
BGR 104

Explosionsschutz-Regeln

Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung

(bisher ZH 1/10)

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Fachausschuss "Chemie"

März 2005

Vorbemerkungen zur zweiten 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) 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 1203	Befähigte Personen
	TRBS xxxx	Prüfungen
	TRBS 2152	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Grundlagen
	TRBS 2152 Teil 1	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung
	TRBS 2152 Teil 2	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung oder Einschränkung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
	TRBS 2152 Teil 3	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
	TRBS 2152 Teil 4	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz)
	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	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 (grün)

Technische Regeln für Betriebssicherheit

TRBS 1203

Befähigte Personen – Allgemeine Anforderungen –

Ausgabe November 2004

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 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.

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 sich 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 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.

TRBS 1203 Teil 1

Befähigte Personen – Besondere Anforderungen – Explosionsgefährdungen

Ausgabe November 2004

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 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.

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.

Explosionsschutz-Regeln – EX-RL

Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre

Vorbemerkung

Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BG-Regeln) sind Zusammenstellungen bzw. Konkretisierungen von Inhalten z.B. aus

- staatlichen Arbeitsschutzvorschriften (Gesetze, Verordnungen) und/oder
- berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (Unfallverhütungsvorschriften) und/oder
- technischen Spezifikationen und/oder
- den Erfahrungen berufsgenossenschaftlicher Präventionsarbeit.

BG-Regeln richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften und/oder BG-Vorschriften 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 davon ausgehen, dass er die in Unfallverhütungsvorschriften geforderten Schutzziele erreicht. Andere Lösungen sind möglich, wenn Sicherheit und Gesundheitsschutz in gleicher Weise gewährleistet sind. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln erarbeitet worden, sind diese vorrangig zu beachten.

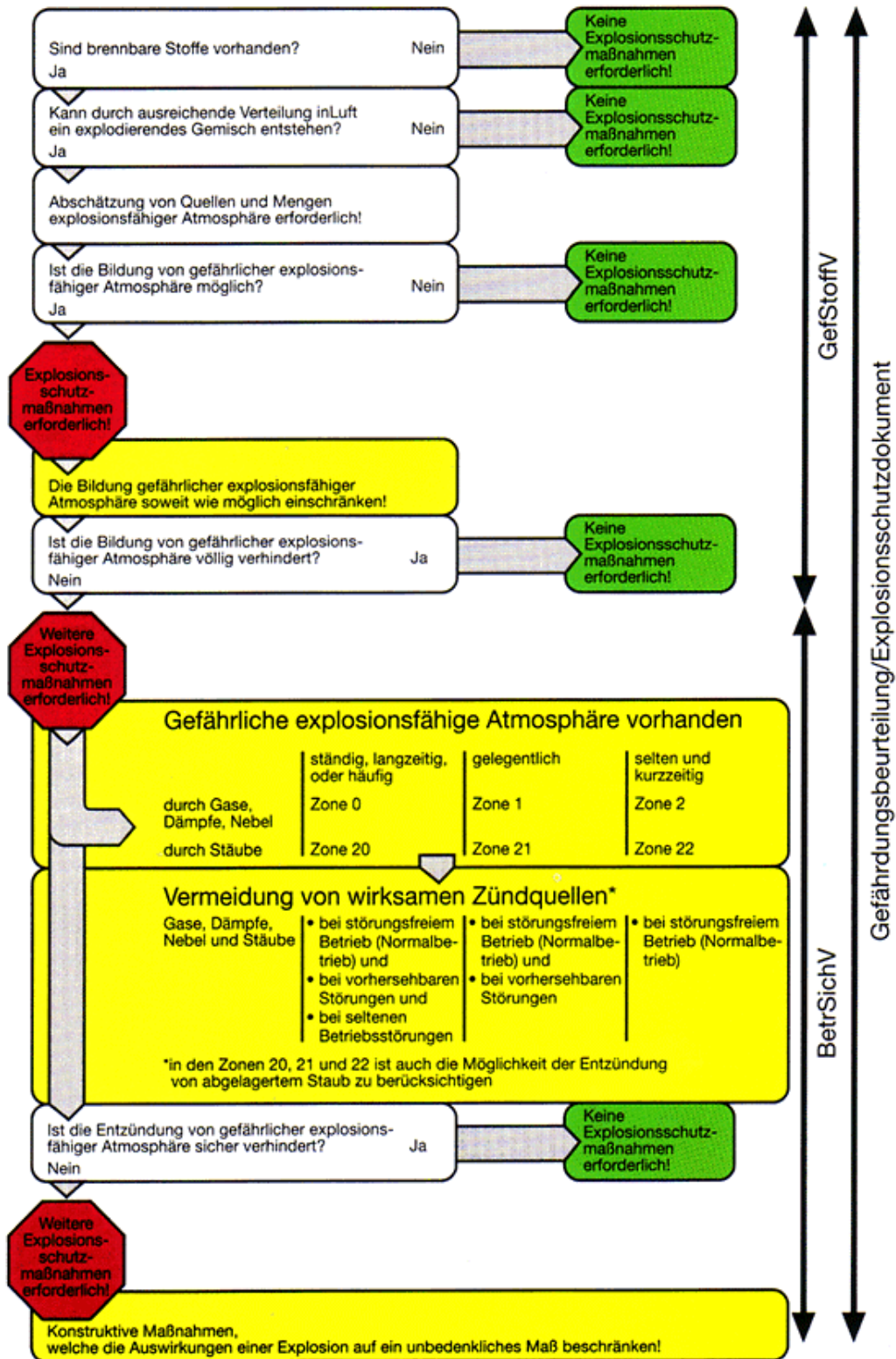
Auf Grund des Harmonisierungsprozesses durch europäische Richtlinien und Normen sowie der Weiterentwicklung der Technik wurden die EX-RL grundlegend überarbeitet und erweitert. Im Zuge der Neuordnung des berufsgenossenschaftlichen Regelwerkes wurde die Bezeichnung Explosionsschutz-Richtlinien bereits vor fünf Jahren in Explosionsschutz-Regeln umgewandelt. Weiterhin wurde die Nummerierung der EX-RL von ZH 1/10 in BGR 104 geändert.

Die Regelungen der EX-RL, die sich auf die Beschaffenheit von Anlagen, Geräten, Ausrüstungen und Schutzeinrichtungen beziehen, gelten nicht für Geräte und Schutzsysteme, die auf der Grundlage der Explosionsschutzverordnung (11. GSGV) in Verkehr gebracht werden, sofern das Inverkehrbringen nicht auf § 7 Abs. 1 dieser Verordnung (Übergangsbestimmungen) beruht.

Ergänzender Bestandteil der Regeln ist die Beispielsammlung. Sie soll als Entscheidungshilfe bei der Beurteilung der Explosionsgefahr und der Auswahl der notwendigen Schutzmaßnahmen dienen. Um zu verdeutlichen, dass die Beispielsammlung nur als Orientierungshilfe angesehen werden sollte, ist sie dem Regeltext im Gründruck (alt) bzw. Blaudruck (neu) beigelegt.

In der Bilddarstellung "Explosionsgefahr erkennen und verhindern" ist der gedankliche Duktus des Entscheidungsprozesses, der heute vom Praktiker in Fragen des Explosionsschutzes vollzogen werden soll, graphisch in anschaulicher Weise zusammengefasst.

Ferner wird darauf hingewiesen, dass diese Regeln durch die Anlagen 1, 2 und 3 ergänzt sind. In Anlage 1 werden Hinweise auf weiterführende Literaturquellen gegeben. Anlage 2 enthält einen Auszug aus der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur ElexV vom 27. Februar 1980. Anlage 3 beinhaltet die durch anerkannte nationale Prüfstellen auf Funktionsfähigkeit geprüften ortsfesten und nicht ortsfesten Gaswarngeräte.



A Geltungsbereich

- 1 Die Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung gelten für die Beurteilung der Explosionsgefahren beim Umgang mit Stoffen, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können, sowie für die Auswahl und Durchführung von Schutzmaßnahmen zum Vermeiden dieser Gefahren.**

Zum Umgang gehören Herstellung, Bearbeitung, Verarbeitung, Vernichtung, Lagerung, Bereitstellung und Umschlag sowie Beförderung mit Fahrzeugen, in Rohrleitungen oder mit anderen Hilfsmitteln.

- 2 Für eine Beurteilung der Maßnahmen zum Vermeiden von Gefahren durch explosionsfähige Gemische unter anderen als atmosphärischen Bedingungen (erhöhter Druck, erhöhte Temperatur) oder mit anderem Reaktionspartner als Luft (vgl. D 1.2) sowie durch chemisch instabile Stoffe sind diese Regeln allein nicht ausreichend. Vergleiche hierzu z.B. Acetylen-Verordnung – AcetV [1], Sprengstoffgesetz [2].**

- 3 Vorschriften sowie zugehörige Technische Regeln oder Durchführungsanweisungen zum Explosionsschutz bleiben unberührt.**

Hierzu gehören beispielsweise Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [51], Unfallverhütungsvorschriften "Druck- und Papierverarbeitung (VBG 7i)", "Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühleinrichtungen (BGV D4 bislang VBG 20), (GUV 2.5)", "Verarbeiten von Beschichtungsstoffen (BGV D25 bislang VBG 23), (GUV 9.10)", "Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung (BGV C6 bislang VBG 52)", "Gase (BGV B6 bislang VBG 61), (GUV 9.9)".

Für Abweichungen von Technischen Regeln und Durchführungsanweisungen können diese Regeln (einschließlich Beispielsammlung) als Entscheidungshilfe herangezogen werden.

B Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser BG-Regel werden folgende Begriffe bestimmt:

- 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 (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 2 Detonation** ist eine Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt, gekennzeichnet durch eine Stoßwelle (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

Bemerkung: Untere und obere Detonationsgrenze ist der untere bzw. obere Grenzwert der Konzentration eines brennbaren Stoffes in einem Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln und/oder Stäuben, in dem sich in einem unendlich langen glatten Rohr eine stabile Detonation auch bei starker Zündung gerade nicht mehr fortpflanzen kann. Die Detonationsgrenzen liegen innerhalb des Explosionsbereiches.
- 3 Dichte** eines Stoffes ist der Quotient aus seiner Masse und seinem Volumen. Die Dichte ist, besonders bei Gasen und Dämpfen, eine Funktion des Druckes und der Temperatur (vgl. D 2.2a). Bei abgelagerten Stäuben hängt die Dichte u.a. auch von der Art der Schüttung und der Korngröße ab.
- 4 Dichteverhältnis** (für Gase und Dämpfe) gibt die Dichte des betreffenden Stoffes im dampf- oder gasförmigen Zustand bezogen auf Luft (Luft = 1) des gleichen Zustandes an (vgl. D 2.2a).

- 5 Diffusionskoeffizient**, hier bezogen auf das Diffundieren von Gasen und Dämpfen in Luft, ist als Proportionalitätsfaktor im Fick'schen Gesetz ein Maß für die Geschwindigkeit des Mischvorganges infolge Konzentrationsunterschieden unter Ausschluss von Luftströmungen (Diffusion ist der am langsamsten ablaufende Mischvorgang; vgl. D 2.2a).
- 6 Explosion** ist eine plötzliche Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beider gleichzeitig (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 7 Explosionsbereich** ist der Bereich der Konzentration eines brennbaren Stoffes in Luft, in dem eine Explosion auftreten kann (gemäß DIN EN 1127-1) [12] (vgl. D 2.1a).
- 8 Explosionsfähige Atmosphäre** 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 (gemäß BetrSichV). [51]
- Bemerkung: Als atmosphärische Bedingungen gelten hier Gesamtdrucke von 0,8 bar bis 1,1 bar und Gemischtemperaturen von -20 °C bis $+60\text{ °C}$.
- 9 Explosionsfähiges Gemisch** (Oberbegriff) ist ein Gemisch von Gasen oder Dämpfen untereinander oder mit Nebeln oder Stäuben, in dem sich nach erfolgter Entzündung eine Reaktion selbstständig fortpflanzt.
- 10 Explosionsgefährdeter Bereich** ist ein Bereiche, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich (gemäß BetrSichV). [51]
- 11 Explosionsgrenzen** sind Grenzen des Explosionsbereiches. Untere Explosionsgrenze (UEG) und obere Explosionsgrenze (OEG) ist der untere bzw. obere Grenzwert der Konzentration 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 (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 12 Explosionspunkte:** Unterer Explosionspunkt bzw. oberer Explosionspunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die Temperatur, bei der die Konzentration 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 (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 13 Explosionsschutz** umfasst alle Maßnahmen zum Schutz vor Gefahren durch Explosionen (vgl. Abschnitt C Ziffer 4).
- 14 Flammpunkt** ist die niedrigste Temperatur, bei der unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen eine Flüssigkeit brennbares Gas oder brennbaren Dampf in solcher Menge abgibt, dass bei Kontakt mit einer wirksamen Zündquelle sofort eine Flamme auftritt (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

Bemerkung: Der Flammpunkt gestattet, brennbare Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Neigung, explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische zu bilden, in Gruppen einzuteilen; vgl. VbF sowie die einschlägigen Transportvorschriften. Der Flammpunkt, bestimmt in einem Gerät mit geschlossenem Tiegel, liegt in der Regel nur wenige Grad Celsius (vgl. D 2.1b, E 1.2.1) über dem unteren Explosionspunkt. Dagegen liegt der in einem

Gerät mit offenem Tiegel bestimmte Flamm- und Explosionspunkte häufig weit über dem unteren Explosionspunkt, weil sich über der Flüssigkeitsoberfläche ein gesättigtes Dampf/Luft-Gemisch nicht einstellen kann. Deshalb beziehen sich in diesen Regeln sämtliche Flamm- und Explosionspunktangaben auf Flamm- und Explosionspunkte, die in Geräten mit geschlossenem Tiegel gemessen werden.

15 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist eine explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefährliche Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer oder Anderer erforderlich werden (gemäß BetrSichV). [51]

Bemerkung: Für gefährliche explosionsfähige Atmosphäre wird die Abkürzung g.e.A. verwendet.

16 Gerätegruppen

16.1 Gerätegruppe I gilt für Geräte zur Verwendung in Untertagebetrieben von Bergwerken sowie deren Übertageanlagen, die durch Grubengas und/oder brennbare Stäube gefährdet werden können (gemäß RL 94/9/EG). [17]

16.2 Gerätegruppe II gilt für Geräte zur Verwendung in den übrigen Bereichen, die durch eine explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können. Die Gerätegruppe II wird in Abhängigkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre im vorgesehenen Einsatzbereich in drei Kategorien unterteilt.

17 Glimmtemperatur: siehe Nr. 23

18 Hybrides Gemisch ist ein Gemisch von Luft und brennbaren Stoffen in unterschiedlichen Aggregatzuständen (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

Bemerkung: Beispiele für hybride Gemische sind Gemische aus Methan, Kohlenstaub und Luft oder Gemische aus Benzindampf und Benzintröpfchen mit Luft (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

19 Gerätekategorien beschreiben den Schutzbereich und den Einsatzbereich von Geräten (gemäß RL 94/9/EG). [17]

19.1 Kategorie 1 umfasst Geräte, die konstruktiv so gestaltet sind, dass sie in Übereinstimmung mit den vom Hersteller angegebenen Kenngrößen betrieben werden können und ein sehr hohes Maß an Sicherheit gewährleisten.

Geräte dieser Kategorie sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln oder aus Staub/Luft-Gemischen besteht, ständig oder langfristig oder häufig vorhanden ist.

Geräte dieser Kategorie müssen selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und weisen daher Explosionsschutzmaßnahmen auf, so dass

- beim Versagen einer apparativen Schutzmaßnahme mindestens eine zweite unabhängige apparative Schutzmaßnahme die erforderliche Sicherheit gewährleistet bzw.
- beim Auftreten von zwei unabhängigen Fehlern die erforderliche Sicherheit gewährleistet wird.

19.2 Kategorie 2 umfasst Geräte, die konstruktiv so gestaltet sind, dass sie in Übereinstimmung mit den vom Hersteller angegebenen Kenngrößen betrieben werden können und ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten.

Geräte dieser Kategorie sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Staub/Luft-Gemischen gelegentlich auftritt.

Die apparativen Explosionsschutzmaßnahmen dieser Kategorie gewährleisten selbst bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind, das erforderliche Maß an Sicherheit.

19.3 Kategorie 3 umfasst Geräte, die konstruktiv so gestaltet sind, dass sie in Übereinstimmung mit den vom Hersteller angegebenen Kenngrößen betrieben werden können und ein Normalmaß an Sicherheit gewährleisten.

Geräte dieser Kategorie sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe, Nebel oder aufgewirbelten Staub auftritt, aber wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur selten und während eines kurzen Zeitraums.

Geräte dieser Kategorie gewährleisten beim Normalbetrieb das erforderliche Maß an Sicherheit.

Bemerkung: Zusammenhang zwischen Kategorie und Zonen siehe Tabelle E 2.1.

20 Maximaler Explosionsdruck (p_{max}) ist der unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte maximale Druck, der in einem geschlossenen Behälter bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre auftritt (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

21 Maximaler zeitlicher Druckanstieg ($(dp/dt)_{max}$) ist der unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte höchste zeitliche Druckanstieg in einem geschlossenen Behälter, der bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre auftritt (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

Bemerkung: Da dieser Wert vom Behältervolumen abhängt (kubisches Gesetz) sind Angaben für die maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit ohne gleichzeitige Volumenangabe für explosionstechnische Betrachtungen nicht ausreichend. [37]

22 Mindestzündenergie (MZE) ist die unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte, kleinste in einem Kondensator gespeicherte elektrische Energie, die bei Entladung ausreicht, das zündwilligste Gemisch einer explosionsfähigen Atmosphäre zu entzünden (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

Bemerkung: Zwischen der Mindestzündenergie und der flammendurchschlagsicheren Spaltweite besteht ein funktioneller Zusammenhang.

