












BGR 104 / DGUV Regel 113-001 - Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)

Sammlung technischer Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen
Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BGR)
(bisherige ZH 1/10)

(Ausgabe 01/2007; 06/2007; 07/2008; 06/2009; 03/2010; 07/2010; 02/2011; 05/2012; 12/2012; 02/2013; 09/2013; 03/2014; 12/2014; 03/2015; 02/2016;
12/2016; 04/2017; 06/2018)

[Zur aktuellen Fassung](#)

Redakt. Hinweis:

Archiv: 02/2011  ; 05/2012  ; 12/2012  ; 02/2013  ; 09/2013  ; 03/2014  ; 12/2014  ; 03/2015  ; 02/2016  ; 12/2016  ; 04/2017 

Änderungshinweise: 12/2014; 03/2015; 02/2016; 12/2016; 04/2017; 06/2018

vgl.: Anhang I GefStoffV

Vorbemerkungen

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 wurde gegenwärtig der Textteil der EX-RL in die Technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS) implementiert.

Die Abstimmungen zwischen dem ABS UA 3 "Brand- und Explosionsschutz", AGS UA II "Schutzmaßnahmen" und dem Fachbereich "Rohstoffe und chemische Industrie der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung", Sachgebiet "Explosionsschutz" laufen so dass der Textteil ausschließlich im ABS UA 3 bzw. AGS UA II bearbeitet wird. Änderungs- und Ergänzungsvorschläge, die beim Fachbereich "Rohstoffe und chemische Industrie der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung" Sachgebiet "Explosionsschutz" eingehen, werden an den ABS UA 3 bzw. AGS UA II weitergeleitet.

Damit bleibt dem Anwender weiterhin ein in sich geschlossenes Basiswerk zum Explosionsschutz erhalten.

Die Struktur der EX-RL ist wie folgt:

Textteil	
TRBS 1001	Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit
TRBS 1111	Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
TRBS 1112	Instandhaltung
TRBS 1112 Teil 1	Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten - Beurteilung und Schutzmaßnahmen
TRBS 1122	Änderungen und wesentliche Veränderungen von Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 BetrSichV - Ermittlung der Prüf- und Erlaubnispflicht
TRBS 1123	Änderungen und wesentliche Veränderungen von Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV - Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV
TRBS 1201	Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
TRBS 1201 Teil 1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Oberprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen

TRBS 1201 Teil 3	Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU
TRBS 1201 Teil 5	Prüfung von Lageranlagen, Füllstellen, Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen, soweit entzündliche, leichtentzündliche oder hochentzündliche Flüssigkeiten gelagert oder abgefüllt werden, hinsichtlich Gefährdung durch Brand und Explosion
TRBS 1203	Befähigte Personen
TRBS 2152	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines - (TRGS 720)
TRBS 2152 Teil 1	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung - (= TRGS 721)
TRBS 2152 Teil 2	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (= TRGS 722)
TRBS 2152 Teil 3	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
TRBS 2152 Teil 4	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
TRBS 3151	Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Füllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen (TRGS 751)
TRGS 407	Tätigkeiten mit Gasen - Gefährdungsbeurteilung
TRGS 509	Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter
TRGS 510	Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
TRGS 725	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen
TRGS 727	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (BGI 5127; T033)
E 6	Explosionsschutzdokument
E 7	Organisatorische Maßnahmen
Anlagen	
Anlage 1	GefStoffV (neu) <i>Redakt. Hinweis: Vom 26. November 2010</i>
Anlage 2	BetrSichV (neu) <i>Redakt. Hinweis: Vom 3. Februar 2015</i>
Anlage 2 alt	BetrSichV (alt) <i>Redakt. Hinweis: Vom 27. September 2002</i>
Anlage 3	Hinweis auf das Verzeichnis der geprüften Gaswarngeräte (www.exinfo.de , Seiten-ID #6HY9)
Anlage 4	Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen nach TRBS 2152 Teil 2, Anhang Pkt. 2 (blau)
Anlage 5	Hinweis auf die alte Beispielsammlung (grün) (www.exinfo.de , Seiten-ID #9XU2)

Hinweis: Ein Begriffsglossar befindet sich auf die Homepage der BAuA unter www.baua.de.

E Schutzmaßnahmen ^{a)}

Die Abschnitte E 1, E 2, E 3, E 4 und E 5 wurden in die TRBS 2152 Teil 2, TRBS 2152 Teil 3, TRBS 2152 Teil 4 und TRGS 725 und TRBS 1112 Teil 1 Überführt.

E 1 siehe TRBS 2152 Teil 2

E 2 siehe TRBS 2152 Teil 3

E 3 siehe TRBS 2152 Teil 4

E 4 siehe TRGS 725

E 5 siehe TRBS 2152 Teil 1

E 6 Explosionsschutzdokument ¹⁰³⁾

Der Unternehmer hat im Rahmen seiner Pflichten sicherzustellen, dass ein Explosionsschutzdokument erstellt und auf dem letzten Stand gehalten wird (BetrSichV § 6 Abs. 1 siehe Anlage 2).

