrenze	UEG	= 40 g/m ³
Gehalt an brennbaren Lösemitteln	k ₁	= 85 % (0,85)
Verdunstungsanteil	k ₂	= 80 % (0,80)
Sicherheitsfaktor	k ₃	= 3 (Standardwert)

Der Mindestluftstrom Q_{min} kann aus der Luftgeschwindigkeit v und der Breite B und der Länge L des Luftstromquerschnitts berechnet werden:

$$Q_{\min} = V \times B \times L \quad (3)$$

gemäß (3)

$$Q_{\min} = 0,3 \text{ m/s} \times 4 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 3 600 \text{ s/h} = 38 400 \text{ m}^3/\text{h}$$

gemäß (2)

$$\bar{C} = \frac{20.000 \text{ g/h} \times 0,85 \times 0,8 \times 3}{38.400 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,06 \text{ g/m}^3$$

gemäß (1)

$$C_{\text{UEG}} = 100 \times \frac{1,06 \text{ g/m}^3}{40 \text{ g/m}^3} = 2,66 \%$$

Ergebnis:

Eine Nennkonzentration von $C_{\text{UEG}} = 2,66 \%$ wird erreicht, wenn die technische Lüftung der Spritzkabine für eine mittlere Luftgeschwindigkeit von $v = 0,3 \text{ m/s}$ ausgelegt ist (und weitere oben beschriebenen Annahmen gelten).

Die Berechnung der Konzentration brennbarer Pulver und brennbaren Flock erfolgt gemäß EN 12981 Anhang B (hier nicht abgedruckt)

Lfd. Nr.:	Kurztitel	Vorschriften-Nr.:
5	Hinweis auf weitere Beispiele in Regeln, Merkblättern und Informationen, die hinsichtlich des Explosionsschutzes mit dem Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosionsschutz" abgestimmt sind	
5.1	Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit auf und in Deponien	BGI 842)
5.2	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten "Läger"	TRbF 20
5.3	Fassmerkblatt "Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden"	BGI 535
5.4	Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen	Arbeitsblatt für den Technischen Aufsichtsdienst Nr. 69 des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e.V.

Lfd. Nr.:	Kurztitel	Vorschriften-Nr.:
5.5	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten "Füllstellen, Entleerstellen und Flugfeldbetankungsstellen"	TRbF 30
5.6	Elektrostatisches Beschichten	BGI 764
5.7	Lackierräume und Einrichtungen; Bauliche Einrichtungen, Brand- und Explosionsschutz, Betrieb	BGI 740
5.8	Beispielsammlung Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit im Bereich von abwassertechnischen Anlagen	Bundesverband der Unfallkassen (GUV-I 8594)
5.9	Batterieladeanlagen für Flurförderzeuge	Sonderdruck der Grola BG, Bestell-Nr. FA2
5.10	Gasverdichteranlagen	DVGW Arbeitsblatt G 497
5.11	Sicherheitstechnische Hinweise über das Verwenden von Aluminiumpulver, -pellets und -pasten bei der Herstellung von Porenbeton	BGI 626
5.12	Kaltreiniger	BGI 880
5.13	Warmlagerung von Bitumen	BGI 5041
5.14	Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen	Berufsgenossenschaft der Gas-, Fernwärme- und Wasserwirtschaft; DVGW-Regelwerk Technische Mitteilung Hinweis G 442

Erläuterungen zu den in der Beispielsammlung benutzten Abkürzungen

keine	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2, E 2 bzw. E 3 sind nicht erforderlich.
gR	Schutzmaßnahmen nach E 2 sind im ganzen Raum durchzuführen.
Ausdehnung der Zonen	Die Zahlenangabe für die Ausdehnung der Zonen ist stets in Metern zu verstehen. Sofern keine besondere Angabe über die geometrische Ausdehnung der Zone gemacht ist, bedeutet die Zahl den Radius einer Kugel um die Quelle für die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre (Austrittsstelle brennbarer Stoffe oder dgl.).
g.e.A.	gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.
b) wie a)	bedeutet in Sp. 3 (Merkmale, Bemerkungen/Voraussetzungen) gleicher Sachverhalt wie unter a) angegeben. In Sp. 4 wird jedoch eine andere Schutzmaßnahme vorgesehen; hieraus ergibt sich in Sp. 5 eine andere Zoneneinteilung als bei a); u.U. kann sie sogar entfallen.
2.2	Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen
2.3	Verhindern oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Anlagen und Anlagenteilen
2.3.2	Konzentrationsbegrenzung
2.3.3	Inertisierung
2.3.3.2	Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus brennbaren Gasen und Dämpfen
2.3.3.3	Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus brennbaren Stäuben
2.3.3.4	Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus hybriden Gemischen
2.3.4	Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch Druckabsenkung
2.4	Verhindern oder Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen und Anlagenteilen
2.4.2	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Anlagen und Anlagenteile
2.4.3	Dichtheit von Anlagenteilen
2.4.3.2	Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile
2.4.3.3	Technisch dichte Anlagenteile
2.4.3.4	Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe
2.4.3.5	Prüfen der Anlagenteile auf Dichtheit
2.4.4	Lüftungsmaßnahmen

- 2.4.4.2 Natürliche Lüftung
- 2.4.4.3 Technische Lüftung (Raumlüftung)
- 2.4.4.4 Objektabsaugung
- 2.5 Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen
- 2.5.2 Gaswarnanlagen mit Alarmierung
- 2.5.3 Gaswarnanlagen mit automatischen Schaltfunktionen
- 2.5.4 Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen
- 2.6 Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter
- E 3 Konstruktiver Explosionsschutz

Anlage 5

Hinweis auf die alte Beispielsammlung (grün)

Die Beispielsammlung (Ausgabe 6.98) ist auf der CD/DVD 2006/07 der VMBG enthalten und kann auf der Internetseite der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie

www.bgchemie.de

unter Prävention/Explosionsschutz eingesehen werden.