23 Mindestzündtemperatur einer Staubschicht ist die unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der eine Staubschicht entzündet wird (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

24 Mindestzündtemperatur einer Staubwolke ist die unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der sich das zündwillige Gemisch des Staubes mit Luft entzündet (gemäß DIN EN 1127-1). [12]

- 25 Mindestzündtemperatur explosionsfähiger Atmosphäre** ist die Zündtemperatur eines brennbaren Gases oder des Dampfes einer brennbaren Flüssigkeit oder Mindestzündtemperatur einer Staubwolke, jeweils unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 26 Normalbetrieb** ist der Zustand, in dem die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten ihre vorgesehene Funktion innerhalb ihrer Auslegungsparameter erfüllen. Die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe kann zum Normalbetrieb gehören, z.B. die geringe Freisetzung von Stoffen aus Dichtungen, deren Wirkungen auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht. Störungen (z.B. Versagen von Dichtungen, von Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen), die Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, werden nicht als Normalbetrieb angesehen (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 27 Normspaltweite (NSW)** ist die größte Spaltweite zwischen den beiden Teilen der Innenkammer einer Prüfanordnung, die unter vorgeschriebenen Bedingungen bei Entzündung des im Inneren befindlichen Gasgemisches verhindert, dass das außen befindliche Gasgemisch durch einen 25 mm langen Spalt hindurch gezündet wird, und zwar für alle Konzentrationen des geprüften Gases oder Dampfes in Luft. Die Normspaltweite ist eine Eigenschaft des jeweiligen Gasgemisches [12].
- Bemerkung: Zwischen der Normspaltweite und der Mindestzündenergie besteht ein funktioneller Zusammenhang.
- 28 Sattdampfdruck** ist der Dampfdruck eines Stoffes im Gleichgewicht mit seiner flüssigen (oder festen) Phase. Er hängt allein von der Temperatur ab und beschreibt die Dampfdruckkurve des Stoffes.
- 29 Sauerstoffkonzentration (SGK)** ist die maximale Sauerstoffkonzentration in einem Gemisch eines brennbaren Stoffes mit Luft und inertem Gas, in dem eine Explosion nicht auftritt, bestimmt unter festgelegten Versuchsbedingungen (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 30 Schwelppunkt** 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.
- 31 Selbstentzündung** einer Staubschüttung ist die Entzündung von Stäuben, die dadurch hervorgerufen wird, dass die Wärmeproduktionsrate der Oxidations- oder Zersetzungsreaktion der Stäube größer ist als die Wärmeverlustrate an die Umgebung (gemäß DIN EN 1127-1). [12]
- 32 Sicherheitstechnische Kenngrößen** sind quantitative Aussagen über Stoffeigenschaften, die für die Beurteilung von Explosionsgefahren und für die Festlegung von Schutzmaßnahmen maßgebend sind und in der Regel von der benutzten Messmethode abhängen. [4] [5]

Sicherheitstechnische Kenngrößen sind z.B.

- untere und obere Explosionsgrenze
- Flammpunkt
- Zündtemperatur/Mindestzündtemperatur
- maximaler Explosionsdruck

33 Verdunstungszahl ist das Verhältnis aus den nach DIN 53170 gemessenen Verdunstungszeiten für die zu prüfende Flüssigkeit und für Diethylether als Vergleichsflüssigkeit.

34 Zoneneinteilung: Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt.

34.1 Für Bereiche, die durch Gase, Dämpfe oder Nebel explosionsgefährdet sind, gilt (gemäß BetrSichV) [51]:

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.

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.

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.

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

34.2 Für Bereiche, die durch brennbare Stäube explosionsgefährdet sind, gilt (gemäß BetrSichV) [51]:

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.

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.

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.

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

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

34.3 Für medizinisch genutzte Räume gilt (gemäß MPBBetreibV) [7]:

Medizinische Geräte zur bestimmungsgemäßen Verwendung in medizinischen Bereichen sind vom Anwendungsbereich der RL 94/9/EG ausgenommen. Damit sind medizinische Geräte keine überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Nr. 3 BetrSichV. Werden Medizinprodukte als Arbeitsmittel in

explosionsgefährdeten Bereichen vom Arbeitgeber bereitgestellt und von Beschäftigten benutzt, sind die Bestimmungen des Zweiten Abschnitts der BetrSichV, insbesondere Anhang 4 (Anlage 2 der EX-RL), anzuwenden.

- 35 Zündtemperatur** (eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit) ist die unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Entzündung eines brennbaren Stoffes als Gas/Luft- oder Dampf/Luft-Gemisch eintritt (gemäß DIN EN 1127-1).
[12]

C Anwendung der Regeln

Die folgenden Überlegungen sind bereits bei der Planung vor Errichtung neuer bzw. vor Änderung bestehender Anlagen anzustellen. Hierbei sind nicht nur der Normalbetrieb, der auch An- und Abfahren der Anlage, Reinigen, Umrüsten, Wartung und Reparatur umfasst, sondern auch die evtl. technischen Störungen sowie menschliches Fehlverhalten zu berücksichtigen.

1. An erster Stelle ist nach Abschnitt D zu prüfen, ob brennbare feste, flüssige, gasförmige oder staubförmige Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder unter den in Betracht zu ziehenden Betriebszuständen gebildet werden können.
2. Ist dies der Fall, muss gemäß Abschnitt D ferner festgestellt werden, ob nach Art des Auftretens dieser brennbaren Stoffe überhaupt mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist.
3. Sodann ist nach Abschnitt D zu beurteilen, ob die zu erwartenden Mengen explosionsfähiger Atmosphäre auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefährdend sind. Ist diese Voraussetzung erfüllt, sind Schutzmaßnahmen zu treffen.

Kann nach den Bestimmungen des § 16 der Gefahrstoffverordnung die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen:

- a) die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären,
 - b) die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
 - c) das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen. [51]
4. Die Maßnahmen des Explosionsschutzes sind in diesen Regeln aufgeteilt in:
 - a) Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre, vgl. E 1),
 - b) Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen, vgl. E 2),
 - c) Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz, vgl. E 3).

5. In der Regel ist den Maßnahmen nach 4. a) 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 4. b) und bzw. oder 4. c) oder gegebenenfalls geeignete Kombinationen von Maßnahmen nach a), b) und c) anzuwenden. Für die Festlegung von Maßnahmen nach 4. b) sind die explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen gemäß Abschnitt E 2.1 einzuteilen. [51]

D Beurteilung der Explosionsgefahr

D 1 Grundlagen

Eine Beurteilung, ob Explosionsgefahr herrscht, d.h. die Klärung der Frage, ob gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann, muss sich auf den Einzelfall beziehen.

Explosionsgefahren können beim Umgang mit brennbaren (exotherm oxidierbaren) Stoffen auftreten, wenn diese Stoffe in feiner Verteilung (Dispersionsgrad) als Gase, Dämpfe, Nebel (Flüssigkeitströpfchen bzw. Aerosole) oder Stäube (Feststoffteilchen) vorliegen, ihre Konzentration im Gemisch mit Luft innerhalb bestimmter Grenzen liegt (Explosionsgrenzen) und die Gemischmenge gefahrdrohend ist (gefährliche explosionsfähige Atmosphäre). Zur Einleitung einer Explosion muss eine wirksame Zündquelle vorhanden sein.

Bei Explosionen treten Flammen, hohe Temperaturen und vielfach auch hohe Drücke bzw. Druckanstiegsgeschwindigkeiten auf. Hierbei können Personen verletzt, Gebäude oder Anlageteile zerstört sowie weitere brennbare Stoffe entzündet werden (Folgebrände). [74]

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

- **Hoher Dispersionsgrad der brennbaren Stoffe (D 1.1)**
- **Konzentration der brennbaren Stoffe in Luft innerhalb ihrer Explosionsgrenzen (D 1.2)**
- **Gefahrdrohende Menge explosionsfähiger Atmosphäre (D 1.3)**
- **Wirksame Zündquelle (D 1.4)**

D 1.1 Dispersionsgrad

Der Dispersionsgrad von Nebeln oder Stäuben kann für das Zustandekommen einer Explosion bereits ausreichend sein, wenn die Tröpfchen- bzw. 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.

D 1.2 Explosionsgrenzen

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

Unter anderen als atmosphärischen Bedingungen ändern sich die Explosionsgrenzen. Der Konzentrationsbereich zwischen den Explosionsgrenzen erweitert sich z.B. 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 (siehe hierzu A 2 und E 2.3.13).

Über einer brennbaren Flüssigkeit kann sich explosionsfähige Atmosphäre nur bilden, wenn die Temperatur der Flüssigkeitsoberfläche einen Mindestwert überschreitet (vgl. D 2.1).

Für Stäube haben die Explosionsgrenzen nicht die gleiche Bedeutung wie für Gase und Dämpfe. [37] Die Staubkonzentration kann durch Aufwirbeln von Ablagerungen oder durch Absetzen von aufgewirbeltem Staub stark verändert werden. 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 eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. So ist in Gegenwart abgelagerter brennbarer Stäube stets mit Explosionsgefahr zu rechnen.

D 1.3 Gefahrdrohende Menge

Bereits 10 Liter explosionsfähige Atmosphäre als zusammenhängende Menge müssen in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße in der Regel als gefahrdrohend angesehen werden. Einzelheiten siehe Abschnitt D 2.3.

D 1.4 Wirksame Zündquelle [112] [113]

Zündquellen werden in ihrer Wirkung häufig unterschätzt oder nicht erkannt. Ihre Wirksamkeit, d.h. die Fähigkeit explosionsfähige Atmosphäre zu entzünden, hängt u.a. von der Energie der Zündquelle und von den Eigenschaften der explosionsfähigen Atmosphäre ab. Eine große Anzahl verschiedener, auch nichtelektrischer Zündquellen wird im Abschnitt E 2.3 beschrieben. 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 um Zehnerpotenzen verringert. [59]

D 2 Beurteilungsmaßstäbe

Bei der Beurteilung der Explosionsgefahr [4] 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.

Es ist zu beachten, dass sicherheitstechnische Kenngrößen des Explosionsschutzes in der Regel nur unter atmosphärischen Bedingungen gelten. Unter anderen als atmosphärischen Bedingungen ändern sich die sicherheitstechnischen Kenngrößen. Liegen entsprechende Kenngrößen nicht vor, so müssen sie bestimmt werden. [108] [109] [110] In Zweifelsfällen gelten

die Feststellungen der für die Bestimmung sicherheitstechnischer Kennzahlen akkreditierten Stellen.

Zur Beurteilung der Explosionsgefahr sind die Fragen D 2.1 bis D 2.3 zu beantworten:

D 2.1 Kann im Bereich der zu beurteilenden Anlage oder im Inneren von Apparaturen explosionsfähige Atmosphäre auftreten?

Diese Frage bezieht sich allein auf die Eigenschaften der Stoffe und deren mögliche Verarbeitungszustände, bei denen Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube, die explosionsfähige Atmosphäre bilden können, vorhanden sind oder möglicherweise entstehen. [4] [6] [13] [44] [74] [78] [105]

Zur Beantwortung dieser Frage sind je nach Erfordernis zu berücksichtigen:

a) Eigenschaften der Stoffe

bei allen Stoffen:

Untere und obere Explosionsgrenze

bei Flüssigkeiten:

Flammpunkt bzw. unterer Explosionspunkt und oberer Explosionspunkt; [8] [92]
Sattdampfdruck bei den Verarbeitungs- bzw. Umgebungstemperaturen

bei Stäuben:

Korngrößenverteilung und Dichte, Feuchte, Schwelppunkt [13]

b) Verarbeitungszustand der Stoffe [114]

bei allen Stoffen:

Während des Umganges entstehende oder herrschende maximale (ggf. auch minimale) Konzentrationen der brennbaren Stoffe. [35] [45]

bei Flüssigkeiten und Nebeln:

- Art der Verarbeitung einer Flüssigkeit (z.B. Versprühen [26] [31], Verspritzen und Aufreißen eines Flüssigkeitsstrahles, Verdampfen und Kondensation).
- Maximale (ggf. auch minimale) Verarbeitungs- bzw. Umgebungstemperaturen.
- Liegt z.B. die maximale Verarbeitungstemperatur über dem unteren Explosionspunkt (UEP) der Flüssigkeit, so können explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische vorhanden sein.
- Sofern der jeweilige UEP nicht bekannt ist, kann er wie folgt abgeschätzt werden:
 - bei reinen, nicht halogenierten Flüssigkeiten 5 K unter dem Flammpunkt,
 - bei Lösemittel-Gemischen ohne halogenierte Komponente 15 K unter dem Flammpunkt.
- Werden die Flüssigkeiten in Tröpfchen verteilt, z.B. versprüht, ist auch bei Temperaturen unterhalb des 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.

bei Stäuben:

Vorhandensein oder Entstehen von Staub/Luft-Gemischen bzw. Staubablagerungen (vgl. auch D 1.2), z.B. beim Mahlen, Sieben, Fördern, Füllen, Entleeren und Trocknen. [37] [53]

D 2.2 Welche Menge explosionsfähiger Atmosphäre kann auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse vorhanden sein oder entstehen und wo kann sie auftreten?

Zur Beantwortung dieser Frage [10] [11] [13] können je nach Erfordernis berücksichtigt werden:

a) folgende Eigenschaften der Stoffe neben den zu D 2.1 unter a) genannten

bei Gasen und Dämpfen:

- Dichteverhältnis bezogen auf Luft.
- 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 ggf. 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 über der Flüssigkeit sich bildenden Dampf/Luft-Gemisches zu 1,3 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.

Diffusionskoeffizient

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

bei Flüssigkeiten:

Verdunstungszahl

b) die örtlichen und betrieblichen Verhältnisse [76]

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 usw.
- Be- und Entlüftungsverhältnisse [117] [118] und sonstige räumliche Verhältnisse.
- 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.

bei Gasen und Dämpfen:

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

bei Flüssigkeiten:

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

bei Stäuben:

Bildung von Staubablagerungen, bevorzugt auf waagerechten oder schwach geneigten Flächen (vgl. E 2.3 Nr. 1), Aufwirbeln von Stäuben. [37] [53]

D 2.3 Sind die zu erwartenden Mengen explosionsfähiger Atmosphäre auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefahrdrohend?

Bei dieser Beurteilung ist eine Entzündung der eventuell auftretenden explosionsfähigen Atmosphäre anzunehmen, um die Auswirkung einer Explosion abzuschätzen.

Zur Beantwortung dieser Frage können je nach Erfordernis berücksichtigt werden:

a) folgende Eigenschaften der Stoffe, neben den in D 2.1 unter a) genannten

bei allen Stoffen:

- Maximaler Explosionsdruck
- Druckanstiegsgeschwindigkeit (s. auch E 3.2)
- Detonationsgrenzen bzw. Neigung zur Detonation

b) die örtlichen und betrieblichen Verhältnisse

bei allen Stoffen:

- Mengen der explosionsfähigen Atmosphäre und Art ihres Einschlusses, z.B. in Behältern, mehr oder weniger geschlossenen Räumen, Gruben, Kanälen und im Freien. [46]

- Mehr als 10 Liter explosionsfähiger Atmosphäre als zusammenhängende Menge müssen in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße grundsätzlich als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre angesehen werden (s. auch D 2.2). Auch kleinere Mengen können bereits gefahrdrohend sein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden. [104] Auch in Räumen von weniger als etwa 100 m³ kann bereits eine kleinere Menge als 10 Liter als gefahrdrohend sein. Eine grobe Abschätzung ist mit Hilfe der Faustregel möglich, dass in solchen Räumen explosionsfähige Atmosphäre von mehr als einem Zehntausendstel des Raumvolumens als gefahrdrohend 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 (vgl. [10] [11], auch E 1.3.4.1), gilt als explosionsgefährdeter Bereich.
- Bei den meisten 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. [24]
- Welche Menge explosionsfähiger Atmosphäre im Freien als gefahrdrohend angesehen werden muss, lässt sich nur für den Einzelfall abschätzen. [13] [64]
- 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 gefahrdrohend anzusehen. Eine untere Grenze kann hierfür nicht angegeben werden.
- Befindet sich explosionsfähige Atmosphäre im menschlichen Atmungstrakt, z.B. beim Narkotisieren oder in Gefäßen, die mit diesem verbunden sind, so sind bereits kleinste Mengen als gefahrdrohend anzusehen.

D 2.4 Auswirkungen von Explosionen

Flammenausbreitung

Die in explosionsfähiger Atmosphäre sich 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.

Möglichkeiten zur Ausbildung von Detonationen

In lang gestreckten Behältern oder Rohrleitungen besteht die Gefahr der Ausbildung von Detonationen. Detonationswellen haben beim Aufprall auf Hindernisse eine extrem starke zerstörende Wirkung (s. E 2.3.12, E 3.1 und E 3.2 und E 3.4).

Zerstörbarkeit von Anlageteilen in der Umgebung der explosionsfähigen Atmosphäre

- Durch eine Explosion können auch in der Umgebung Schäden hervorgerufen werden, durch die wiederum brennbare oder andere gefährliche Stoffe freigesetzt und gegebenenfalls entzündet werden.
- Besondere örtliche Verhältnisse, das übliche Maß über- oder unterschreitende Gefährdung, vgl. Abschnitt E 2.2.

E Schutzmaßnahmen

Im Folgenden werden die verschiedenen Maßnahmen des Explosionsschutzes

- Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre
- Vermeiden wirksamer Zündquellen
- Konstruktiver Explosionsschutz

beschrieben.

E 1 Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre)

Der Begriff "Einschränken" kann räumliche, zeitliche und mengenmäßige Begrenzung umfassen.

Diese Explosionsschutzmaßnahmen werden aufgegliedert in

- Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen (s. E 1.1),
- Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre innerhalb von Apparaturen (s. E 1.2),
- Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen (s. E 1.3),
- Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen (s. E 1.4),
- Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter.