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 TRBS 2152 ff., E 4 und E 7),
- welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden und
- für welche Bereiche die Mindestvorschriften gemäß Anhang 2 der BetrSichV 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 Anlage 2). 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 § 4) und zu dokumentieren.

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

Abbildung: Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre (BGV A8 Anlage 2 W21)



Beispiel für den Aufbau eines Explosionsschutzdokuments ^{48) 57)}

Das Explosionsschutzdokument kann mit bereits vorhandenen Explosionsgefährdungsbeurteilungen, Dokumenten oder anderen gleichwertigen Berichten kombiniert werden.

1. Angabe des Betriebes/Betriebsteils/Arbeitsbereichs

z.B. Anlage, Lager, Gebäude, Arbeitsplatz

2. Verantwortlicher für den Betrieb/Betriebsteil/Arbeitsbereich, Erstellungsdatum und Anhänge

3. Kurzbeschreibung der baulichen und geografischen Gegebenheiten

z.B. Lageplan, Gebäudeplan, Aufstellungsplan, Gebäude- bzw. Anlagenlüftung

4. Verfahrensbeschreibung - für den Explosionsschutz wesentliche Verfahrensparameter

z.B. verfahrenstechnische Kurzbeschreibung, relevante Tätigkeiten (z.B. Probenahme), eingesetzte Stoffe, Einsatzmenge/Fördermenge, Verarbeitungszustand, Druck- und Temperaturbereich

5. Stoffdaten

Wesentliche sicherheitstechnische Kenngrößen zur Beurteilung der Explosionsgefahr, z.B. aus dem Sicherheitsdatenblatt oder anderen Kompendien wie z.B. CHEMSAFE ⁵⁾, sicherheitstechnische Kenngrößen Bd. 1 und Bd. 2, GESTIS-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
- K_{St} -Wert
- Mindestzündtemperatur einer Staubwolke
- Mindestzündtemperatur einer Staubschicht (bei 5 mm Staubschicht - Glimmtemperatur)
- Sauerstoffgrenzkonzentration

6. Gefährdungsbeurteilung

siehe TRBS 2152 Teil 1

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 TRBS 2152 Teil 2),
- Maßnahmen, welche eine Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden (TRBS 2152 Teil 3),
- Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (TRBS 2152 Teil 4),

7.2 Zoneneinteilung

Art, Ausdehnung und Dokumentation

7.2.1 Inneres der Apparatur

siehe Beispielsammlung nach EX-RL, Anlage 4

7.2.2 Umgebung der Apparatur

siehe Beispielsammlung nach EX-RL, Anlage 4

7.3 Organisatorische Maßnahmen

7.3.1 Unterweisung der Arbeitnehmer

BGV A1 § 4, BetrSichV § 9

7.3.2 Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben

BetrSichV, Anhang 4, Punkt 2.2

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, § 6 Abs. 4 BetrSichV 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 TRBS 2152 Teil 2 und TRBS 1112 Teil 1),
- Prüfen der Apparatur auf Dichtheit (siehe auch TRBS 2152 Teil 2),
- Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen (siehe auch TRBS 2152 Teil 2),
- Schutzmaßnahmen bei Instandsetzung (siehe auch TRBS 1201 Teil 3).

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 (TRBS 1123).

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 (TRBS 1201 Teil 3), 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 Freigabebeschein 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.

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 1, 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 1 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-STAU-EX, Datenbank "Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben" www.hvbg.de/d/bia/fac/expl/expl.htm (Beck, H. u.a.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, BIA-Report 12/97 Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit - BIA, St. Augustin).
- 14) Welzel, M. M.: Entzündung von explosionsfähigen Dampf/Luft- und Gas/Luft-Gemischen durch kontinuierliche optische Strahlung, PTB-Report W-67, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven (1996).
- 15) Bothe, H., Cammenga, H.K., Welzel, M.M.: Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Proc. 9th Inf. 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 Chemiewerkarbeit 02/1998, S. 190-194.
- 25) Dyrba, B. C.: Sind explosionsfähige Gemische bei 100 mbar möglich? Sichere Chemiewerkarbeit 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. TU 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 Chemiarbeit. 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 katholischen 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, 1., 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-Wärmeinternational 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. TU 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, 5.62-71 (1999).
- ¹⁰⁶⁾ Vogl, A.: Wie wirksam sind Entlastungsschlote? Internationales Symposium zum Staubexplosionsschutz in Antwerpen, September 1989, FSA, Mannheim.
- ¹⁰⁷⁾ Köhler: Arbeitsschutz aktuell, 1998, 2, S. 45-50.
- ¹⁰⁸⁾ Brozestek, E., Krämer, H.: Entzündung explosionsfähiger Gemische durch elektrische Funken. 5. Kolloquium über Fragen der chemischen Sicherheitstechnik (Herausgeber: H. Stehen), S. 65-82, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin 1990.
- ¹⁰⁹⁾ Krämer, H.: Mindestzündenergie schwerbrennbarer Chlorkohlenwasserstoffe. Bericht PTB-W-35, Braunschweig Februar 1988, ISBN 3-89429-225-3, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.
- ¹¹⁰⁾ Pidoll, U. V., Krämer, H.: Vermeidung der Entzündung pulverförmiger Sprühstoffe (Pulverlacke) beim elektrostatischen Pulverbeschichten. Bericht PTB-W-50, Braunschweig Juli 1992, ISBN 3-89429-225-3, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.
- ¹¹¹⁾ ESCIS Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz, Schriftenreihe Sicherheit, Inertisierung, Heft 3, 1992, 2. überarbeitete Auflage.
- ¹¹²⁾ Dietlen, S.: Ermittlung der Mindestzündenergie von Gasen und Dämpfen in Mischung mit Luft. Amts- und Mitteilungsblatt BAM 4 (1974), H. 2, S. 55-59.
- ¹¹³⁾ Dietlen, S.: Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft. BAM-Bericht Nr. 42 (Oktober 1976).
- ¹¹⁴⁾ Walther, C. D., Schacke, H.: Evaluation of Dust Explosion Characteristics at Reduced and Elevated Initial Pressures. 5th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries 1986, Vol. II, P18, European Federation of Chemical Engineering, Societe de Chimie Industrielle, Paris.
- ¹¹⁵⁾ Grewer, Th., Schacke, H.: Oxidations- und Zersetzungsreaktionen in Staubschüttungen. VDI-Berichte nr. 494, 145, VDI-Verlag Düsseldorf 1984.
- ¹¹⁶⁾ Gosda, G., Oelmeyer, R., Schacke, H., Walter, C.D.: Hot Pipelines - Ignition Sources or not? 6th International Symposium "Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries" June 19-22, 1989, Oslo, Norway, Proceedings of the 6th International Symposium "Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries", Vol. IV, 13-1 to 13-19, Norwegian Society of Chartered Engineers, European Federation of Chemical Engineering, Oslo, 1989.
- ¹¹⁷⁾ Schacke, H.: Explosionsschutz in Grenzfällen. DECHEMA Jahrestagung, Frankfurt/Main, 01.06.1990 und Technische Jahreskonferenz der BG Chemie, Nürnberg, 21 bis 23.05.1990.
- ¹¹⁸⁾ Schacke, H.; Viard, R.: Explosion Prevention and Protection, in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Plant and Process Safety, Ed. By V. Pilz, Vol. B 8, 367, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim 1995.
- ¹¹⁹⁾ Molter, E.: Hot stuffing Boxes-Ignition Source for Fire and Explosion? Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Volume I, 1995 Elsevier Science B.V.
- ¹²⁰⁾ Hempel, D., Hirsch, W., Kutzer, H.-J.: Explosionsgefährdung Binnentankschiffe - Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, PTB, Januar 2000.
- ¹²¹⁾ Dyrba, B.: Explosionsgefahr durch mobile Funkgeräte? Sichere Chemiarbeit 08/1995, S. 90.
- ¹²²⁾ Dyrba, B. C.: Einsatz von Armbanduhren, Hörgeräten, Taschenrechnern und Mobilfunkgeräten in Ex-Bereichen der Zonen 1 und 2, Sichere Chemiarbeit 10/1994, S.117.
- ¹²³⁾ VDI/VDE-Richtlinie 2180: Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik (PLT), Blatt 1 - Blatt 5, Dezember 1998.
- ¹²⁴⁾ <http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/guide/ann4.pdf>
- ¹²⁵⁾ Brandes, E., Pawel, D., Alpers, J., Scheffler, J.: Sicherheitstechnische Kenngrößen bei reduzierten Ausgangsdrücken, B. Koll. Fragen der chemischen und physikalischen Sicherheitstechnik, Berlin, 1999.

- a) Die Abschnitte E 1, E 2, E 3, E 4 und E 5 wurden in die TRBS 2152 Teil 2, TRBS 2152 Teil 3, TRBS 2152 Teil 4 und TRGS 725 und TRBS 1112 Teil 1 Überführt.
- b) 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).
- c) 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.
- d) 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.
- e) 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.
- f) 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.
- g) 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).

Gefahrstoffverordnung	Anlage 1
------------------------------	-----------------

Betriebssicherheitsverordnung (Fassung 2015)	Anlage 2
--	-----------------

Betriebssicherheitsverordnung (Fassung 2002)	Anlage 2
--	-----------------

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 Betriebsicherheitsverordnung - BetrSichV ¹⁾ vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777), zuletzt geändert durch Art. 5 des Gesetzes vom B. November 2011, BGBl. I S. 2178

¹⁾ Diese Verordnung dient der Umsetzung

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),

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),

2. 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).

Hinweis auf die Liste funktionsgeprüfter Gaswarngeräte	Anlage 3
---	-----------------

Hinweis auf das Verzeichnis der geprüften Gaswarngeräte; Stand 30.09.2018

Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen nach TRBS 2152 Teil 2, Anhang Pkt.2	Anlage 4
--	-----------------

Beispielsammlung

Vorbemerkungen zur Beispielsammlung

Der Fachbereich "Rohstoffe und chemische Industrie", Sachgebiet "Explosionsschutz" der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 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.exinfo.de, Seiten #9XU2 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 zurate ziehen, wobei die Änderungen im Textteil der EX-RL zu beachten sind.