E 1.1 Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen

An erster Stelle ist zu prüfen, ob brennbare Stoffe durch solche ersetzbar sind, die keine explosionsfähigen Gemische zu bilden vermögen. [30]

In manchen Fällen lassen sich z.B. ersetzen

- brennbare Löse- und Reinigungsmittel durch wässrige Lösungen,
- Kohlenwasserstoffe mit niedrigem Flammpunkt durch Kohlenwasserstoffe mit einem ausreichend sicher über Raum- und Verarbeitungstemperatur [4] liegenden Flammpunkt (vgl. D 2.1b),
- brennbare pulverförmige Füllstoffe durch nichtbrennbare Füllstoffe.

Werden zu Kohlenwasserstoffen niedrigsiedende, nicht- oder schwerbrennbare Halogenkohlenwasserstoffe, z.B. Methylenchlorid zu Benzin als Lösemittelgemisch zu Reinigungszwecken, 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. [92]

E 1.2 Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Apparaturen

Lässt sich der Umgang mit Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen, nicht vermeiden, so kann ein sehr hohes Sicherheitsniveau dadurch erreicht werden, dass die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre in gefahrdrohender Menge innerhalb der Apparatur durch Begrenzung der Menge bzw. der Konzentration oder durch Inertisieren verhindert oder eingeschränkt wird.

Diese Maßnahmen sind in geeigneter Weise zu überwachen, sofern nicht die Einhaltung der unbedenklichen Konzentration durch die Verfahrensbedingungen sichergestellt ist.

Die Überwachung kann z.B. durch geeignete Gaswarngeräte oder Strömungswächter, gekoppelt mit der Auslösung eines Alarms, automatischer Schutzmaßnahmen oder automatischer Notfunktionen erfolgen.

Auch Druckminderung kann die Explosionsgefahr oder -heftigkeit herabsetzen, da entweder keine Explosion mehr stattfindet oder der maximale Explosionsdruck erniedrigt wird.

E 1.2.1 Konzentrationsbegrenzung

Bei Anwendung dieser Maßnahmen muss die Konzentration der brennbaren Stoffe unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze gehalten werden. Es ist dabei zu beachten, dass beim Anfahren und Abstellen der Anlagen der Explosionsbereich durchfahren werden kann.

Liegt die Konzentration in der Apparatur über der oberen Explosionsgrenze, besteht zwar im Inneren keine Explosionsgefahr; austretende Gemische können jedoch durch Luftzutritt Explosionsgefahr außerhalb der Apparatur hervorrufen.

Bei Gasen lässt sich das Ziel, die Konzentrationen außerhalb der Explosionsgrenze zu halten, häufig ohne besondere Schwierigkeiten erreichen.

Bei brennbaren Flüssigkeiten ist das Ziel erreicht, wenn die Temperatur an der Flüssigkeitsoberfläche stets genügend weit (etwa 5 K bis 15 K, vgl. D 2.1) unterhalb des Flammpunktes gehalten wird. Liegt die Temperatur der Flüssigkeitsoberfläche oberhalb des oberen Explosionspunktes, so ist in der Apparatur in unmittelbarer Nähe der Flüssigkeitsoberfläche mit Sättigung, also mit Gemischkonzentrationen oberhalb der oberen Explosionsgrenze, stets zu rechnen. In einem von den jeweiligen Betriebsbedingungen abhängigen Abstand von der Flüssigkeitsoberfläche kann aber die Konzentration wesentlich geringer sein. Bei vielen Arbeitsprozessen lassen sich jedoch durch geeignete Wahl der Betriebsbedingungen auch in der gesamten Apparatur Sattendampfkonzentrationen aufrechterhalten. In manchen Fällen – z.B. bei der Lagerung – nimmt die Konzentration jedoch nach oben hin ab, sodass das Gemisch in gewissen Abständen von der Flüssigkeitsoberfläche explosionsfähig sein kann [10], erst nach extrem langer Lagerzeit in wenig atmenden Lagerbehältern und wenn die Oberflächentemperatur weit über dem oberen Explosionspunkt liegt, hat das Gemisch an allen Stellen im Lagerbehälter eine Konzentration oberhalb der oberen Explosionsgrenze.

Bei Stäuben ist das Ziel, explosionsfähige Gemische durch Begrenzung der Konzentration zu vermeiden, schwer zu erreichen. Die gefährlichen Wechselwirkungen zwischen aufgewirbeltem und abgelagertem Staub sind in Abschnitt D behandelt. Homogene Staub/Luft-Gemische treten äußerst selten auf. In der Regel ist es falsch, als Staubkonzentration einfach die Gesamtmenge des Staubes bezogen auf den gesamten Raum oder das Gesamtvolumen einer Anlage zu betrachten und dabei eine gleichmäßige Verteilung anzunehmen. Diese summarische Betrachtung gibt bei inhomogener Staubverteilung nicht die Konzentrationsverhältnisse für jedes Teilvolumen wieder, sodass örtlich Staubkonzentrationen vorliegen können, die von der so errechneten sehr verschieden sind. In Teilen von Anlagen, Behältern oder Räumen kann also auch dann Explosionsgefahr bestehen, wenn die auf das Gesamtvolumen bezogene Staubmenge außerhalb der Explosionsgrenze liegt.

Es ist auch möglich, durch Zugabe von brennbaren Gasen die Gesamtkonzentration der brennbaren Komponenten stets oberhalb der oberen Explosionsgrenze zu halten.

E 1.2.2 Inertisieren

Durch Zugabe von gasförmigen Inertstoffen (z.B. Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgasen), Wasserdampf oder auch von pulverförmigen Inertstoffen, kann die Bildung explosionsfähiger Gemische verhindert werden. [34] [37]

Als Methoden des Inertisierens haben sich in der Praxis beispielsweise verschiedene Druckwechselverfahren mit oder ohne Vakuumanwendung, die Durchflussspülung sowie die Inertgasbeatmung mit Druckhaltung zur Aufrechterhaltung der vorhandenen Inertisierung bewährt. [111]

Beim Inertisieren mit Wasserdampf ist der Einfluss der Kondensation zu berücksichtigen.

Es ist zu unterscheiden zwischen dem partiellen und totalen Inertisieren. Das partielle Inertisieren beruht auf der Verringerung der Sauerstoffkonzentration im Gemisch, sodass dieses nicht mehr explosionsfähig ist. Nach Zumischung ausreichender Mengen von Sauerstoff oder Luft (z.B. Austritt ins Freie) wird das Gemisch wieder explosionsfähig. Ausschlaggebender Wert für die Auslegung des partiellen Inertisierens ist die Sauerstoffgrenzkonzentration; hierunter wird die höchste Sauerstoffkonzentration verstanden, bei der eine selbstständige Flammenfortpflanzung (Explosion) gerade nicht mehr möglich ist. Dieser Wert ist vor allem vom brennbaren Stoff und vom Inertgas, aber auch von Temperatur und Druck abhängig.

Hiervon zu unterscheiden ist die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration, die sich aus der experimentell bestimmten Sauerstoffgrenzkonzentration durch Abzug eines Sicherheitsabstandes ergibt.

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 bzw. Notfunktionen festzulegen.

Beim totalen Inertisieren ist das Verhältnis des Anteiles von Inertgas zu dem des brennbaren Stoffes so hoch, dass auch nach Zumischung beliebiger Luftmengen das Gemisch nicht explosionsfähig ist. Das totale Inertisieren findet in der Praxis nur bei explosionsfähiger Atmosphäre mit brennbaren Gasen und Dämpfen Anwendung.

Wesentliche Voraussetzung für jede Methode des Inertisierens ist ihre Überwachung mit geeigneten Messgeräten (z.B. Überwachung der Sauerstoffkonzentration, der Inertgaskonzentration, des Gesamtdruckes oder der Mengenströme von Inertgas und brennbarem Stoff bzw. Sauerstoff. [61]

Es ist weiterhin eine Alarmschwelle unterhalb der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration festzulegen. Hierbei sind die Eigenschaften der Überwachungsgeräte zu berücksichtigen. [63]

Bei Erreichen der Alarmschwelle müssen – den Bedingungen des Einzelfalles entsprechend von Hand oder automatisch ausgelöst – Schutzmaßnahmen durchgeführt oder Notfunktionen ausgelöst werden.

E 1.2.2.1 Inertisieren explosionsfähiger Atmosphäre brennbarer Gase und Dämpfe *Partielles Inertisieren*

In der Tabelle 1 sind beispielsweise einige Sauerstoffgrenzkonzentrationen aufgeführt. [4] [19] [20]

Rechenbeispiel zum partiellen Inertisieren

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

Die Sauerstoffgrenzkonzentration wird der Tabelle 1 entnommen (Molgehalt $c_{\text{maxO}_2} = 9,8 \%$, alte Bezeichnung $c_{\text{maxO}_2} = 9,8 \text{ Vol.}\%$). 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. Damit wird die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration auf

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

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 %, sodass 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 "Für die Schwankung müssen hier 2 % angesetzt werden, 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."

Totales Inertisieren

Beim totalen Inertisieren 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.

Es sind hinreichende Sicherheitsabstände zu den experimentell bestimmten Grenzwerten vorzusehen.

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 des totalen Inertisierens ein erheblicher Gesamtüberdruck erforderlich sein kann.

Rechenbeispiel zum totalen Inertisieren

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 Sattdampfdruck von ca. 0,16 bar.

- a) Der Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass für das Inertisieren mit Stickstoff das Verhältnis der Molanteile und damit in guter Näherung der Partialdrücke 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 von 5,9 bar)

im Behälter erforderlich.

- b) Beim Inertisieren 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.

Tabelle 1: Grenzwerte für das Inertisieren brennbarer Gase und Dämpfe bei 1 bar Gesamtdruck (Chemsafe [5])

Brennbarer Stoff	Temperatur in °C	Partielles Inertisieren				Totales Inertisieren (Werte nur zur Orientierung)	
		Sauerstoffgrenzkonzentration im Gesamtgemisch brennbarer Stoff/Inertgas/Luft beim Inertisieren mit:		Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N ₂ oder CO ₂) und Luft (L) zum Inertisieren bei beliebiger Zugabe von brennbarem Stoff		Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas (N ₂ oder CO ₂) und brennbarem Stoff (B) zum Inertisieren bei beliebiger Zugabe von Luft	
		N ₂	CO ₂	N ₂ /L	CO ₂ /L	N ₂ /B	CO ₂ /B
		c _{maxO₂} in mol %	c _{maxO₂} 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 der Zerfallsfähigkeit von Ethylenoxid existieren diese Werte nicht.				17	15
Hexan	20	9,3	11,6 ² (100 °C)	1,3	0,8 ² (100 °C)	42	32 ² (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
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	–

Alle mit ~ gekennzeichneten Werte sind abgeschätzt

² Konzentration bei 20 °C nicht erreichbar

E 1.2.2.2 Inertisieren brennbarer Stäube

In Tabelle 2 sind beispielsweise für einige Staubarten die für ein Inertisieren von Staub/Luft-Gemischen mit Stickstoff maßgeblichen Sauerstoffgrenzkonzentrationen zusammengestellt. [13] [37] [79]

Ebenso wie bei Gasen und Dämpfen ist die Sauerstoffgrenzkonzentration von der Art des Inertgases abhängig. Bei 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.

Da viele Leichtmetallstäube mit Kohlendioxid und zum Teil auch mit Stickstoff reagieren können, müssen in diesen Sonderfällen Edelgase als Inertgas verwendet werden.

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. [78] Die dafür maßgebenden Sauerstoffkonzentrationen müssen gesondert ermittelt werden.

Hinweis: 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), zum Teil über 80 % erforderlich.

Tabelle 2: Sauerstoffgrenzkonzentration für verschiedene Stäube für das Inertisieren von Staub/Luft-Gemischen durch Stickstoff bei einer Gemischttemperatur von etwa 20 °C und einem Gesamtdruck von etwa 1 bar [13]

Staubart	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
Erbsenmehl	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
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

E 1.2.2.3 Inertisieren hybrider Gemische

Bei gleichzeitigem Vorhandensein gasförmiger, staubförmiger und/oder nebförmiger Stoffe ist zur Ermittlung der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration die Komponente mit der niedrigsten Sauerstoffgrenzkonzentration zugrunde zu legen. [79] [84]

E 1.2.3 Anwendung von Vakuum

Durch Herabsetzen des Druckes p unter den Atmosphärendruck kann erreicht werden, dass entweder keine Explosion mehr stattfindet (bei $p \leq 50$ mbar muss im gegebenen System nicht mehr mit der Ausbildung von gefährlicher Explosion/Explosionsausbreitung gerechnet werden) oder dass der Explosionsdruck unter dem Atmosphärendruck bleibt.

Da der Explosionsdruck proportional vom Anfangsdruck abhängig ist, ist dies bei Stoffen mit einem maximalen Explosionsüberdruck von ≤ 10 bar der Fall, wenn der Anfangsdruck $p \leq 0,1$ bar ist. Ein weiterer Effekt des reduzierten Anfangsdruckes ist die Erhöhung der Mindestzündenergie. [25] [125]

Das Vakuum muss messtechnisch überwacht und bei Betriebsstörungen (z.B. bei Lufteinbruch) durch eine andere Maßnahme (z.B. Inertisieren und/oder Vermeiden von Zündquellen durch Abschalten) ergänzt werden.

Hinweis: siehe auch E 1.3.2.3 die letzten beiden Punkte.

E 1.3 Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen

Beim Ausströmen brennbarer Stoffe aus Öffnungen, undichten Stellen usw. können sich außerhalb der Apparaturen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre [10] [11] und bei Stäuben auch Ablagerungen bilden. Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen sind geeignet, die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern bzw. einzuschränken.

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. Auch durch Befeuchten oder durch Überschichten mit Inertstoffen lassen sich Staubablagerungen – zumindest zeitweise – unschädlich machen.

E 1.3.1 Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Betriebsanlagen

Schon bei der Planung einer Anlage zur Handhabung brennbarer Stoffe in großen Mengen muss angestrebt werden, dass sich die Stoffe stets in geschlossenen Apparaturen 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 kleiner 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.

E 1.3.2 Dichtigkeit von Apparaturen

Der Austritt brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube in gefahrdrohender Menge in die Umgebung kann durch Dichtigkeit der Apparatur vermieden werden.

Hierbei wird unterschieden in:

- **auf Dauer technisch dichte Apparaturen,**
- **technisch dichte Apparaturen,**
- **Apparaturen mit betriebsbedingten Austritten brennbarer Stoffe.**

Bei der Konstruktion von Apparaturen 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. [21] Gefahren durch Reaktionen des Wandmaterials mit den brennbaren Gemischen sind auszuschließen. Bei der Auswahl der Werkstoffe ist das Korrosionsverhalten zu berücksichtigen.

Bei flächenhafter Abtragung sind bei der Berechnung der Wanddicke Zuschläge zu berücksichtigen; gegen Lochfraßkorrosion als besondere Schutzmaßnahmen geeignete Werkstoffe auszuwählen sowie insbesondere auch sachgerechte Konservierungsmaßnahmen in Stillstandsphasen durchzuführen.

E 1.3.2.1 Auf Dauer technisch dichte Apparaturen

Apparaturen sind auf Dauer technisch dicht (BGV B6 bislang VBG 61, TRB 600 Nr. 5), wenn

- a) sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben**
oder
- b) ihre technische Dichtigkeit durch Instandhaltung und Überwachung ständig gewährleistet wird.**

zu a)

Auf Dauer technisch dichte Anlagen- und Ausrüstungsteile sind z.B.

- geschweißte Apparaturen 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)
 - Stutzen zum lösbaren Befestigen von Rohrleitungen, Armaturen oder Blinddeckeln, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen betriebsmäßig nur selten gelöst und konstruktiv wie die nachgenannten lösbaren Rohrleitungsverbindungen gestaltet sind (Ausnahme: metallisch dichtende Verbindungen),

- Wellendurchführungen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung (z.B. Pumpen, Rührwerke),
- Spaltrohrmotorpumpen,
- magnetisch gekoppelte dichtungslose Pumpen,
- Armaturen mit Abdichtung der Spindeldurchführung mittels Faltenbalg und Sicherheitsstopfbuchse, Stopfbuchsenabdichtung mit selbsttätig nachstellenden Packungen,
- stopfbuchsenlose Armaturen mit Permanent-Magnetantrieb (SLMA-Armaturen).

Auf Dauer technisch dichte Rohrleitungsverbindungen³ sind z.B.

- unlösbare Verbindungen, z.B. geschweißt,
- 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,
 - oder
 - metallisch dichtende Verbindungen, ausgenommen Schneid- und Klemmringverbindungen in Leitungen größer als DN 32.

Auf Dauer technisch dichte Verbindungen zum Anschluss von Armaturen sind, soweit sie betriebsmäßig selten gelöst werden, z.B.

- die vorgenannten Rohrleitungsverbindungen und
- 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 ($D t > 100 \text{ °C}$) ausgesetzt sind.

zu b)

Neben den rein konstruktiven Maßnahmen können auch technische Maßnahmen, kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen, zu einer auf Dauer technisch dichten Apparatur führen.

Hierunter fallen bei entsprechender Überwachung und Instandhaltung z.B.

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

Umfang und Häufigkeit für die Überwachung und Instandhaltung richten sich im Einzelnen nach der Art der Konstruktion, Betriebsweise sowie Beanspruchung und sollen die technische Dichtheit auf Dauer gewährleisten.

³ Schlauchleitungen sind wie Rohrleitungen zu behandeln

Es ist darauf zu achten, dass Umfang und Häufigkeit für die Überwachung und Instandhaltung zur Aufrechterhaltung der auf Dauer technischen Dichtheit in der Betriebsanweisung festgelegt sind.