Der Beispielsammlung sind zunächst generelle Aussagen vorangestellt. Danach folgen grundsätzliche Fallbeispiele in den Abschnitten 1 bis 3. Die Fallbeispiele können im Rahmen von Ergänzungslieferungen nach Bedarf erweitert werden.

Die in den einzelnen Beispielen aufgeführten Maßnahmen gelten für den Normalbetrieb, berücksichtigen aber auch Betriebsstörungen. Sie können als Entscheidungshilfe bei der Auswahl von Art und Umfang der Schutzmaßnahmen für das Vermeiden von Explosionsgefahren dienen.

Für das erstmalige An- und Abfahren einer Anlage und den Explosionsschutz in Räumen, die über Öffnungen mit explosionsgefährdeten Bereichen in Verbindung stehen, sind besondere Überlegungen anzustellen.

Die Entscheidung, ob und mit welcher Wahrscheinlichkeit gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A.) auftreten kann, hängt von den gegebenen Umständen ab und muss sich stets auf den vorliegenden Einzelfall beziehen (TRBS 2152 Teil 1). Deshalb ist bei Anwendung der Beispielsammlung immer zu untersuchen, ob in dem zu beurteilenden Fall das Auftreten von g.e.A. hinsichtlich der Menge und Wahrscheinlichkeit mit dem Sachverhalt übereinstimmt, der dem Beispiel der Sammlung zugrunde liegt.

Bei Abweichungen von den in der Beispielsammlung angegebenen Voraussetzungen sind Änderungen der Zone bzw. deren Ausdehnung möglich.

In der Beispielsammlung werden die Zonenausdehnungen in der Spalte 5 in Metern angegeben. Dabei wird unterstellt, dass sich die g.e.A. annähernd kugelförmig um die Austrittsstelle ausbreitet, wobei die Austrittsstelle als Mittelpunkt des Kugelradius anzusehen ist. Mögliche Abweichungen sind besonders erwähnt. Nahbereich ist die unmittelbare Umgebung der Austrittsstelle. Der Radius des 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 TRBS 2152 Teil 2 (Spalte 4) verringert oder aufgehoben werden, ist Folgendes zu beachten:

- Nach Auffassung des Fachbereichs "Rohstoffe und chemische Industrie" Sachgebiet der DGUV gelten die in der Spalte 5 der Beispielsammlung genannten Ausdehnungen der Zonen nur bei optimaler Anwendung der jeweils aufgeführten Maßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Spalte 4). Dies ist bei der erforderlichen Beurteilung des Einzelfalles zu berücksichtigen.
- Besonders deutlich wird dieser Sachverhalt bei Anwendung der Schutzmaßnahme "Technische Lüftung (Raumlüftung)" (TRBS 2152 Teil 2, Punkt 2.4.4.3).
- Wie in Abschnitt TRBS 2152 Teil 2, Punkt 2.4.4 dargestellt, ist eine optimale Auslegung der Lüftungsanlage nur möglich, wenn die zu erwartenden maximalen Mengen austretender Stoffe und die anderen Voraussetzungen bekannt sind oder verlässlich abgeschätzt werden können.

Bei den Beispielen, die sich nur auf die Umgebung der Apparaturen beziehen, bedarf das Innere der Apparatur einer gesonderten Beurteilung.

Die in den Abschnitten 2.4.2 bis 2.4.3.5 der TRBS 2152 Teil 2 angegebenen Grundvoraussetzungen des Explosionsschutzes müssen stets erfüllt sein; sie sind deshalb in den Beispielen nicht gesondert erwähnt.

In einigen Fällen wurde die Ausdehnung der explosionsgefährdeten Bereiche aus bestehenden Vorschriften in der Spalte 5 "Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3)" 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 g.e.A. zu rechnen ist.
2. Für den Fall, dass mit g. e. A. gerechnet werden muss, wird in Spalte 4 erwähnt, ob in der Anlage Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre) angewendet werden.
3. Können Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2 (Spalte 4) nicht oder nicht vollständig durchgeführt werden, sind Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 3 (Zündquellenvermeidung), 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 TRBS 2152 Teil 4 (Konstruktiver Explosionsschutz) erforderlich und in Spalte 6 vermerkt.

Alle Schutzmaßnahmen sind gleichwertig und auch kombiniert anwendbar (vgl. aber auch TRBS 2152 Punkt 3, Abs. 1, Nr. 7).

Der Arbeitsplatzgrenzwert (TRGS 900) liegt in der Regel zwei bis drei Zehnerpotenzen unter der unteren Explosionsgrenze (UEG). Wenn aus Gründen des Gesundheitsschutzes vermehrt technische Maßnahmen in Räumen durchzuführen sind, werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens sowie die Ausdehnung einer möglichen explosionsfähigen Atmosphäre zwar erheblich reduziert, ein

zumindest kurzzeitiges überschreiten der UEG kann dadurch aber nicht immer sicher ausgeschlossen werden. Dies gilt in besonderem Maße bei Stäuben, wenn sich Staubablagerungen bilden können. Auf diesen Umstand wird in der Beispielsammlung verwiesen.