Für die Überwachung kann eine der folgenden Maßnahmen ausreichend sein:

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

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

E 1.3.2.2 Technisch dichte Apparaturen

Technisch dicht sind Apparaturen, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z.B. mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuch- oder -anzeigegeräten, eine Undichtheit nicht erkennbar ist, jedoch seltene kleine Freisetzungen brennbarer Gase und Dämpfe nicht ausgeschlossen werden können, z.B.:

- Flansch mit glatter Dichtleiste und keinen besonderen konstruktiven Anforderungen an die Dichtung,
- Schneid- und Klemmringverbindungen in Leitungen größer DN 32,
- Pumpen, deren technische Dichtheit auf Dauer nicht gewährleistet ist (z.B. mit einfach wirkender Gleitringdichtung),
- lösbare Verbindungen nach Pkt. E 1.3.2.1, Abs. 3, die nicht nur selten gelöst werden.

E 1.3.2.3 Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe

An Apparaturen, bei denen die Maßnahmen nach E 1.3.2.1 und E 1.3.2.2 nicht vollständig durchgeführt wurden, kann es durch betriebsbedingten Austritt brennbarer Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe oder Stäube zur Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre kommen.

Betriebsbedingte Austrittsstellen sind z.B. Entlüftungs- und Entspannungsleitungen, Umfüllanschlussstellen, Peilventile, Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen und bei Stäuben z.B. Übergabestellen.

Durch technische Maßnahmen können jedoch die Austrittsmengen verringert werden, wenn z.B.:

- beim Umfüllen das Vollschauchsystem verwendet wird,
- in geschlossenen Systemen unter Anwendung des Gaspindelverfahrens umgefüllt wird,
- Entlüftungs- und Entspannungsleitungen in Gassammelsysteme geführt werden,
- an Probenahmestellen und Peilventilen durch Einrichtungen sichergestellt ist, dass nur geringe Mengen austreten können,

- Entwässerungen über Schleusen geringen Rauminhalts mit gegeneinander verriegelten Absperrarmaturen vorgenommen werden,
- die Übergabestellen von staubförmigen bzw. staubhaltigen Produkten mit einer gegebenenfalls auch flexiblen Umhüllung aus möglichst staubundurchlässigen Materialien versehen werden,
- durch Unterdruckfahrweise bei betriebsbedingten Austrittsstellen ein Austreten von brennbaren Stoffen vermieden oder verringert wird,
- bei Anwendung der Unterdruckfahrweise (z.B. 900 mbar) die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen (z.B. Öffnungen, Wellendurchführungen) sehr gering ist.

E 1.3.3 Prüfen der Apparatur auf Dichtheit

Vor erster Inbetriebnahme sowie nach längeren Betriebsunterbrechungen, wesentlichen Änderungen und Reparatur- oder Umbauarbeiten größeren Ausmaßes muss die fertig montierte Betriebsanlage als Ganzes oder in Abschnitten auf Dichtheit geprüft werden. In besonderen Fällen kann vor jeder Charge eine Dichtheitsprüfung erforderlich sein.

Auch Apparaturen, die auf Dauer technisch dicht sind, sind auf Dichtheit zu prüfen.

Auf bestehende Prüfbestimmungen in Unfallverhütungsvorschriften und Verordnungen z.B. Unfallverhütungsvorschrift "Gase (BGV B6 bislang VBG 61), (GUV 9.9)", "Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRbF 610", "Betrieb von Druckbehälter TRB 700" wird hingewiesen.

E 1.3.4 Lüftungsmaßnahmen

Durch Lüftungsmaßnahmen soll, so weit wie möglich, die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert oder eingeschränkt werden. Auf Schutzmaßnahmen nach Abschnitt E 2 kann verzichtet werden, wenn durch die Art der Luftführung gewährleistet ist, dass sich an keiner Stelle und zu keiner Zeit gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann.

Ständige konstante Belüftung von Betriebsräumen kann die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nur dort sicher vermeiden, 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.

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. E 1.3).

E 1.3.4.1 Natürliche Lüftung

Unter natürlicher Lüftung sollen alle Luftaustauschvorgänge verstanden werden, die ohne gezielte technische Mittel ("Technische Lüftung") zu einer Reduzierung brennbarer Stoffe innerhalb des betrachteten Lüftungstechnischen Bereiches beitragen. Als Ursache sind dabei Dichte- bzw. Druckdifferenzen der Luft räumlich benachbarter Bereiche zu nennen, etwa durch Temperaturdifferenzen innerhalb/außerhalb eines Raumes oder durch Wind. Insbesondere sind für den

Explosionsschutz jene Lüftungsprozesse relevant, deren treibenden Kräfte ständig zur Verfügung stehen. Als grobes pauschales Maß für Lüftung ist die mittlere Luftwechselzahl n (Zahl der ausgetauschten Raumvolumina/Stunde) eingeführt.

In Räumen oberhalb der Erdgleiche ohne besondere Be- und Entlüftungsöffnungen ist aufgrund der Infiltration durch Witterungseinflüsse und die bauliche Gestaltung ein Luftwechsel von mindestens 1 pro Stunde anzunehmen (Ausnahmen: Energiespar-Bauweisen). Industriebauten mit Entlüftungsöffnungen im Dachbereich weisen häufig einen höheren Luftwechsel auf.

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 einer gewissen Konvektion führen, aber der Luftaustausch mit Luft von außerhalb des betrachteten Raumes ist gering. Für den Luftwechsel ist bei allseits unter Erdgleiche liegenden Kellerräumen als Richtwert etwa $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$ anzunehmen. [22] Durch Zu- und Abluftöffnungen lässt sich dieser Wert bis auf ungefähr das Doppelte erhöhen. Eine weitere Erhöhung ist bei großflächigen Wärmequellen (Temperaturdifferenz gegenüber Außentemperatur min. 5 °C) möglich.

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

Am einfachsten sind die Verhältnisse überschaubar, wenn die z.B. durch ein Leck pro Zeiteinheit ausströmende Menge brennbaren Stoffes bekannt ist und sich die frei werdenden Gase und Dämpfe mit dem Zuluftstrom gemäß Luftwechselzahl gleichmäßig durchmischen. Nur unter diesen Voraussetzungen lässt sich die Konzentration des brennbaren Gases oder Dampfes in der Raumluft errechnen.

Können z.B. maximal 1000 g brennbare Substanz gleichmäßig über eine Stunde verteilt in einem oberirdischen Arbeitsraum von 100 m^3 Rauminhalt mit $n = 1 \text{ h}^{-1}$ ausströmen und sich auch über den Arbeitsraum gleichmäßig verteilen, so wird sich im stationären Zustand eine Konzentration von 10 g/m^3 als Durchschnittswert einstellen, der hinreichend sicher unter der unteren Explosionsgrenze liegt.

Häufig kann man nicht von den vorgenannten angenommenen einfachen Verhältnissen ausgehen. Die zu erwartenden Leckagemengen bzw. die Quellstärke brennbarer Stoffe im Betriebs- und Störungszustand sind nicht immer einfach abschätzbar. Zudem sind die Verteilung brennbarer Substanzen im Raum, die Strömungsverhältnisse, die "Totzonen" sowie die Vermischung mit der Raumluft zu berücksichtigen. Insbesondere in Ecken, abgeteilten Bereichen, Bodenvertiefung etc. kann sich bei Gasen oder Dämpfen, die schwerer als Luft sind gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden. Eine Beurteilung solcher Situation ist häufig nur durch einen Fachmann mit ggf. zusätzlichen Untersuchungen zu lokaler Luftverweildauer ("Alter der Luft") und Lüftungseffizienz möglich. Werden zur Beurteilung stichprobenhafte Überprüfungen von Konzentrationen brennbarer Stoffe mit definierter Quelle verwendet, ist auf ausreichenden Beobachtungszeitraum und angemessene Wettersituation zu achten.

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

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

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 °C 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 E 1.3.4.2.

E 1.3.4.2 Technische Lüftung (Raumlüftung)

Unter technischer Lüftung sollen alle Luftaustauschvorgänge verstanden werden, die mit gezielten technischen Mitteln (z.B. Ventilatoren, Luftinjektoren) zu einer Reduzierung brennbarer Stoffe innerhalb des betrachteten lüftungstechnischen Bereiches beitragen.

Treibende Kraft ist hier entweder Unterdruck (z.B. bei der lokalen Absaugung) – mit in der Regel niedriger "Reichweite" oder Überdruck (z.B. aus Frischluftauslässen) mit hoher "Reichweite". Entscheidend für die Lüftungseffizienz sind neben guter räumlicher Verteilung auch die effektive Vermischung mit beladener Luft oder deren Abtransport. In der Regel bietet die technische Lüftung hierfür wesentlich mehr und effizientere (da gezieltere) Möglichkeiten als die natürliche Lüftung. Eine Reduzierung der g.e.A. durch Lüftung ist generell dann gegeben, wenn die Lüftung dauerhaft wirksam ist. Dies kann durch Überwachung (technisch und/oder organisatorisch) sichergestellt werden.

Dabei sind folgende Erfordernisse zu beachten:

- Die Wirksamkeit der Lüftung muss überwacht werden. [9] 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) richten. Eine Überwachung des Betriebes von Teilen der Lüftungsanlage (z.B. Überwachung der Ventilator Drehzahl) ist in der Regel nicht ausreichend.
- Die in einem explosionsgefährdeten Abluftsystem geförderte Luft muss in Bereiche ohne Zündgefahren abgeführt werden; andernfalls müssen Maßnahmen gegen Zündgefahren (entsprechend der im Abluftsystem vorliegenden Zone) in diesen Bereichen getroffen oder ein Flammenrückschlag durch flammendurchschlagsichere Einrichtungen verhindert werden. Diese Forderung ist von besonderer Bedeutung für das Vermeiden von Zündgefahren durch nachgeschaltete Abluftreinigungsanlagen. [89] [90]

- Fördern die Ventilatoren Abluft aus explosionsgefährdeten Bereichen, so sind an und in den Ventilatoren Maßnahmen entsprechend den im Innern und in der Umgebung des Ventilators vorliegenden Zonen gegen Zündgefahren zu treffen. [17] [39] [40]
- 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.
- Zur Auslegung der Lüftung ist die Kenntnis von Ort, maximaler Stärke und Häufigkeit der Quelle explosionsfähiger Atmosphäre erforderlich; [9] hierbei sind auch Betriebsstörungen (z.B. Leckagen an Dichtelementen) zu berücksichtigen.

Darüber hinaus müssen folgende Umstände berücksichtigt werden:

- Die brennbaren Gase und Dämpfe haben eine von Luft verschiedene Dichte (z.B. sind Wasserstoff und Methan leichter, die meisten brennbaren Dämpfe und Gase jedoch schwerer als Luft) und können sich daher in Bodennähe z.B. Gruben, Rinnen, schiefe Ebenen bzw. 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 schaffen, in denen die Luftbewegung nur schwach oder nicht ausgebildet ist.

Im günstigsten Fall kann die technische Lüftung das Vermeiden explosionsgefährdeter Bereiche bewirken. Die genannten einschränkenden Verhältnisse können jedoch dazu führen, dass lediglich eine Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (also aus Zone 0 wird Zone 1 oder 2, aus Zone 1 wird Zone 2) oder eine Verringerung der Abmessungen der explosionsgefährdeten Bereiche (Zonen) erreicht wird; in solchen Fällen ist die technische Lüftung mit Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren gemäß E 2 oder solchen gegen Explosionsauswirkungen gemäß E 3 zu kombinieren.

Be- und Entlüftung des Inneren von Apparaturen und anderen umschlossenen Räumen

Gase und Dämpfe mit einem Dichteverhältnis über 1 sollten durch Entlüftungsöffnungen in Bodennähe, solche mit einem Dichteverhältnis unter 1 durch Entlüftungsöffnungen in Deckennähe abgeführt werden; die Zuluft ist dann entsprechend im oberen bzw. unteren Raumbereich zuzuführen. Die Absaugung mittels Abluftventilator ist dem Einblasen von Luft vorzuziehen, allerdings ist in diesen Fällen unter Umständen – je nach der im Abluftsystem vorliegenden Zone – das Vermeiden von Zündquellen an den Abluftventilatoren zu gewährleisten. [39] [40]

Die Luftströmung soll möglichst alle Bereiche des Raumes erfassen; "Kurzschlussströme" infolge ungünstiger Anordnung von Zuluft- und Abluftöffnungen sowie von Einbauten sind zu vermeiden.

Durch geeignete Bemessung von Zuluft- und Abluftströmen ist sicherzustellen, dass explosionsfähige Atmosphäre nicht aus dem belüfteten Raum in nichtexplosionsgefährdete Nachbarbereiche oder aus explosionsgefährdeten Nachbarbereichen in nicht-explosionsgefährdete belüftete Räume übertragen werden kann; dies kann beispielsweise durch ausreichend gasdichte Trennwände oder einen

gewissen Unterdruck im explosionsgefährdeten oder Überdruck im nichtexplosionsgefährdeten Bereich erreicht werden (für Analysengeräteräume [65]). Andernfalls ist mit einer Ausweitung der explosionsgefährdeten Bereiche auf die Nachbarbereiche durch vorhandene Undichtheiten oder Öffnungen zu rechnen.

Der Volumenstrom der reinen Zuluft sollte bei kontinuierlichem Betrieb der Anlagen (kein Chargenbetrieb) mindestens betragen: [9] [23] [66] [67] [68] [91]

$$\dot{V}_{\min} \geq \frac{\dot{G}_{\max} \cdot f}{k_{\text{zul}} \cdot \text{UEG}} \cdot \frac{T}{293 \text{ K}}$$

mit

\dot{V}_{\min}	Mindestvolumenstrom der reinen Zuluft oder der Abluft (in m ³ /min)
\dot{G}_{\max}	maximaler Quellstrom (in g/min) der brennbaren Gase und Dämpfe Bei betrieblichen Quellen (z.B. Dampfaustritt beim Öffnen der Apparatur oder bei Trocknungsprozessen) ist der maximale Quellstrom abschätzbar oder durch Versuche zu ermitteln. Bei störungsbedingten Quellen (z.B. Leckagen) ist die maximale Quellstärke nur unter gewissen Voraussetzungen abschätzbar [64]; in diesen Fällen sind je nach der Wahrscheinlichkeit, mit der die angenommene Quellstärke überschritten werden kann, explosionsgefährdete Bereiche Zone 1 oder 2 festzulegen.
T	maximale Lufttemperatur im belüfteten Raum (in K)
UEG	Untere Explosionsgrenze (in g/m ³), bezogen auf 20 °C
k_{zul}	Sicherheitsfaktor, um den die Konzentration c des brennbaren Gases oder Dampfes unter der UEG liegen muss ($k_{\text{zul}} = c/\text{UEG}$); in der Regel ist wegen der örtlichen und zeitlichen Schwankungen der Konzentration c sowie wegen der Messunsicherheiten der Überwachungseinrichtungen $k_{\text{zul}} = 0,5$ zu setzen.
f	Gütefaktor (f = 1) zur Erfassung der Qualität der Luftführung. Im Idealfall (keine Strömungshindernisse und Durchströmung aller Raumteile) ist f = 1 zu setzen. [23] [66] [67] [68] Anhaltspunkte für die über den Raum verteilte Luftführung und damit für den Gütefaktor f liefert die Konzentrationsverteilung. Bei Räumen mit ungünstigen Strömungsverhältnissen kann in der Regel f = 5 gesetzt werden.

Bei verstellbaren Drosselklappen in den Lüftungskanälen ist zu beachten, dass der für die jeweiligen Verhältnisse erforderliche Mindestvolumenstrom V_{\min} und die Qualität der Luftführung (Faktor f) bei allen Klappenstellungen gewährleistet bleibt.

Die Lüftung von geschlossenen Anlagen mit Chargenbetrieb und mit den entsprechenden zeitabhängigen Quellströmen der gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (z.B. bei Kammertrocknern) muss den gegebenen Betriebsbedingungen angepasst werden. [67] [68]

Prüfen

Die dem Vermeiden oder Einschränken von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre dienenden Einrichtungen für die technische Lüftung und die zugehörigen Überwachungseinrichtungen müssen von einer fachkundigen Person im Hinblick auf

die beabsichtigte Wirksamkeit vor der erstmaligen Inbetriebnahme und in regelmäßigen Zeitabständen mindestens zweijährlich geprüft werden. Bei Lüftungsanlagen mit verstellbaren Einrichtungen (z.B. Drosselklappen, Leitbleche, drehzahlveränderliche Ventilatoren) muss das Prüfen bei jeder Neueinstellung erfolgen. Bei automatisch verstellten Lüftungseinrichtungen muss das Prüfen sich auf den gesamten Einstellbereich beziehen.

Stichprobenhafte Überprüfungen der bei ungünstigen Betriebsverhältnissen sich einstellenden örtlichen und unter Umständen zeitabhängigen Konzentrationen werden empfohlen.

E 1.3.4.3 Objektabsaugung

Ist der Ort des Austritts brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube aus einer Apparatur bekannt (z.B. Entlüftungs- und Beschickungsöffnungen), so können frei werdende Stoffe (z.B. Randabsaugung an offenen Behältern) gezielt erfasst und abgeführt werden. Bei der Auslegung einer derartigen Absaugung müssen die unterschiedlichen Dichten der zu erfassenden Stoffe, die konstruktiven und betrieblichen Gegebenheiten (z.B. Schwankungen der Ausdampfraten bei Flüssigkeiten), aber auch mögliche Störungen berücksichtigt werden. Werden keine besonderen technischen Maßnahmen getroffen, bleibt die Erfassung brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube auf den unmittelbaren Bereich der Objektabsaugung beschränkt.

E 1.4 Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen

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

Der Einsatz von Gaswarngeräten als Grundlage für die Einleitung von Maßnahmen des Explosionsschutzes nach E 1 ist möglich in Verbindung mit manueller oder automatischer Auslösung von Schutzmaßnahmen oder auch von Notfunktionen zur Stilllegung der Anlage [101] (hierzu siehe auch E 4).

Wesentliche Voraussetzungen für den Einsatz von Gaswarngeräten mit dem Ziel der Reduzierung von Maßnahmen nach E 2 sind: [99]

- a) genügende Kenntnis über die zu erwartenden Stoffe, die Lage ihrer Quellen, ihre maximalen Quellstärken und die Ausbreitungsbedingungen. [54]
- b) eine den Einsatzbedingungen angemessene Funktionsfähigkeit der Geräte, insbesondere bezüglich Ansprechzeit, Ansprechwert und Querempfindlichkeit,
- c) Vermeiden von gefährlichen Zuständen bei Ausfall einzelner Funktionen der Gaswarnanlagen (Verfügbarkeit),
- d) Möglichkeit, die zu erwartenden Gemische durch geeignete Wahl von Anzahl und Ort der Messstellen ausreichend schnell und sicher zu erfassen,
- e) Kenntnis des Bereiches, der bis zum Wirksamwerden der durch das Gerät auszulösenden Schutzmaßnahmen explosionsgefährdet wird. In diesem Nahbereich (abhängig von a) bis d)) sind Schutzmaßnahmen nach E 2 erforderlich,

- f) Ausreichend sicheres Verhindern des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre außerhalb des Nahbereiches durch die auszulösenden Schutzmaßnahmen und Vermeiden anderweitiger Gefahren durch Fehlauflösung.

Zusätzlich müssen die Gaswarngeräte für den Einsatz im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen auf messtechnische Funktionsfähigkeit für den vorgesehenen Einsatzfall geprüft sein. Der Nachweis der messtechnischen Funktionsfähigkeit kann durch Anwendung eines für die Gerätegruppe und -kategorie in der Europäischen Richtlinie 94/9/EG [17] vorgesehenen Konformitätsbewertungsverfahrens erfolgen. Hinsichtlich der messtechnischen Funktionsfähigkeit sind insbesondere die Anforderungen entsprechend Anhang II, Abschnitt 1.5.5 bis 1.5.7 der Richtlinie 94/9/EG [17] zu erfüllen. Kennzeichnung und Konformitätserklärung müssen Anhang X der Richtlinie 94/9/EG entsprechen⁴.

Hinweis: Der Sonderdruck des Verzeichnisses durch anerkannte nationale Prüfstellen der geprüften Gaswarngeräte ist abrufbar unter http://10.2.1.114/www_bgch/vorschriften.htm. [85]

Die Geräte sind gemäß DIN EN 50073 [99] und Merkblatt T 023 [54] (BGI 518) regelmäßig instandzuhalten.

Jederzeit muss ein Eingreifen von Hand in den von der Gaswarnanlage gesteuerten automatischen Ablauf möglich sein. Dieser Eingriff darf jedoch nur den vom Betriebsleiter als beauftragt Beschäftigten erlaubt werden.

Die Gaswarnanlagen sind nach ihrer Errichtung und in angemessenen Zeitabständen durch einen Sachkundigen auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

Hinsichtlich des Einsatzes von Gaswarngeräten zum Ausschalten von Zündgefahren vor dem Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre vgl. Abschnitt E 2.3.

E 1.4.1 Gaswarnanlagen mit Alarmgabe

Die Sensoren oder Probenahmestellen der Gaswarngeräte sind in der Nähe der Stellen anzubringen, an denen mit dem Auftreten brennbarer Stoffe zu rechnen ist. [54] [99]

Die Alarmschwelle des Gerätes muss auf eine Konzentration mindestens so weit unterhalb der unteren Explosionsgrenze eingestellt sein, dass nach Alarmgabe die in den Betriebsanweisungen festgelegten Maßnahmen die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre noch sicher verhindern. [63]

Dabei ist auch zu prüfen, ob allein organisatorische Maßnahmen gemäß festgelegter Betriebsanweisungen zur Vermeidung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre ausreichend sind (siehe auch E 4).

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

⁴ Gaswarngeräte, die vor dem 01.07.2003 eingesetzt waren, dürfen weiter verwendet werden, wenn sie durch eine von der Berufsgenossenschaft anerkannten Prüfstelle auf der Grundlage der "Liste des Verzeichnisses der auf Funktionsfähigkeit geprüften Gaswarngeräte durch anerkannte nationale Prüfstellen" geprüft wurden. Von der Berufsgenossenschaft werden anerkannt: – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 12200 Berlin, – Deutsche Montan Technologie GmbH, Am Technologiepark 1, 45307 Essen, – Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig.

E 1.4.2 Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schaltungen

Gaswarnanlagen können neben der Alarmgabe noch zusätzliche Funktionen übernehmen. Bei Erreichen einer Alarmschwelle⁵ oder bei darüberliegenden, aber noch unbedenklichen Konzentrationen löst die Gaswarnanlage über automatische Schaltvorgänge Maßnahmen aus, die erfahrungsgemäß eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre sicher verhindern. Die Anlage bleibt dabei in Betrieb. Die Maßnahmen können sich entweder auf die Atmosphäre außerhalb oder auf das Innere der Apparaturen beziehen. Beispielsweise können bei Erreichen der Alarmschwelle besondere Lüftungseinrichtungen von der Gaswarnanlage in Betrieb gesetzt werden. In der Apparatur können weitere Maßnahmen ausgelöst werden, z.B. Herabsetzung des Innendruckes, Absperren der undichten Anlagenteile, Inertisieren, Abschalten von Zündquellen.

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

Bezüglich Einsatz von Prozessleittechnik siehe E 4.

E 1.4.3 Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen

Erreicht die Konzentration eine festzulegende Alarmschwelle, die üblicherweise oberhalb der Alarmschwelle nach E 1.4.1 oder E 1.4.2 liegt, werden durch die Gaswarnanlage über die in E 1.4.2 beschriebenen Maßnahmen hinaus automatische Abschaltvorgänge ausgelöst, die ein gefahrloses Abfahren der Betriebsanlage oder der gefährdeten Anlagenteile bewirken.

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

Bezüglich Einsatz von Prozessleittechnik siehe E 4.

E 1.5 Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter

Sowohl im Hinblick auf ein Minimieren von Gefährdungspotenzialen als auch auf das Vermeiden wirksamer Zündquellen kommt dem Beseitigen unvermeidbarer Staubablagerungen in der Praxis eine sehr große Bedeutung zu.

In Arbeits- und Betriebsräumen sind daher regelmäßige Reinigungsmaßnahmen durchzuführen. Hierzu haben sich Reinigungspläne bewährt, 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 D 2.3 b).

Zu beachten sind insbesondere auch schlecht einsehbare (z.B. höher gelegene) oder schwer zugängliche Oberflächen, auf denen sich im Laufe längerer Zeiträume erhebliche Staubmengen ablagern können. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass bei besonderem Bedarf, d.h. größerer Staubfreisetzung infolge von Betriebsstörungen (z.B. Beschädigen oder Platzen von Gebinden, Leckagen) zusätzliche Maßnahmen

⁵ Aus der Sicht des Anlagenbetreibers entspricht die "Alarmschwelle" der Gaswarnanlage dem Begriff "Grenzwert".

zum möglichst unverzüglichen Beseitigen der Staubablagerungen getroffen werden. Für das Durchführen der Reinigungsmaßnahmen kommen mehrere Möglichkeiten in Frage. In vielen Fällen, wo die Stoffeigenschaften (Benetzbarkeit, keine Reaktionen mit Wasser etc.) sowie die apparativen und räumlichen Gegebenheiten dies zulassen, ist ein Nassreinigen sicherheitstechnisch von Vorteil, kann aber zusätzliche Entsorgungsprobleme schaffen. Ansonsten ist saugenden Verfahren der Vorzug zu geben (Einsatz geeigneter zentraler Anlagen oder fahrbarer Industriestaubsauger der Bauart B1). Ein Abblasen von abgelagertem Staub ist zu vermeiden.

Die Reinigungsmaßnahmen sind im Rahmen von Betriebsanweisungen zum Umgang mit brennbaren Feststoffen zu regeln.

Weitere Hinweise zum Problem "abgelagerter Staub" siehe E 8.2.3.

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.

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 (vgl. E 1.3.2.1).

Zone 20: ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre 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.

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]

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]

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

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		

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 ElexV 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.

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 ElexV (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. GSGV) 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. GSGV 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 gefahrdrohender 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 Geräteklasse 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.

Tabelle E 2.2: Zusammenhang zwischen explosionsgefährdetem Bereich und geeigneten Kategorien

Explosions- gefährdeter Bereich	Gerätegruppe II Kategorie und Buchstabe	
	Zone	Nach EN 1127-1 zulässig
0	1 G	2 G
1	1 G, 2 G	3 G
2	1 G, 2 G, 3 G	wie feuergefährdeter Bereich ⁶

⁶ 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 Teil 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).

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 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 [116] 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 51794 [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] [119] 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 51794 [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 Sicherheitsabstand⁷ 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

⁷ 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.

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, um einen Sicherheitsabstand⁸ 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 Sicherheitsabstand⁸ 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 1000 °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

⁸ 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.

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 gefahrdrohender 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 Glimmnester 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 verwendet 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. Staubablagerungen 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 gefahrdrohender 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 [121] [122] 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 ExV 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 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 Teil 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 60079-14 (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 50281-1-2 (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 60079-14 (VDE 0165 Teil 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 60079-14 (VDE 0165 Teil 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 Anlageteile, 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 Wm oder Gegenstände mit einem Oberflächenwiderstand von mehr als 10^9 W 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 verhindern, 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 kHz 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) [121] 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 eingestrahelten 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 1000 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 1000 °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 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 2.3.10 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 erhitzten 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/mm² 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), (GUV 2.9)).

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 bislang VBG 62), (GUV 9.8)).

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.

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] [116]

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 Glimmester 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),
- 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. GSGV) 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. GSGV 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	
<i>Explosionsdruckfeste Bauweise</i> Anwendung der von der "Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" gegebenen Richtlinien (AD-Merkblätter)	<i>Explosionsstoßfeste Bauweise</i> 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 Druckgeräteverordnung (14. GSGV), 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 [124] – 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 eingepulst 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 Fehlauflösungen 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. [124]

E 3.4 Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkoppelung)

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 Absperr- oder Löschsysteme 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 Entleerungsleitungen 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. [124]

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 Entkoppelungseinrichtungen 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 Ventilkegel) 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 nachgeschalteten 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 Entkoppelung bei hybriden Gemischen

Für eine explosionstechnische Entkoppelung 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 oder aber auszulösen. Die konzeptionelle Grundlage zur Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der PLT bildet die VDI/VDE-Richtlinie 2180. [23]

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 Störungen und selten auftretenden Störungen. Alternativ, zusätzlich oder ergänzend können verfahrenstechnische Maßnahmen eingesetzt werden.

Tabelle E 4: Konzepte zum Einsatz von PLT-Einrichtungen zur Reduzierung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens wirksamer Zündquellen

Explosionsgefährdeter 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 ⁹
	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

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.

⁹ 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.

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 (zur Koordinierung von Arbeiten s. § 6 der Unfallverhütungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" (BGV A1)).

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 Wiederinbetriebnahme 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 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 (ElexV),
- Unfallverhütungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" (BGV A1 bislang VBG 1, insbes. §§ 6, 36, 39, 47),
- Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe – TRgA 507 – "Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern",
- Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF 20) "Läger",
- Unfallverhütungsvorschrift "Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren (BGV D1 bislang VBG 15)",
- Unfallverhütungsvorschrift "Verarbeiten von Beschichtungsstoffen (BGV D25 bislang VBG 23)",
- "Verordnung über Druckgasbehälter, Druckbehälter und Füllanlagen (DruckbehV)" und deren Technische Regeln,
- Technische Regeln Druckbehälter/TRB 610 "Druckbehälter – Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen",
- "Füllanlagen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehälter in Druckbehälter" (TRB 851),
- Unfallverhütungsvorschrift "Arbeiten an Gasleitungen (BGV D2 bislang VBG 50)",
- Unfallverhütungsvorschrift "Gase (BGV B6 bislang VBG 61)",
- Unfallverhütungsvorschrift "Sauerstoff (BGV B7 bislang VBG 62)",
- Unfallverhütungsvorschrift "Chemischreinigung (VBG 66)",
- "Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen (BGR 117)".

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 Abs. 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 (BGV A1 bislang VBG 1 § 7 Abs. 2, GUV 0.1 § 7 Abs. 2) und zu dokumentieren.

Explosionsgefährdete Bereiche sind an ihren Zugängen deutlich erkennbar und dauerhaft gemäß Abbildung zu kennzeichnen.



Abbildung: Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre (BGV A8 bislang VBG 125 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-STAUB-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 – Glimmtemperatur)
- 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 gefahrdrohend?

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 2.1

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.

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.

E 7.5 Prüfung vor Inbetriebnahme

Gemäß Betriebssicherheitsverordnung, Artikel 1, § 14 sind überwachungsbedürftige Anlagen durch eine zugelassene Überwachungsstelle vor Inbetriebnahme zu prüfen. In § 14 Abs. 3 wird für bestimmte überwachungsbedürftige Anlagen zugelassen, dass die Prüfung vor Inbetriebnahme durch die befähigte Person durchgeführt werden kann.

Im Sinne der EX-RL werden drei Qualifikationsgrade A, B und C für die unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche und Anforderungen wie folgt vorgesehen:

- A) Befähigte Person im Sinne der §§ 10 Abs. 1–3, 14 Abs. 1–3, 15 Abs. 1 und 15 der BetrSichV ist, wer
1. aufgrund seiner technischen Ausbildung die Gewähr dafür bietet, dass er die Prüfungen ordnungsgemäß durchführt und eine mindestens einjährige Erfahrung mit der Herstellung, dem Zusammenbau oder der Instandhaltung der oben genannten Anlagen oder Anlagenkomponenten im Sinne von § 1 Abs. 2 Ziffer 3 der BetrSichV besitzt,
 2. die erforderliche persönliche Zuverlässigkeit besitzt,
 3. hinsichtlich der Prüfergebnisse keinen Weisungen unterliegt,
 4. falls erforderlich, über geeignete Prüfeinrichtungen verfügt und

5. durch die erfolgreiche Teilnahme an einschlägigen Schulungen nachweist, dass er über die im Einzelnen erforderlichen Kenntnisse des Brand- und Explosionsschutzes sowie der relevanten technischen Regeln verfügt und diese Kenntnisse regelmäßig aktualisiert.
- B) Befähigte Personen eines Unternehmens im Sinne von § 14 Abs. 6 der BetrSichV müssen zusätzlich zum Qualifikationsgrad A von der zuständigen Behörde für die Prüfung der durch dieses Unternehmen instandgesetzten Überwachungsbedürftigen Anlagen anerkannt sein.
- C) Befähigte Person ist im Sinne des Anhangs 4 Ziffer 3.8 sowie der §§ 10 Abs. 1–3, 14 Abs. 1–3, 15 Abs. 1 und 15 der BetrSichV, wer
1. aufgrund seiner technischen Ausbildung (einschlägiges Studium, einschlägige Techniker Ausbildung oder langjährige Berufserfahrung auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik) und umfassender Kenntnisse des Brand- und Explosionsschutzes die Gewähr dafür bietet, dass er die Prüfungen ordnungsgemäß durchführt,
 2. die erforderliche persönliche Zuverlässigkeit besitzt,
 3. hinsichtlich der Prüfergebnisse keinen Weisungen unterliegt,
 4. falls erforderlich, über geeignete Prüfeinrichtungen verfügt und
 5. regelmäßig an einem einschlägigen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet des Brand- und Explosionsschutzes teilnimmt.

Aufgaben der befähigten Personen können auch von zugelassenen Überwachungsstellen wahrgenommen werden.

Die Prüfung von Anlagen, in explosionsgefährdeten Bereichen, die Geräte, Schutzsysteme, Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der RL 94/9/EG sind oder beinhalten, muss nach der Formulierung des § 14 Abs. 3 Satz 2 BetrSichV durch die zugelassene Überwachungsstelle erfolgen. Zu diesem Punkt gibt es noch Klärungsbedarf hinsichtlich des Gewollten, da hier eine Verschärfung gegenüber der bisherigen Regelung in der ElexV vorliegt. Nähere Einzelheiten zur Prüfung von neuen Anlagen sollten daher mit der Aufsichtsbehörde abgestimmt werden.

Außerdem muss vor der erstmaligen Nutzung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen die Explosionssicherheit der Arbeitsplätze einschließlich der vorgesehenen Arbeitsmittel und der Arbeitsumgebung sowie der Maßnahmen zum Schutz von Dritten überprüft werden. Diese Überprüfung ist von einer Person durchzuführen, die über besondere Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes verfügt (vgl. Anlage 2 Ziffer 3.8).

Hinweis: Die vorgeschriebenen Prüfungen durch befähigte Personen sollen z.B. sicher stellen, dass die eingesetzte Prozessleittechnik den Anforderungen an Zoneneinteilung, Explosionsgruppe und Temperaturklasse entsprechend erfolgte und beim Zusammenfügen von Baugruppen oder verschiedenen Arbeitsmitteln keine neuen Zündquellen entstehen können und alle elektrischen Einrichtungen funktionstüchtig sind. Hierzu siehe auch BetrSichV [51] und Abschnitt E 2. Die Prozeßleittechnik im Sinne von Abschnitt E 4 ist in die Prüfung mit einzubeziehen. Dies gilt auch bei Veränderungen, Erweiterungen oder Umgestaltungen von Arbeitsmitteln und nach längeren Stillstandszeiten. [123]

Im Sinne des Abschnittes E 1.3.3 sowie der Druckgeräteverordnung sind vor Inbetriebnahme Apparaturen, Behälter bzw. Anlagenteile auf Dichtigkeit zu überprüfen. Alle Überprüfungen sind zu dokumentieren.