Auf der Basis der DIN EN 60079-10-1 (VDE 0165-101) können auch Abschätzungsrechnungen vorgenommen werden. Für spezielle Problemkreise sind Abschätzungsgleichungen aufgezeigt.

Wann ist ein explosionsgefährdeter Bereich in Zone 0 bzw. Zone 20 einzustufen?

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 (siehe Anhang 3 Nr. 2.1 der BetrSichV).

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 (siehe Anhang 3 Nr. 2.4 der BetrSichV).

In den Definitionen zur Zone 0 bzw. Zone 20 sind die Begriffe "ständig", "über lange Zeiträume" oder "häufig" zu finden. Der Begriff "häufig" ist im Sinne von "zeitlich überwiegend" zu verwenden. Als Betrachtungseinheit ist hier die tatsächliche Betriebsdauer einer Anlage anzuwenden. Das heißt mit anderen Worten, dass explosionsgefährdete Bereiche der Zone 0 bzw. Zone 20 zuzuordnen sind, wenn während mehr als 50 % der Betriebsdauer der betrachteten Anlage oder eines Anlagenteils explosionsfähige Atmosphäre vorherrscht. Wird der betrachtete Teil einer Anlage z. B. im Ein-Schicht-Betrieb zehn Stunden täglich betrieben, wären dies mehr als 5 Stunden. Hierzu gehört in der Regel nur das Innere von Anlagen oder das Innere von Anlagenteilen (Verdampfer, Reaktionsgefäß, Staubfilter usw.), wenn denn die Bedingungen der Definition der Zone 0 bzw. Zone 20 erfüllt sind.

Welche Betriebszustände gehören hinsichtlich der Zoneneinteilung gemäß Anhang 1 Nr. 1 Ziffer 1.7 der GefStoffV zum "Normalbetrieb"?

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes in Verbindung mit § 6 (9) der Gefahrstoffverordnung und § 9 der Betriebssicherheitsverordnung sind die notwendigen Maßnahmen zum Explosionsschutz für alle Phasen der Benutzung einer Anlage zu ermitteln und festzulegen. Zu den notwendigen Maßnahmen zählt insbesondere die Festlegung der explosionsgefährdeten Bereiche für den so genannten Normalbetrieb.

Explosionsgefährdete Bereiche sind entsprechend Anhang I der GefStoffV unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung einschließlich betriebsüblicher Störungen in Zonen einzuteilen.

Bei der Zoneneinteilung nach Anhang I Nr. 1 Ziffer 1.7 der GefStoffV wird bei Zone 1, Zone 2, Zone 21 und Zone 22 der "Zustand, in dem die Anlagen oder deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden" (siehe auch TRBS 2152) als Normalbetrieb zugrunde gelegt.

Der Begriff "Normalbetrieb" ist in der GefStoffV sonst nicht näher bestimmt. Der Unternehmer bzw. Betreiber muss in seinem Explosionsschutzdokument die Betriebszustände, welche er dem "Normalbetrieb" zuordnet, festlegen.

Zum Normalbetrieb gehören in der Regel auch:

- Das Anfahren und Abfahren von Anlagen
- Die Freisetzung bei betriebsüblichen Störungen, z. B. Abriss eines Sackes von einer Sackabfülleinrichtung
- Die regelmäßig wiederkehrende Reinigung von Anlagen, die zum laufenden Betrieb erforderlich ist
- Tätigkeiten wie häufige bzw. gelegentliche Inspektion, Wartung und gegebenenfalls Überprüfung
- Die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe (z. B. aus Dichtungen, deren Wirkung auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht).

Außerhalb des Normalbetriebs gibt es besondere und seltene Vorgänge und Tätigkeiten, die bei der Zoneneinteilung nicht berücksichtigt werden müssen, die jedoch Explosionsschutzmaßnahmen erfordern. Solche Vorgänge und Tätigkeiten können z. B. sein:

- Das einmalige Durchlaufen eines explosionsfähigen Bereichs im Inneren eines Flüssiggas-Lagerbehälters während der erstmaligen Befüllung
- Die Instandsetzung nach unplanmäßiger Abschaltung mit möglichem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre
- Der Eingriff in eine technisch dichte oder auf Dauer technisch dichte Anlage mit möglichem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre
- Seltene Instandsetzungs- und Wartungsmaßnahmen mit möglichem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre

Wichtig ist, dass innerhalb des **Explosionsschutzkonzepts** einer Anlage alle Betriebsphasen betrachtet und die erforderlichen Maßnahmen auch für Betriebsphasen bzw. Tätigkeiten außerhalb des Normalbetriebs getroffen werden.

Die festgelegten Maßnahmen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Zeitdauer des Normalbetriebs sind im **Explosionsschutzdokument** festzuhalten. Im Explosionsschutzdokument finden sich auch Maßnahmen, die nicht im engen Zusammenhang einer Zone stehen müssen.

Hinsichtlich der Zoneneinteilung sind das Innere und das Äußere (die Umgebung) von Apparaten, Anlagen bzw. den Anlagenteilen getrennt zu betrachten.