E 7.6 Wiederkehrende Prüfungen

Gemäß Betriebssicherheitsverordnung § 15 sind überwachungspflichtige Anlagen und ihre Anlagenteile in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebes durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln. § 14 Abs. 3 Satz 1 und BetrSichV findet entsprechende Anwendung. Die Prüfungen mit ihren Prüfergebnissen sind zu dokumentieren. [51]



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.
- [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 Teil 101): Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Teil 10: 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 Freisetzungen schwerer Gase und Sicherheitsanalyse, Beuth-Verlag, Berlin, 1990.
- [12] DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären, Explosionsschutz Teil 1: Grundlagen und Methodik.
- [13] GESTIS-STAUB-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.
- [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.
- [40] VDMA-Einheitsblatt 24169, Teil 2: Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren. Richtlinien für Ventilatoren zur Förderung von brennbare Stäube 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 Teil 1): Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche; Teil 14: Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen.
- [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.: Gastechische 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 Teil 2): Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Teil 1-2: 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 Schuttgütern, Staub-Reinhaltung der Luft 55 (1995) S. 321–327.
- [54] Merkblatt: Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz – Einsatz und Betrieb, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Merkblatt T 023, BGI 518 (bisher ZH 1/8.3).
- [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.
- [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, Associacio d' Enginyers Industrials 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-Warneinrichtungen für den Explosionsschutz. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, Bestell-Nr. ZH 1/180.
- [62] DIN VDE 0848-5: Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, Teil 5, 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., Dyrb, 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 gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA) 507: Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern, Ausg. Sept. 1981.
- [67] Unfallverhütungsvorschrift "Trockner für Beschichtungsstoffe" (BGV D24) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.
- [68] Sicherheitsregel für Durchlauftrockner. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin. Bestell-Nr. BGR 107.
- [69] Grundsätze für die Prüfung der Funktionsfähigkeit nicht ortsfester Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz (1985). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin, Bestell-Nr. ZH 1/108.1.
- [70] Sicherheitsregeln für Anforderungen an Eigenschaften nicht ortsfester Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz (1983). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin, Bestell-Nr. ZH 1/108.
- [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: 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 Teil 1): Medizinische elektrische Geräte – Teil 1: 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 Teil 6): Leitfaden für Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Detektion und Messung brennbarer Gase 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] Verordnung über das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche – Explosionsschutzverordnung – 11. GSGV 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.

Anlage 2

Betriebssicherheitsverordnung

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 – BetrSichV¹⁰

vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777) zuletzt geändert durch Art. 42 des Gesetzes vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970)

Die Verordnung wurde erlassen als Art. 1 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.

Die Bestimmungen zum Inkrafttreten finden sich in Art. 8 der Verordnung (siehe Seite 170 f.).

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 § 2 Abs. 7 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes, soweit es sich handelt um
 1. a) Dampfkesselanlagen,
 - b) Druckbehälteranlagen außer Dampfkesseln,
 - c) Füllanlagen,

¹⁰ Diese Verordnung dient der Umsetzung

1. der Richtlinie 95/63/EG des Rates vom 5. Dezember 1995 zur Änderung der Richtlinie 89/655/EWG über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (Zweite Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. EG Nr. L 335 S. 28),
2. 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 Atmosphären gefährdet werden können (Fünfzehnte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. EG Nr. L 23 S. 57),
3. der Richtlinie 2001/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 zur Änderung der Richtlinie 89/655/EWG über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (zweite Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. EG Nr. L 195 S. 46).

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 1000 Litern je Stunde,
 - c) Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen sowie
 - d) Entleerstellen mit einer Umschlagkapazität von mehr als 1000 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 Wohnungswesen 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 weitergehende 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 (gefahrrohende Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer oder Anderer 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 § 17 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 Wechselwirkungen 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 Wirtschaft und Arbeit 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 17 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 erforderlichen 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 Arbeitsmittelin 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 Sicherheit 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 Wirtschaft und Arbeit 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- und 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 cbedürfen 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 Nr. 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 1000 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 1000 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 2000 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 2000 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 Satz 1 Nr. 1 bis 3 zusammen, so können die Prüfungen der Anlage nach den Absätzen 1 und 2 durch eine befähigte Person erfolgen. 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 Heizmitteltemperatur von höchstens 120 °C und Ausdehnungsgefäßen in Heizungs- und Kälteanlagen mit Wassertemperaturen von höchstens 120 °C.

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.

- (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 Satz 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, instandgesetzt 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 instandgesetzten 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 dieser Verordnung 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 10000 bar · Liter beträgt, oder b) Kategorie III, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 10000 bar · Liter beträgt			

Einstufung des Druckgeräts gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie 97/23/EG nach	Äußere Prüfung	Innere Prüfung	Festigkeitsprüfung
4. Diagramm 4 in die a) Kategorie I, sofern bei einem maximal zulässigen Druck PS von mehr als 1000 bar das Produkt aus PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 10000 bar · Liter beträgt, oder b) Kategorie II	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
5. Diagramm 5 in die a) Kategorie III, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V mehr als 1000 bar · Liter beträgt, oder b) Kategorie IV	1 Jahr	3 Jahre	9 Jahre
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 2000 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	5 Jahre	–	5 Jahre
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 Prüfristen 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 Jahrevon 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 $1\ 000\ \text{bar} \cdot \text{Liter}$ 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 ordnungsgemäß betrieben werden können und ob sich die Tragmittel in ordnungsgemäßem 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 anzuzeigende 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 insbesondere auf die Feststellung zu erstrecken,
 1. worauf das Ereignis zurückzuführen ist,
 2. ob sich die überwachungsbedürftige Anlage nicht in ordnungsgemäßigem Zustand 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 Verlangen 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 Wirtschaft und Arbeit 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 Wirtschaft und Arbeit 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 Wirtschaft und Arbeit.

- (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 § 15 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 Wirtschaft und Arbeit 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 Wirtschaft und Arbeit kann die vom Ausschuss für Betriebssicherheit nach Absatz 4 Nr. 1 ermittelten Regeln und Erkenntnisse sowie die nach Absatz 4 Nr. 2 ermittelten Verfahrensregeln im Bundesarbeitsblatt 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) 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.
- (7) 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 Beschaffenheitsanforderungen 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. Ist seit der Inbetriebnahme der Anlage die Prüffrist verstrichen, ist eine wiederkehrende Prüfung vor Ablauf der in Satz 1 genannten Frist durchzuführen.

- (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 Wirtschaft und Arbeit 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 zu 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.** Befehleinrichtungen von Arbeitsmitteln, die Einfluss auf die Sicherheit haben, müssen deutlich sichtbar und als solche identifizierbar sein und gegebenenfalls entsprechend gekennzeichnet werden.

Befehleinrichtungen müssen außerhalb des Gefahrenbereichs so angeordnet sein, dass ihre Betätigung keine zusätzlichen Gefährdungen mit sich bringen kann.

Befehleinrichtungen 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 Ingangsetzen, so dürfen diese nicht gleichzeitig das Ingangsetzen 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 Ingangsetzen 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 herauschleudernden 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 Gefahrenbereichs 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 Wiederingangsetzen 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. aufsitzenen 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 aufsitzenen 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 Abbaues, 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 feststehenden 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 erforderlichen Informationen 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 nichtselbstfahrender 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 Absturzgefahren 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 verhältnismäßig 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 Gleitschutzvorrichtung 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. Fahrbare 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 Sicherheitsseil 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 gefährlich 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 Rats 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 Bereichs 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 Notabschaltvorrichtungen so schnell und sicher wie möglich abgebaut oder isoliert werden, damit sie ihre gefahrbringende 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

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 Verbindungsnahte 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 ölhydraulischen 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 gasisolierter 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 $1000 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ 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 m^2 oder mehr entfernt,
 2. Wandungen freigelegt oder
 3. Anfressungen oder Schäden an den Gerätewandungen festgestellt wordensind. 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 Besichtigung 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 Gerätewandungen
 - 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 im Sinne 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 Flickern müssen die Reparaturbereiche jährlich einer Oberflächenrissprüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle unterzogen werden.
- (3) An Bereichen von Flickern 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 Betriebsbeanspruchungen 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 $100 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ beträgt und
 2. wiederkehrende Prüfungen, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck PS und dem maßgeblichen Volumen V mehr als $500 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ 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 $100 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ beträgt. 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 1000 bar · 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.

Inkrafttreten, Außerkrafttreten

Die Bestimmungen finden sich in Art. 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" deren Art. 1 die BetriebssicherheitsV ist.

- (1) Artikel 1 Abschnitt 3 tritt am 1. Januar 2003 in Kraft. Im Übrigen tritt diese Verordnung am Tag nach der Verkündung in Kraft.
- (2) Am Tag nach der Verkündung dieser Verordnung treten folgende Rechtsvorschriften außer Kraft:
1. die Verordnung über wassergefährdende Stoffe bei der Beförderung in Rohrleitungsanlagen vom 19. Dezember 1973 (BGBl. I S. 1946), geändert durch die Verordnung vom 5. April 1976 (BGBl. I S. 915),
 2. die Verordnung über Gashochdruckleitungen vom 17. Dezember 1974 (BGBl. I S. 3591), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 12. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1914), außer für Gashochdruckleitungen, die
 - a) der Versorgung mit Gas im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes dienen
oder
 - b) von der Verordnung über Rohrfernleitungsanlagen nicht erfasst sind,

3. die Arbeitsmittelbenutzungsverordnung vom 11. März 1997 (BGBl. I S. 450), geändert durch Artikel 397 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785).
- (3) Am 1. Januar 2003 treten folgende Rechtsvorschriften außer Kraft:
1. die Dampfkesselverordnung vom 27. Februar 1980 (BGBl. I S. 173), zuletzt geändert durch Artikel 330 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785),
 2. die Druckbehälterverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. April 1989 (BGBl. I S. 843), zuletzt geändert durch Artikel 331 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785),
 3. die Aufzugsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. Juni 1998 (BGBl. I S. 1410), geändert durch Artikel 332 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785),
 4. die Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1931),
 5. die Acetylenverordnung vom 27. Februar 1980 (BGBl. I S. 173, 220), zuletzt geändert durch Artikel 333 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785),
 6. die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1937, 1997 I S. 447), geändert durch Artikel 334 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785), mit Ausnahme des § 7 Abs. 1 Satz 1 in Verbindung mit den §§ 5 und 6, des § 9 Abs. 5 Satz 1 Nr. 3 in Verbindung mit Abs. 3 sowie des § 24 Satz 1, die für Rohrfernleitungsanlagen im Sinne des Artikels 4 § 2 Abs. 1 Nr. 1 und Abs. 2, welche der Verteidigung oder der Erfüllung zwischenstaatlicher Verpflichtungen dienen, bis zum Inkrafttreten einer ablösenden gesetzlichen Regelung zur Zulassung dieser Anlagen und zur Aufsicht über diese Anlagen entsprechend fortgelten,
 7. die Getränkeschankanlagenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. Juni 1998 (BGBl. I S. 1421), zuletzt geändert durch Artikel 11 § 8 des Gesetzes vom 6. August 2002 (BGBl. I S. 3082), mit Ausnahme der hygienischen Anforderungen an Getränkeschankanlagen in § 1 Abs. 1 bis 3, Abs. 5, §§ 2, 3 Abs. 1 und 3, §§ 4, 5 Abs. 1, § 8 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2, § 8 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2, § 8 Abs. 3, § 9 Abs. 1 und 5, §§ 10, 11, 12 Abs. 1, §§ 14, 16, 18, 21 Abs. 1 Nr. 2, Abs. 2 und 3 und § 22, die am 30. Juni 2005 außer Kraft treten.

Anlage 3

Hinweis auf das Verzeichnis der geprüften Gaswarngeräte durch anerkannte nationale Prüfstellen:

www.bgchemie.de unter Prävention/Explosionsschutz/Gaswarngeräte



Anlage 4

Beispielsammlung zu den Explosionsschutz-Regeln

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 auftreten kann, hängt von den gegebenen Umständen ab und muss sich stets auf den vorliegenden Einzelfall beziehen (vgl. Abschnitt D "Grundlagen für die Beurteilung der Explosionsgefahr"). Deshalb ist bei Anwendung der Beispielsammlung immer zu untersuchen, ob in dem zu beurteilenden Fall das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre 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 Nahbereichs 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 E 1 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 E 1 (Spalte 4). Dies ist bei der erforderlichen Beurteilung des Einzelfalles zu berücksichtigen.
- Besonders deutlich wird dieser Sachverhalt bei Anwendung der Schutzmaßnahme "Technische Lüftung" (E 1.3.4.2).
- Wie in Abschnitt E 1.3.4 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 E 1.3.1 bis E 1.3.3 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 "Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 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 E 1 (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre) angewendet werden.
3. Können Schutzmaßnahmen nach E 1 (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 Explosionsschutz) erforderlich und in Spalte 6 vermerkt.

Alle Schutzmaßnahmen sind gleichwertig und auch kombiniert anwendbar (vgl. aber auch Abschnitt C Punkt 5).

Der MAK-Wert 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.



Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	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	Handhaben brennbarer Gase			
1.1	Umgebung geschlossener gasführender Apparate, Behälter und Rohrleitungen – Allgemeines				
1.1.1	In Räumen	<p>a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten.</p> <p>b) Das Auftreten von g. e. A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig in der Umgebung von Austrittstellen möglich (z.B. an Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen, Pumpen, deren technische Dichtheit auf Dauer nicht gewährleistet ist).</p> <p>b1) Objektabsaugung</p> <p>b2) Konstruktion technisch dicht, nur geringe Leckagemöglichkeiten vorhanden</p> <p>c) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich z.B. an Umfüllanschlussstellen.</p> <p>c1) Gase schwerer als bzw. gleich schwer wie Luft</p> <p>c2) Gase leichter als Luft</p>	<p>E 1.3.2.1</p> <p>E 1.3.4.3</p> <p>E 1.3.2.2</p> <p>E 1.3.2.3 E 1.3.4.2</p>	<p>keine</p> <p>Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung</p> <p>Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung</p> <p>Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m</p> <p>Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 2 m oberhalb der Austrittsstelle</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1.1.2	Im Freien	<p>d) wie c)</p> <p>d1) Gase schwerer als bzw. gleich schwer wie Luft</p> <p>d2) Gase leichter als Luft, Deckenöffnung ins Freie vorhanden</p> <p>wie 1.1.1, <u>aber</u>: 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.</p>	E 1.3.2.3 E 1.3.4.1	<p>Zone 1: 3 m Zone 2: weitere 6 m</p> <p>Zone 1: Nahbereich Zone 2: weitere 3 m oberhalb der Austrittsstelle</p>	keine keine
1.2	Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 1.1	Gasführende Anlagen			
1.2.1	Umgebung von Entnahmestellen aus Druckgasbehältern	<p>Gasanlagen, bestehend aus Versorgungsanlagen (Druckgasbehälter, Hauptabsperreinrichtung), Druckregelgeräte, Sicherheitseinrichtungen, Leitungsnetz und Verbrauchseinrichtung.</p> <p>Bei Entnahmestellen mit Wechsel des Druckgasbehälters werden Verbindungen regelmäßig gelöst; deshalb kann das System nicht als auf Dauer technisch dicht angesehen werden.</p>			

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1.2.1.1	In Räumen	<p>Dies gilt insbesondere auch für bestimmte gewerbliche Bereiche mit besonderen chemischen, thermischen oder mechanischen Beanspruchungen wie Bauarbeiten, Schaustellerarbeiten, Arbeiten mit Handschrumpfgeräten, Schlacht- und Fleischarbeiten, unabhängig vom Wechsel des Druckgasbehälters.</p> <p>Druckgasbehälter für Prozess- und Versuchsanlagen (andere siehe BGV D34 (VBG 21), TRG 280). <i>(Die Harmonisierung der EX-RL mit der genannten Technischen Regel wird zurzeit vorbereitet.)</i></p> <p>a) Gase leichter als Luft, z.B. Wasserstoff:</p> <p>a1) Ansammlung im Deckenbereich ausgeschlossen, z.B. wirksame Deckenöffnung ins Freie.</p> <p>a2) Ansammlung im Deckenbereich nicht auszuschließen.</p> <p>a3) Betriebsbedingte Austrittsstelle vorhanden. Wirksame Deckenöffnung ins Freie</p> <p>a4) Betriebsbedingte Austrittsstelle</p>	<p>E 1.3.2.2 E 1.3.4.1</p> <p>E 1.3.2.2 E 1.3.4.1</p> <p>E 1.3.2.3 E 1.3.4.1</p> <p>E 1.3.2.3 E 1.3.4.2</p>	<p>Zone 2: im Nahbereich um die Anschlussstelle</p> <p>Zone 2: im Deckenbereich und im Nahbereich um die Anschlussstelle</p> <p>Zone 1: 1 m um die Anschlussstelle Zone 2: weitere 3 m oberhalb der Anschlussstelle</p> <p>Zone 1: 0,5 m Zone 2: weitere 2 m oberhalb der Anschlussstelle</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		b) Gase schwerer als bzw. gleichschwer wie Luft, Entnahme aus der Gasphase: b1) Einzelne Druckgasflaschen und Flaschenbatterien mit 2 bis 6 Flaschen im Flaschenschrank mit wirksamer Lüftung. b2) Einzelne Druckgasflaschen und Flaschenbatterien mit 2 bis 6 Flaschen im Flaschenschrank mit natürlicher Lüftung mit Luftschlitzen im Bodenbereich nach außen. b3) Einzelne Druckgasflaschen und Flaschenbatterien mit 2 bis 6 Flaschen <i>Hinweis: Bei Mehrwegflaschenanlagen ergibt sich die Gesamtzone aus der Überlagerung der Zonen um jede einzelne Anschlussstelle.</i> b4) wie b2) Ansammlung von g. e. A. im Bodenbereich ausgeschlossen, z.B. durch wirksame, bodennahe Lüftung.	E 1.3.2.2 E 1.3.4.2 E 1.3.2.2 E 1.3.4.1 E 1.3.2.2 E 1.3.4.1 E 1.3.2.2 E 1.3.4.2	Zone 2: im Nahbereich um die Anschlussstelle Zone 2: im Innern Zone 2: 1 m um die Anschlussstelle und kegelförmig bis zum Boden, Radius am Boden 2 m Zone 2: im Nahbereich um die Anschlussstelle	keine keine keine keine
1.2.1.2	Im Freien	wie 1.2.1.1, <u>aber</u> : 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.			
1.2.2	An explosionsgefährdeten Bereichen angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienräume, 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.	E 1.3.4.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1.3	Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines	<p>b) Raum ist gegen Zone 1 abgedichtet bzw. abgeschleust, gegen Zone 2 geschlossene Fenster und selbstschließende Türen. Lüftung aus ungefährdeten Bereichen.</p> <p>a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, auch nicht bei seltenen Störungen oder besonderen Betriebszuständen, weil</p> <p>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;</p> <p>a2) verfahrensbedingt die UEG sicher unterschritten ist (z.B. Abgasströme mit geringer Beladung...);</p> <p>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;</p> <p>a4) verfahrensbedingt Vakuum mit $p \leq 0,1$ bar (absolut) vorliegt; Schutzmaßnahmen, z.B. bei An- und Abfahrvorgängen unter Umständen erforderlich.</p> <p>b) Das Auftreten von g. e. A. ist normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig möglich:</p>	<p>E 1.3.4.1</p> <p>E 1.2.1 E 1.2.2.1</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.2.1</p> <p>E 1.2.3</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>c1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck).</p> <p>c2) wie c1)</p> <p>d) G. e. A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf.</p> <p>d1) Das Gas/Luft-Gemisch liegt zeitlich überwiegend innerhalb der Explosionsgrenzen vor.</p> <p>d2) wie d1)</p>	<p>E 1.2.3</p> <p>keine</p> <p>keine</p>	<p>Zone 1 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 0</p> <p>Zone 0 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p>	<p>erforderlich</p> <p>keine</p> <p>erforderlich</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
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	<p>a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten:</p> <p>a1) Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe D 2.1);</p> <p>a2) Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt nicht ausreichend über bzw. liegt unter der Verarbeitungstemperatur</p> <p>b) Das Auftreten von g. e. A. ist normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig in der Umgebung von Austrittstellen möglich (z.B. an Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen, Füllstellen und Pumpen, deren technische Dichtheit auf Dauer nicht gewährleistet ist). Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe D 2.1):</p> <p>b1) Objektabsaugung</p> <p>b2) Konstruktion technisch dicht; nur geringe Leckagemöglichkeiten vorhanden</p>	<p>E 1.2.1</p> <p>E 1.3.2.1</p> <p>E 1.3.4.3</p> <p>E 1.3.2.2</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung</p> <p>Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.1.2	Im Freien	<p>c) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich (z.B. an Umfüllanschlussstellen).</p> <p>d) wie c)</p> <p>wie 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.</p>	<p>E 1.3.2.3 E 1.3.4.2</p> <p>E 1.3.2.3 E 1.3.4.1</p>	<p>Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m</p> <p>Zone 1: 3 m Zone 2: weitere 6 m</p>	keine keine
2.2	Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 2.1				
2.2.1	Abfüllen in verschleißbare Gebinde und Behälter	Das Beispiel gilt nur für die Befüllung verschließbarer Gebinde, die vor der Befüllung frei von Dämpfen brennbarer Flüssigkeit sind und bei denen während der Befüllung (kleine Befüllöffnung) sowie zwischen Abschluss der Befüllung und Verschließen des Gebindes die Objektabsaugung bzw. Lüftungsmaßnahmen so wirksam sind, dass betriebsmäßig weder um die Öffnung der Gebinde noch um die Füllrohre bzw. Einfüllstutzen g. e. A. zu erwarten ist. Für Füllanlagen, die von diesem Beispiel nicht vollständig erfasst werden, wird auf TRbF 30 Nr. 5 verwiesen.			
2.2.1.1	In Räumen	<p>a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe D 2.1), Temperaturerhöhungen nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist.</p>	E 1.2.1	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>b) Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe D 2.1); Versprühen oder Vernebeln möglich. Beim Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten mit Temperaturen deutlich oberhalb der Umgebungstemperatur muss der Bereich oberhalb der Abfüllstelle im Einzelfall betrachtet werden:</p> <p>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</p> <p>b1.1) Störungen wie Überfüllung, Fehlbedienung, Leckagen an Befüllrichtungen, Schäden an Gebinden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und deren Ausbreitung ausgeschlossen;</p> <p>b1.2) Seltene betriebliche Störungen möglich. Leckagemengen werden aufgefangen und sofort beseitigt. Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;</p> <p>b1.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;</p> <p>b1.4) Seltene betriebliche Störungen möglich;</p>			
			E 1.3.4.3	keine	keine
			E 1.3.4.3	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle	keine
			E 1.3.4.2	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
			E 1.3.4.1	Zone 2: 0,8 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.1.2	Im Freien	b3.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;	E 1.3.4.2	Zone 2: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne	keine
		b3.4) Seltene betriebliche Störungen möglich;	E 1.3.4.1	Zone 2: 2 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne	keine
2.2.2	Abfüllen in offene Behälter (in Räumen)	b4) Abfüllen in Gebinde ($V > 1 \text{ m}^3$) Das Abfüllen größerer Mengen innerhalb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheitsschutzes ohne Gaspendingelung oder Objektabsaugung nicht zulässig : Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.			
		wie 2.2.1.1 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.			
		a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe D 2.1), Temperaturerhöhungen nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist.	E 1.2.1	keine	keine
		b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe D 2.1); Versprühen oder Vernebeln möglich.			
		b1) Abfüllen in offene Behälter, $V \leq 10 \text{ l}$;	E 1.3.4.3	Zone 2: 0,5 m	keine
		b2) Abfüllen in offene Behälter, $V \leq 10 \text{ l}$;			keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.3	Umgebung von Probenahme- und Messeinrichtungen	b2.1) Technische Lüftung;	E 1.3.4.2	Zone 1: 0,5 m Zone 2: weitere 1 m	keine
		b2.2) natürliche Lüftung;	E 1.3.4.1	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 1 m	keine
		b3) Abfüllen in offene Behälter, V > 10 l Das Abfüllen größerer Mengen innerhalb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheitsschutzes ohne zusätzliche Maßnahmen (z.B. Gaspendsysteme, Objektabsaugung) nicht zulässig : Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.			
2.2.3.1	In Räumen	a) Geschlossene Probenahmeeinrichtung;	E 1.3.2.2 E 1.3.4.2	keine	keine
		b) Offene Probenahme unter Kontrolle, Austritt nur kleiner Mengen möglich;	E 1.3.4.3	Zone 2: im Nahbereich	keine
		c) wie b)	E 1.3.4.2	Zone 2: 0,5 m	keine
		d) wie b)	E 1.3.4.1	Zone 1: im Nahbereich Zone 2: weitere 2 m	keine
2.2.3.2	Im Freien	wie 2.2.3.1 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	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.4	Mischeinrichtungen für Beschichtungsstoffe (bestehend aus Regalfarbmischgerät nach prEN 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 D 2.1).	E 1.3.4.1	keine	keine
		b) Beim Farbmischen aus Einzelgebinden liegt der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe nicht ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe D 2.1). Verwendung von selbstschließenden Gebinden	E 1.3.4.1 oder E 1.3.4.2	keine	keine
		c) Anmischen von Beschichtungsstoffen (z.B. Zugabe von Verdünnern, Härtern). Der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe liegt nicht ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe D 2.1). c1) Verwendung von Einzelgebinden mit maximal 5 l Inhalt, natürliche Lüftung.	E 1.3.4.1	Zone 2: bis zu einer Höhe von 0,5 m über Farbmischwaage bis zu einem Abstand von 2 m um das Einzelgebände, gesamter Bodenbereich bis zu einer Höhe von 0,5 m	keine
		c2) Wie 1. jedoch technische Lüftung.	E 1.3.4.2	Zone 2: Nahbereich um die Farbmischwaage; gesamter Bodenbereich bis zu einer Höhe von 0,2 m	keine
		c3) Beim Verwenden von Einzelgebinden mit Inhalten $V > 5$ l, siehe 2.2.2			keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.2.5	An explosionsgefährdeten Bereichen angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienräume, Treppenhäuser) mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich	siehe 1.2.2			
2.2.6	Laboratorien	<p>a) Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten in laborüblichen Mengen nach BGR 120 (ZH 1/119).</p> <p>b) Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten im Abzug in nicht laborüblicher Menge, z.B. Rotationsverdampfer mit 10 l brennbarer Flüssigkeit oberhalb des Flammpunktes. <i>Hinweis: Bei größeren Anlagen außerhalb laborüblicher Menge liegt Technikumscharakter vor. Schutzmaßnahmen sind auf Grundlage von Nr. 2 der Beispielsammlung festzulegen.</i></p>	E 1.3.4.2	keine	keine
2.2.7	Läger	Siehe auch "Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten" TRbF 20 (Läger).			
2.2.7.1	In Räumen	<p>a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Lagertemperatur liegt (siehe D 2.1)</p> <p>b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur (siehe D 2.1):</p>	E 1.2.1	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>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.</p> <p>b2) Falls b1) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter ist jedoch dicht verschlossen.</p> <p>b3) wie b2)</p> <p>b4) wie b2)</p>	<p>E 1.3.2.1</p> <p>E 1.3.4.1</p> <p>E 1.3.4.1 in Kombination mit E 1.4.2</p> <p>E 1.3.4.2 in Kombination mit E 1.4.2</p>	<p>keine</p> <p>Zone 2: gesamter Raum bis 1,5 m Höhe; jedoch bei Räumen mit Rauminhalt kleiner 100 m³ Zone 2: gesamter Raum</p> <p>wie b2), jedoch Geräte, deren potenzielle Zündquelle durch die Gaswarnanlage abgeschaltet werden, müssen nicht für den Einsatz in Zone 2 geeignet sein.</p> <p>wie b2), jedoch Geräte, deren potenzielle Zündquelle durch die Gaswarnanlage abgeschaltet werden, müssen nicht für den Einsatz in Zone 2 geeignet sein.</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3	
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)	
2.2.7.2	Im Freien	b5) wie b2)	E 1.3.4.2	Zone 2: gesamter Raum bis 1,5 m Höhe; jedoch bei Räumen mit Raumvolumen kleiner 100 m ³ Zone 2: gesamter Raum	keine	
		b6) wie b5) jedoch Lüfter automatisch überwacht und Einleitung von Maßnahmen bei Störungsmeldung	E 1.3.4.2	keine	keine	
		wie 2.2.7.1 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.				
		a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, auch nicht bei seltenen Störungen, wenn:				
2.3	Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen – Allgemeines	a1) die UEG verfahrensbedingt sicher unterschritten ist; das liegt vor, wenn der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe D 2.1), Temperaturerhöhungen verfahrensbedingt nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist;	E 1.2.1	keine	keine	
		a2) die OEG sicher überschritten ist; diese Arbeitsweise ist aufgrund von temperaturabhängigen Kondensationsvorgängen und des möglichen Abstandes vom Gleichgewichtszustand nur bedingt anwendbar;	E 1.2.1	keine	keine	