Ist bei einmaligen zeitlich eng begrenzten Tätigkeiten mit Stoffen, bei denen eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann, eine Zoneneinteilung erforderlich?

Beispiel: Laminieren von Behältern in Schiffen

Im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung können die Schutzmaßnahmen tätigkeitsbezogen festgelegt werden, unabhängig vom jeweiligen Ort der ausgeführten Tätigkeit. Speziell für den Explosionsschutz kann dies z. B. effiziente Absaugung, wirksame Lüftung und/oder Zündquellenvermeidung bedeuten.

Bei zeitlich eng begrenzten Tätigkeiten, die an einem Ort nur einmalig durchgeführt werden und bei denen mit der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre gerechnet werden muss, ist die Ausweisung von explosionsgefährdeten Bereichen und deren Einteilung in Zonen nicht sinnvoll. Dennoch sind geeignete Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich und im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Zur Dokumentation gehört auch die schriftliche Arbeitsanweisung.

Wenn z. B. in einem Schiff Tanks für Brauchwasser oder Seewasser mit lösemittelhaltigem Korrosionsschutz beschichtet werden, kann ein Bereich mit Explosionsgefahren nicht ausgeschlossen werden. Eine Zoneneinteilung für die Dauer der Tätigkeiten erfolgt dabei jedoch nicht. Die bestimmungsgemäße Verwendung des Tanks ist nicht das Laminieren, sondern die Aufnahme von Brauch- bzw. Seewasser in diesem Behälter. Für das Betreiben des Behälters stellt das Laminieren keinen Normalbetrieb dar. Nach TRGS 507 "Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern" erfolgt die schriftliche Arbeitsfreigabe über den Erlaubnisschein.

1 Brennbare Gase

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1	Brennbare Gase, Dämpfe, Nebel	Handhaben brennbarer Gase			
1.1	Umgebung geschlossener gasführender Apparate, Behälter und Rohrleitungen - Allgemeines				
1.1.1	In Räumen	a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Das Auftreten von g. e. A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig in der Umgebung von Austrittsstellen möglich (z. B. an Probenahmestellen, Entwässerungseinrichtungen, Pumpen, deren technische Dichtheit auf Dauer nicht gewährleistet ist).			
		b1) Objektabsaugung	2.4.4.4 2.4.3.3	Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
		b2) Konstruktion technisch dicht, nur geringe Leckagemöglichkeiten vorhanden.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
		c) Das Auftreten von g e. A. ist gelegentlich möglich z. B. an Umfüllanschlussstellen.			

		c1) Gase schwerer als bzw. gleich schwer wie Luft.	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m	keine
		c2) Gase leichter als Luft	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 1: Nahbereich Zone 2: weitere 2 m oberhalb der Austrittsstelle	keine
		d) Wie c)			
		d1) Gase schwerer als bzw. gleich schwer wie Luft.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 3 m Zone 2: weitere 6 m	keine
		d2) Gase leichter als Luft, Deckenöffnung ins Freie vorhanden.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 3 m oberhalb der Austrittsstelle	keine
1.1.2	Im Freien	wie 1.1.1, aber: Im Freien kann in Folge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
1.2	Fallbeispiele - mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 1.1	Gasführende Anlagen			
1.2.1	Lagern, Bereithalten und Entleeren von ortsbeweglichen Druckgasbehältern mit Gasen (außer Flüssiggas, siehe 1.2.2 und 1.2.3)	Ortsbewegliche Druckgasbehälter sind z. B. Druckgasflaschen, -bündel oder Druckfässer. Bereitgehaltene ortsbewegliche Druckgasbehälter können an Entnahmeeinrichtungen angeschlossen sein, jedoch ist das Absperrventil der Druckgasbehälter verschlossen, sofern keine automatische Umschaltung vorhanden ist. Druckgasflaschen sind gegen Umfallen oder Herabfallen gesichert und stehend gelagert. <i>Hinweis 1:</i> <i>Die Absperrventile müssen beim Lagern fest verschlossen und mit den vorgesehenen Schutzeinrichtungen versehen sein (z. B. Ventilschutzkappen, Verschlussmutter).</i> <i>Hinweis 2:</i> <i>Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen sind stets mit einer technischen Lüftung zu betreiben.</i>			
1.2.1.1	In Räumen	Im Sicherheitsschrank (siehe 1.2.1.2).			
1.2.1.1.1	Lagern	Lagerraum mit natürlicher Be- und Entlüftung; wobei die Lüftungsquerschnitte mindestens je 1/100 der Bodenfläche betragen, oder mit technischer Lüftung mit Luftwechsel größer oder gleich 2. Eine diagonale Anordnung der Lüftung wird empfohlen.			