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>a3) die Sauerstoffgrenzkonzentration sicher unterschritten ist;</p> <p>a4) verfahrensbedingt Vakuum $\leq 0,1$ bar (absolut) vorliegt. Gesonderte Schutzmaßnahmen (z.B. bei An- und Abfahrvorgängen) sind unter Umständen erforderlich.</p> <p>b) Das Auftreten von g. e. A. ist normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig möglich:</p> <p>b1) Aufgrund seltener Störungen oder selten und kurzzeitig auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann</p> <p>b1.1) die UEG überschritten werden;</p> <p>b1.2) die OEG unterschritten werden;</p> <p>b1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden;</p> <p>b1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck)</p> <p>b2) wie b1)</p>	<p>E 1.2.2</p> <p>E 1.2.3</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.2</p> <p>E 1.2.3</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>Zone 2</p> <p>Zone 2 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>erforderlich</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>c) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich:</p> <p>c1) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann</p> <p>c1.1) die UEG überschritten werden;</p> <p>c1.2) die OEG unterschritten werden;</p> <p>c1.3) die Sauerstoffkonzentration überschritten werden;</p> <p>c1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck)</p> <p>c2) wie c1)</p> <p>d) G. e. A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf:</p> <p>d1) Das Dampf/Luft-Gemisch liegt zeitlich überwiegend innerhalb der Explosionsgrenzen.</p> <p>d2) wie d1)</p>	<p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.2</p> <p>E 1.2.3</p> <p>keine</p> <p>keine</p>	<p>Zone 1</p> <p>Zone 1 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 0</p> <p>Zone 0 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p>	<p>keine</p> <p>erforderlich</p> <p>keine</p> <p>erforderlich</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen 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				
3.1.1.1	In Räumen	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> E 1.3.2.1 E 1.3.3 E 1.5 E 1.2.3 	<ul style="list-style-type: none"> keine keine keine 	<ul style="list-style-type: none"> keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.1.2	Im Freien	<p>d) Dichtheit der Apparatur nicht gewährleistet (z.B. Undichtigkeiten an Wellendurchführungen). Ablagerungen von Staub sind möglich. Staub sedimentiert im Nahbereich der Freisetzungsquelle. Staubablagerungen werden beseitigt. Wesentliche Parameter für die Staubfreisetzung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Druck in der Anlage - Beschaffenheit des Stoffes (Korngrößenverteilung, Dichte, Feuchte, Wirbelfähigkeit). <p>e) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungsquellen und/oder der Sedimentationseigenschaft des Staubes im gesamten Raum zu erwarten. Staubablagerungen werden beseitigt.</p> <p>wie 3.1.1.1, <u>aber</u>: Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i. d. R. kann sie reduziert werden.</p>	E 1.5	Zone 22: 1 m um die Austrittsstelle bis zum Boden	keine
3.1.2	Umgebung nicht geschlossener staubführender Apparate und Behälter	<p>Unter nicht geschlossenen Apparaten und Behältern werden Einrichtungen verstanden, die betriebsmäßig ständig oder zeitweise offen sind (z.B. Bandförderer, Einfüllöffnungen, Übergabestellen, Probenahmestellen).</p>	E 1.5	Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.2.1	In Räumen	<p>a) Um offene Stellen kommt es nicht zu einer gefährlichen Staubfreisetzung 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.</p> <p>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).</p> <p>c) G. e. A. tritt im Bereich der offenen Stellen gelegentlich auf (z.B. an Übergabestellen, offenen Förderungen, Einschüttgossen) und führt zu gefährlichen Staubablagerungen.</p>	<p>E 1.2.3 E 1.3.4.3 E 1.5</p>	keine	keine
3.1.2.2	Im Freien	<p>wie 3.1.2.1, <u>aber</u>: Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i. d. R. kann sie reduziert werden.</p>	E 1.3.4.3	Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig	keine
3.1.3	Fallbeispiele – mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.1		E 1.3.4.1	Zone 21: im Nahbereich Zone 22: gesamter Raum	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.3.1	In Räumen				
3.1.3.1.1	Läger in Speichern und Hallen	<p>a) Offene Lagerung als Schüttgut. G. e. A. tritt beim Ein- und Auslagern, Umschütten auf. Staubablagerungen sind vorhanden.</p> <p>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.</p> <p>c) Lagerung in staubdurchlässigen Gebinden, wie z.B. Jutesäcken. Staubablagerungen sind vorhanden.</p> <p>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).</p>	<p>E 1.3.4.1</p> <p>E 1.3.4.1</p> <p>E 1.3.4.1</p> <p>E 1.5</p>	<p>Zone 20: im Nahbereich der Abwurfstelle bzw. des Auftreffbereichs; Zone 22: restlicher Raum</p> <p>Zone 22: gesamter Raum</p> <p>Zone 22: gesamter Raum</p> <p>keine</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>
3.1.3.1.2	Befüllen und Entleeren (z.B. Sackaufgabestellen, Absackstellen, Waagen) (siehe auch Pkt. 3.1.2.1)	<p>a) Um offene Stellen kommt es zu keiner Staubbefreiung, z.B. Unterdruckfahrweise, Objektabsaugung, häufige Reinigung</p> <p>b) Es kann zu Staubbefreiungen kommen. Auch geringe Staubablagerungen werden beseitigt.</p> <p>c) wie a) oder wie b), aber: Bildung von g. e. A. kurzzeitig bei betrieblichen Störungen möglich (z.B. Sackabriss).</p>	<p>E 1.3.4.3 E 1.5</p> <p>E 1.5</p> <p>E 1.5</p>	<p>keine</p> <p>Zone 22: im Nahbereich</p> <p>Zone 22: zusätzlich im Auswirkungsbereich der Störung, z.B. des Sackabrisses</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.1.3.1.3	Beladen von Getreide und Futtermitteln auf offene Fahrzeuge in Räumen	d) Dichtheit der Apparatur bei Normalbetrieb nicht gewährleistet. Staubablagerungen treten im gesamten Raum auf. Die Konzentration des austretenden Staubes liegt in der Regel unter der UEG. Das Beladen erfolgt üblicherweise in allseitig geschlossenen Durchfahrten mit Rolltoren an der Ein- und Ausfahrt. Beim Auslaufen am Verladetrichter und Aufschütten im offene Fahrzeuge lässt sich bei Produkten mit hohem Staubanteil durch Staubabsaugung g. e. A. nicht immer vermeiden.	E 1.3.4.1 E 1.3.4.3	Zone 22: gesamter Raum Zone 21: im Fülltrichter und im offenen Laderaum des Fahrzeuges ; Zone 22: restlicher Raum	keine keine
3.1.3.2	Im Freien	wie 3.1.2.1, <u>aber</u> : Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i. d. R. kann sie reduziert werden.			
3.2	Inneres von staubführenden Apparaten und Behältern – Allgemeines	a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, weil a1) verfahrensbedingt die UEG immer sicher unterschritten ist. Staubablagerungen/-anreicherungen sind verhindert; a2) sichere Zugabe oder Vorhandensein eines ausreichenden Anteils inerter Feststoffe gegeben (z.B. über 80 %) und Entmischung verhindert ist; ggf. müssen Entzündungen von Staubablagerungen berücksichtigt werden;	E 1.2.1 E 1.2.2.2	keine keine	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>a3) die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration immer sicher unterschritten wird, solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann; es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen, ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann;</p> <p>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.</p> <p>b) Das Auftreten von g. e. A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig möglich, weil</p> <p>b1) keine verfahrensbedingten Staub/Luft-Gemische vorhanden sind. Aufwirbeln von abgelagertem Staub ist selten und kurzzeitig möglich.</p> <p>b2) wie b1)</p>	<p>E 1.2.2.2</p> <p>E 1.2.3</p> <p>E 1.2.1</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>Zone 22</p> <p>Zone 22 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>keine</p> <p>erforderlich</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>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.</p> <p>b4) wie b3)</p>	E 1.2.1	Zone 22	keine
		<p>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;</p> <p>b6) wie b5)</p>	E 1.2.2.2	Zone 22 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
		<p>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;</p>	E 1.2.2.2	Zone 22 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>b8) wie b7)</p> <p>b9) wie a4), <u>aber</u>: Auftreten von g. e. A. selten und kurzzeitig möglich (z.B. bei Undichtigkeiten, die aber sofort erkannt und beseitigt werden);</p> <p>b10) wie b9)</p> <p>c) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich, weil</p> <p>c1) verfahrensbedingt gelegentlich Staub/Luft-Gemische auftreten (z.B. Silos mit diskontinuierlicher Befüllung und kurzer Fülldauer);</p> <p>c2) wie c1)</p> <p>c3) verfahrensbedingt die UEG unterschritten wird. Überschreitung der UEG z.B. durch Konzentrationsschwankungen gelegentlich möglich;</p>	<p>E 1.2.3 E 1.5</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.1</p>	<p>Zone 22 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 22</p> <p>Zone 22 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 21</p> <p>Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 21</p>	<p>erforderlich</p> <p>keine</p> <p>erforderlich</p> <p>keine</p> <p>erforderlich</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c4) wie c3)	E 1.2.1	Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
		c5) ausreichender Anteil inerter Feststoffe (z.B. über 80 %) zugegeben werden oder vorhanden sind. Unterschreitung des Feststoffanteils gelegentlich möglich; c6) wie c5)	E 1.2.2.2	Zone 21 Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	keine erforderlich
		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; c8) wie c7)	E 1.2.2.2	Zone 21 Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	keine erforderlich
		c9) wie a4) <u>aber</u> : Auftreten von g. e. A. gelegentlich möglich (z.B. durch Ausfall des Vakuums)	E 1.2.3	Zone 21	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		c10) wie c9)		Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
		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 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	keine erforderlich
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. 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;	E 1.2.1 E 1.2.1 E 1.2.2.2	keine Zone 22 nicht bei Inertisierung gemäß 3a); aber Entzünden von Ablagerungen möglich keine	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.1.2	Sprühtrocknungsanlagen	b) Im Produktraum ist beim Trocknen grobkörniger, staubfreier Produkte g. e. A. nicht zu erwarten;	E 1.2.1	Zone 22	keine
		c) Im Produktraum ist beim Trocknen staubförmiger Produkte bei normalem Betrieb g. e. A. zu erwarten;	keine	Zone 20	keine
		d) wie c)	keine	Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
		4. Bei eingebautem Produktrückhaltefilter: siehe 3.3.4.2			
		1. Luftzuführung: kein Eindringen von Staub in gefahrdrohender Menge; Luftvorwärmung indirekt.	E 1.2.1	keine	keine
		2. Produktraum:			
		a) Im Produktraum ist beim Trocknen staubförmiger Produkte im Normalbetrieb g. e. A. vorhanden;	keine	Zone 20	keine
		b) wie a)		Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
		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.	E 1.2.2.2	keine	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.1.3	Hordentrockner/ Tellerrockner	<p>3. Fließbett:</p> <p>a) In Teilbereichen ist g. e. A. betriebsmäßig vorhanden (z.B. im Ein- und Austragsbereich). Staubablagerungen sind zu berücksichtigen, insbesondere auch unterhalb des Luftverteilerbodens.</p> <p>b) wie a) aber: Eintrag von Glimmnestern nicht immer auszuschließen;</p> <p>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.</p>	keine	Zone 20	keine
		<p>4. Bei eingebautem Filter: siehe 3.3.4 Filter sind im allgemeinen separat aufgestellt.</p> <p>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.</p>	E 1.2.2.2	Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
		<p>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.</p>	keine	keine	keine
3.3.2	Mühlen	<p>a) G. e. A. betriebsmäßig zu erwarten. Mühle (z.B. Hammermühle) ist im Fall von Störungen als wirksame Zündquelle anzusehen.</p>	keine	Zone 22	keine
		<p>a) G. e. A. betriebsmäßig zu erwarten. Mühle (z.B. Hammermühle) ist im Fall von Störungen als wirksame Zündquelle anzusehen.</p>	keine	Zone 20: betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.3 3.3.3.1	Förderanlagen Saugförderung, Druckgefäßförderung, Druckförderung	b) wie a) aber: Mühle kann konstruktionsbedingt auch bei seltenen Störungen nicht als Zündquelle wirksam werden (z.B. Luftstrahlmühle ohne Rotorsichter).	keine	Zone 20	keine
		c) wie a) oder b), jedoch g. e. A. durch Inertisierung immer sicher verhindert.	E 1.2.2.2	keine	keine
		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	Zone 20 Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	keine erforderlich
3.3.3.2	Schneckenförderer, Trogkettenförderer (Redler)	b) Filter siehe 3.3.4 Produkt wird kontinuierlich zugeführt. Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bzw. Fördergeschwindigkeit des Redlers liegt unterhalb 1 m/s. Keine innenliegenden Lager.	keine	Zone 21 Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	keine erforderlich keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.4	Filternde Abscheider (Filter)				
3.3.4.1	Rohgasraum	<p>a) Die Konzentration des erfassten und abzuschheidenden Staubes, liegt betriebsmäßig überwiegend im Explosionsbereich oder das regelmäßige Abreinigen des Filtermediums erfolgt häufig.</p> <p>b) wie a), der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnester oder Funken) oder Selbstentzündungsvorgänge im Abscheider können jedoch nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden.</p> <p>c) Die Konzentration des erfassten und abzuschheidenden Staubes liegt betriebsmäßig nicht im Explosionsbereich (Objektabsaugung, Aspiration) und das Abreinigen des Filtermediums erfolgt nur gelegentlich.</p> <p>d) wie c), der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnester oder Funken) oder Selbstentzündungsvorgänge im Abscheider können jedoch nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden.</p> <p>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 Staubexplosionen, ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann.</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.1</p> <p>E 1.2.2</p>	<p>Zone 20</p> <p>Zone 20 Zündquellen können prozessbedingt bzw. apparativ nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 21</p> <p>Zone 21 Zündquellen können prozessbedingt bzw. apparativ nicht vollständig vermieden werden</p> <p>keine</p>	<p>keine</p> <p>erforderlich z.B. E 3.1.2 und E 3.2 und E 3.4</p> <p>keine</p> <p>erforderlich z.B. E 3.1.2 und E 3.2 und E 3.4</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3.4.2	Reingasraum	<p>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 Reinluftseite explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auftreten.</p> <p>b) wie a) ein Filterdurchbruch wird jedoch kurzfristig erkannt und unverzüglich beseitigt.</p> <p>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.</p> <p>d) Durch Einsatz eines nachgeschalteten Sicherheitsfilters (Polzeifilter) wird g. e. A. auf der Reinluftseite 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.</p> <p>e) Plattenfilter, Keramikfilter (Filterdurchbruch konstruktionsbedingt nicht möglich)</p>	keine	Zone 21	keine
			keine	Zone 22	keine
			keine	Zone 22	keine
			E 1.2.1	keine Zone nach Polzeifilter	keine
			E 1.2.1	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.	keine	Zone 20	keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3	
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)	
3.3.6	Silos, Bunker	b) wie a) aber: es sind bewegliche Einbauten vorhanden, die in Folge von Störungen zur wirksamen Zündquelle werden können.	keine	Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich	
		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.	E 1.2.2.2	keine	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. Mischerstoff oder Umfangsgeschwindigkeit der beweglichen Einbauten ≤ 1 m/s).	E 1.2.1	keine	Zone 21	keine
		a) G. e. A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf. Das Produkt wird häufig ein- und ausgetragen oder umgewälzt und bleibt langfristig in Schwebe;	keine	keine	Zone 20	keine
		b) wie a), jedoch der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmester) kann nicht ausgeschlossen werden;	keine	keine	Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich
c) G. e. A. tritt gelegentlich auf (z.B. Lagersilos mit geringer Entleerrate);	keine	keine	Zone 21	keine		

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<p>d) wie c), jedoch der Eintrag von Zündquellen (z.B. Glimmnerster) kann nicht ausgeschlossen werden;</p> <p>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).</p> <p>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.</p>	<p>keine</p> <p>keine</p> <p>E 1.2.2.2</p>	<p>Zone 21 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden</p> <p>Zone 22</p> <p>keine</p>	<p>erforderlich</p> <p>keine</p> <p>keine</p>
<p>4</p> <p>4.1</p> <p>4.2</p> <p>4.2.1</p> <p>4.2.1.1</p>	<p>Spezielle Anlagen</p> <p>Abwassertechnische Anlagen</p> <p>Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung</p> <p>Gas-Druckregel- und Messanlagen, Normalbetrieb (GDRM-Anlagen)</p> <p>In Räumen</p>	<p>siehe Pkt. 5.8</p> <p>Erdgas DVGW-Arbeitsblatt G 260/I und II</p> <p>GDRM-Anlagen in Räumen DVGW-Arbeitsblätter G 491 und G 492. Be- und Entlüftungsöffnungen zu anderen Räumen sind nicht zulässig. Sie dürfen nur ins Freie münden.</p> <p>a) GDRM-Anlage (MOP bis 5 bar; MOP = Maximal zulässiger Betriebsdruck) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495</p>	<p>E 1.3.2.1</p>	<p>keine</p>	<p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
		<ul style="list-style-type: none"> - auf Dauer technisch dicht und - keine Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen <p>b) GDRM-Anlage (MOP bis 5 bar) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt 495</p> <p>b1) auf Dauer technisch dicht, aber – Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum möglich (70 l/h bis 150 l/h)</p> <p>b2) kleine Aufstellräume (z.B. nicht begehbare Schrankanlage), Gasfreisetzung über Atmungsöffnung möglich (70 l/h bis 150 l/h)</p>	<p>E 1.3.2.3 E 1.3.4.1</p>	<p>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</p> <p>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 ≤ r</p>	<p>keine</p> <p>keine</p>

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.3 4.3.1	Kohlenstaubanlagen und Brikettfabriken Zentralmahlanlagen und Räume mit Brikettpressen	<p>c) GDRM-Anlage (MOP > 5 bar) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495</p> <p>c1) keine Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen</p> <p>c2) Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum möglich (70 l/h bis 150 l/h)</p> <p>c3) kleine Aufstellräume (z.B. nicht begehbare Schrankanlage), Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen möglich (70 l/h bis 150 l/h)</p>	E 1.3.2.2 E 1.3.4.1	<p>Zone 2: ganzer Raum</p> <p>Zone 1: Nahbereich Atmungsventile in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung (Zylinder Ø = 0,6 m; Höhe H = 1,5 m)</p> <p>Zone 2: ganzer Raum</p> <p>Zone 1: gesamter Innenraum der Schrankanlage; Be- und Entlüftungsöffnungen außen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zone 2 Halbkreis mit r = 0,3 m bei Spaltöffnung Breite/Höhe B/H > 10 und Höhe H << r. - nach unter 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	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.3.1.2	Umgebung von Mahlanlagen	a) Bildung von g. e. A. durch Kohlenstaub und Methan in der Umgebung sicher verhindert, da die Anlagen auf Dauer technisch dicht gegenüber Stäuben und Gasen ausgeführt sind. b) Technische Dichtheit der Anlage nicht auf Dauer gewährleistet; Leckagen und anfallende Stäube werden unverzüglich beseitigt.	E 1.3.2.1 E 1.3.2.2 und E 1.5	keine Zone 2 im Nahbereich	keine keine
4.3.1.3	Räume mit Brikettpressen	a) Bildung von g. e. A. durch Methan gelegentlich zu erwarten; Kohlenstaubablagerungen sind betriebsmäßig vorhanden 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	E 1.3.4.1 E 1.3.4.2	Zone 1: 3m Zone 2: weitere 5 m um die Brikettpresse Zone 22: ganzer Raum Zone1: im Nahbereich Zone 2: weitere 3 m um die Brikettpresse Zone 22: ganzer Raum	keine keine
4.3.2 4.3.2.1	Roh- und Feinkohlenbunker 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. Glimmnester, können nicht vollständig ausgeschlossen werden.	E 1.3.4.1	Zone 1 Zone 21	erforderlich
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	E 1.3.4.1 E 1.3.4.2	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	keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.4	Steinkohlenaufbereitungsanlagen	c) Die Aufstellung erfolgt im Freien; Bildung von g. e. A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten	E 1.3.4.1	Zone 2: im Nahbereich des Bunkerkopfes Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine
4.4.1	Rohwaschkohlen- und Staubbunker				
4.4.1.1	Im Inneren	a) Bildung von g. e. A. durch Methanabgasung möglich. Aufgrund der Feuchtigkeit ist die Wirbelfähigkeit des Kohlenstaubes stark eingeschränkt, jedoch sind explosionsfähige Kohlenstaubablagerungen betriebsmäßig zu erwarten. b) wie a)	E 1.3.4.1 E 1.3.4.2	Zone 1 Zone 22 Zone 2 Zone 22	keine keine
4.4.1.2	Umgebung der Einrichtungen	a) Staubablagerungen nicht auszuschließen. Leckagen werden sofort beseitigt, Staubablagerungen werden unverzüglich entfernt. b) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungquellen und/oder der Sedimentationsgeschwindigkeit des Staubes zu erwarten. Staubablagerungen werden gelegentlich befeuchtet und regelmäßig beseitigt. c) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungquellen und der Sedimentationsgeschwindigkeit des Staubes im gesamten Raum zu erwarten, Ablagerungen werden regelmäßig beseitigt.	E 1.5 E 1.5 E 1.5	keine Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig Zone 22: ganzer Raum	keine keine keine

Nr.	Beispiel	Merkmale / Bemerkungen / Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.4.2	Sieb- und Brecheinrichtungen sowie Sichter				
4.4.2.1	Im Inneren der Einrichtungen	<p>a) G. e. A. durch Kohlenstaub tritt betriebsmäßig auf. Für Steinkohlen wirksame Zündquellen können vollständig vermieden werden, da die Kohlen grobkörnig und wenig zündempfindlich sind.</p> <p>b) G. e. A. durch Kohlenstaub tritt betriebsmäßig auf. Für Steinkohlen wirksame Zündquellen können z.B. aufgrund der Feinkörnigkeit und Zündempfindlichkeit nicht vollständig vermieden werden.</p>	keine	Zone 20	keine
4.4.2.2	Umgebung der Einrichtungen	Siehe 4.4.1.2	keine	Zone 20 betriebsmäßig auftretende Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden	erforderlich

Lfd.-Nr.:	Kurztitel	Vorschriften-Nr.:
5	Hinweis auf weitere Beispiele in Regeln, Merkblättern und Informationen, die mit dem Fachausschuss "Chemie", Sachgebiet "Explosionsschutz" abgestimmt sind	
5.1	Beispielsammlung Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit auf und in Deponien	Bundesverband der Unfallkassen (GUV-I 842)
5.2	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten "Läger"	TRbF 20
5.3	Fassmerkblatt "Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden"	Merkblatt der BG Chemie T 005, BGI 535
5.4	Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen	Arbeitsblatt für den Technischen Aufsichtsdienst Nr. 69 des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e.V.
5.5	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten "Füllstellen, Entleerstellen und Flugfeldbetankungsstellen"	TRbF 30
5.6	Elektrostatistisches 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

Erläuterungen zu den in der Beispielsammlung benutzten Abkürzungen

A	Als mögliche Voraussetzung für eine ggf. zu erteilende Ausnahmegenehmigung von bestehenden Vorschriften (s. Vorbemerkung).
keine	Schutzmaßnahmen nach E 1, E 2 b zw. 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.
E 1.1	Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Gemische zu bilden vermögen
E 1.2	Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Gemische im Innern von Apparaturen
E 1.2.1	Konzentrationsbegrenzung
E 1.2.2	Inertisieren
E 1.2.2.1	Inertisieren explosionsfähiger Atmosphäre brennbarer Gase und Dämpfe
E 1.2.2.2	Inertisieren brennbarer Stäube
E 1.2.2.3	Inertisieren hybrider Gemische
E 1.2.3	Anwendung von Vakuum-/Unterdruckfahrweise
E 1.3	Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen
E 1.3.1	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Betriebsanlagen
E 1.3.2	Dichtheit von Apparaturen
E 1.3.2.1	Auf Dauer technisch dichte Apparaturen
E 1.3.2.2	Technisch dichte Apparaturen
E 1.3.2.3	Apparaturen mit betriebsbedingten Austritten brennbarer Stoffe
E 1.3.3	Prüfen der Apparatur auf Dichtheit

- E 1.3.4 Lüftungsmaßnahmen
 - E 1.3.4.1 Natürliche Lüftung
 - E 1.3.4.2 Technische Lüftung (Raumlüftung)
 - E 1.3.4.3 Objektabsaugung
- E 1.4 Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen
 - E 1.4.1 Gaswarnanlagen mit Alarmgabe
 - E 1.4.2 Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schaltungen
 - E 1.4.3 Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen
- E 1.5 Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter
- E 3 Konstruktiver Explosionsschutz



Anlage 5

Hinweis auf die alte Beispielsammlung (grün)

www.bgchemie.de unter Prävention/Explosionsschutz