		<p>Druckgasbehälter bzw. deren Absperrventile werden im Füllwerk auf Dichtheit geprüft und sachgemäß transportiert. Sichtbare Mängel sind nicht erkennbar und Druckgasbehälter sind noch nicht zum Entleeren angeschlossen.</p> <p><i>Hinweis 1: Das Lagern von ortsbeweglichen Druckgasbehältern erfolgt nach den Anforderungen der TRGS 510.</i></p> <p><i>Hinweis 2: Im Lagerraum darf sich keine Gasversorgungsanlage befinden.</i></p> <p><i>Hinweis 3: Die geforderte Lüftung dient der Vermeidung von g. e. A. durch Akkumulation aufgrund nicht entdeckter Kleinstleckagen.</i></p>			
		<p>a) Druckgasflaschen (keine Bündel) in ausschließlich ungeöffnetem Zustand.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.3.5</p> <p>2.4.4.2</p>	keine Zone	keine
		<p>b) Druckgasflaschen (teilentleerte oder leere, keine Bündel) mit geschlossenem Absperrventil. Dichtheit des Absperrventils ist durch Prüfung, z. B. mit schaubildenden Mitteln nachgewiesen. Die Dichtheitsprüfung des geschlossenen Absperrventils wird umgehend nach jedem Trennen von der Gasversorgungsanlage vor der Einlagerung durchgeführt. Keine nachträgliche Manipulation am Entnahmeventil.</p> <p><i>Hinweis 1: 1 m Lagerraum darf sich keine Gasversorgungsanlage befinden.</i></p> <p><i>Hinweis 2: Die geforderte Lüftung dient der Vermeidung von g. e. A. durch Akkumulation aufgrund nicht entdeckter Kleinstleckagen.</i></p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.3.5</p> <p>2.4.4.2</p>	keine Zone	keine
1.2.1.1.2	Bereithalten, Entleeren	<p>Zum Zeitpunkt eines Wechsels der ortsbeweglichen Druckgasbehälter ist betriebsbedingt von einem kurzzeitigen Gasaustritt an der/n Anschlussstelle/n auszugehen, ansonsten ist die komplette gasführende Anlage technisch dicht ausgeführt. Dichtheitsprüfungen werden sowohl beim Anschließen als auch beim Trennen von Druckgasbehältern durchgeführt. Ein Gasaustritt aufgrund von Kleinstleckagen oder sich verändernder Dichtungen kann nur ausgeschlossen werden, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> • O-Ringe bei Handanschlüssen mit Ringnuten oder • Kunststoff Flachdichtungen bei Anschlüssen mit 6-kant Überwurfmuttern mit speziellen Anforderungen, z. B. PCTFE oder PVDF • bei Flachdichtungen Dichtflächen am Flaschenventil und an der Anschlussstülle mit Ringnuten 			

<p>verwendet werden. Des Weiteren müssen die 6-kant Überwurfmutter fest angezogen sein. Bei Kunststoff Flachdichtungen sind die Anschlüsse nach 12 bis 24 Stunden nochmals nachzuziehen und auf Dichtheit zu prüfen.</p> <p>Die Ableitung der Überdrucksicherung der Druckregler oder Druckregelstationen erfolgt gefahrlos ins Freie.</p>			
<p>a) Beim Druckgasbehälterwechsel ist nicht mit g. e. A. zu rechnen, weil die austretende Gasmenge auf das eingeschlossene Volumen zwischen Absperrventil des Druckgasbehälters und Druckregler-Eingangsbereichs begrenzt und dessen Druck auf Umgebungsdruck sicher reduziert wird. Das resultierende Volumen an Brenngas/ Luft-Gemisch ist nicht gefahrdrohend. Rückströmen des Gases ist technisch verhindert, z. B. durch schließende Druckregler, Absperr- oder Gasrücktrittventil. Angeschlossene Druckgasflaschen werden mit geschlossenem Flaschenventil bereitgehalten. Das schleichende unerkannte Auftreten von Undichtigkeiten ist gemäß Punkt 1.2.1.1.2 verhindert oder wird durch regelmäßige Dichtheitsprüfung, z. B. mit schaubildenden Mitteln, vor dem jeweiligen Einsatz mit kurzfristiger Nutzung (max. 1 Tag), rechtzeitig erkannt und behoben.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.4.2</p> <p>2.4.3.5</p>	<p>keine Zone: jedoch sind Zündquellen beim Wechsel der Druckgasbehälter im Nahbereich um die Anschlussstelle zu vermeiden</p>	<p>keine</p>
<p>b) Wie a), jedoch kann beim Flaschenwechsel in seltenen Fällen kurzzeitig g. e. A. auftreten.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.4.2</p> <p>2.4.3.5</p>	<p>Zone 2: im Nahbereich, Zündquellen sind beim Wechsel der Druckgasbehälter 1 m um die Anschlussstelle zu vermeiden</p>	<p>keine</p>
<p>c) Wie a), jedoch wird eine Undichtigkeit einer Dichtung nicht rechtzeitig erkannt.</p>			
<p>c1) Raum mit technischer Lüftung, Gase leichter als Luft, Ansammlung im Deckenbereich sicher verhindert.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.4.3</p>	<p>Zone 1: 0,5 m um die Anschlussstelle</p> <p>Zone 2: weitere 2 m oberhalb der Anschlussstelle</p>	<p>keine</p>
<p>c2) Raum mit technischer Lüftung, Gase schwerer als Luft.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.4.3</p>	<p>Zone 1: 1 m um die Anschlussstelle</p> <p>Zone 2: weitere 3 m um die Anschlussstelle</p>	<p>keine</p>
<p>c3) Wie c1), jedoch Raum nur mit natürlicher Lüftung, Deckenöffnung ins Freie vorhanden.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.4.2</p>	<p>Zone 1: 1 m um die Anschlussstelle</p> <p>Zone 2: weitere 3 m um die Anschlussstelle</p>	<p>keine</p>
<p>c4) Wie c2), jedoch Raum nur mit natürlicher Lüftung.</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.4.2</p>	<p>Zone 1: 3 m um die Anschlussstelle</p> <p>Zone 2: weitere 2 m um die Anschlussstelle</p>	<p>keine</p>

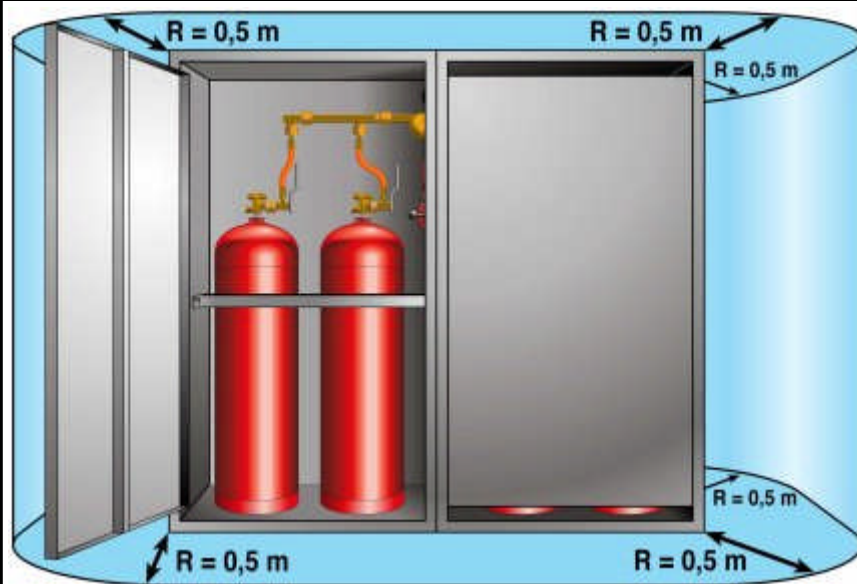
		d) Wie b), jedoch kann eine Undichtigkeit einer Dichtung trotz Dichtheitsprüfung beim Druckgasflaschenwechsel auf Dauer nicht vollständig ausgeschlossen werden.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone analog der Beispiele 1.2.1.1.2 c)	keine
		e) Betriebsbedingte Austrittsstelle vorhanden, z. B. Rückströmen aus Rohrleitungen nicht sicher verhindert.			
		<i>Hinweis: Das betriebsbedingte Freisetzen größerer Mengen innerhalb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheitsschutzes nicht zulässig: Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.</i>			
1.2.1.2	Lagern, Bereithalten, Entleeren in Sicherheitsschränke	<p>Der Sicherheitsschrank ist für ein geometrisches Gesamtfaschenvolumen von max. 220 Litern ausgelegt, wobei im Sicherheitsschrank befindliche Druckgasflaschen auch zur Entleerung angeschlossen sein können. Ein der Norm DIN EN 14470 Teil 2 entsprechender Sicherheitsschrank mit einer Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten wird mit einem mindestens 10fachen Luftwechsel betrieben.</p> <p>Sicherheitsschränke gemäß DIN EN 14470 Teil 2 müssen mit einer Zu- und Abluftführung angeschlossen sein. Die Abluft muss aus dem Sicherheitsschrank direkt über eine technische Lüftung aus dem Raum geführt werden.</p> <p>Die Ableitung der Überdrucksicherung der Druckregler oder Druckregelstationen erfolgt nicht in den gleichen Raum, sondern gefahrlos ins Freie oder an einen anderen geeigneten sicheren Ort.</p> <p><i>Hinweis: Bei einem Wechsel angeschlossener Druckgasflaschen entweicht zumindest eine geringe Menge brennbares Gas. Zudem ist bei geöffneten Türen des Sicherheitsschranks dessen Lüftung nicht ausreichend wirksam.</i></p>			
		a) Lagern und Bereithalten von Druckgasflasche(n) in ungeöffnetem Zustand direkt vom Hersteller oder Dreckgasflaschen, die nach Benutzung auf technische Dichtheit (z. B. mit schaubildenden Mitteln) geprüft wurden (Bereithaltung mit fest verschlossenen Flaschenabsperrenten und Druckgasflaschen sind mit den vorgesehenen Schutzeinrichtungen versehen).	2.4.3.3 2.4.4.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
		b) Sicherheitsschrank entsprechend DIN EN 14470 Teil 2 betrieben mit mindestens 120fachem Luftwechsel, Aufstellung im Raum mit technischer Lüftung. Keine g. e. A. bei Druckgasflaschenwechsel. Durch spezielle Dichtungen und spezielle Anforderungen (siehe 1.2.1.1.2) wird ein Gasaustritt an den Verbindungsstellen vermieden.	2.4.3.5 2.4.4.3	keine Zone: im Schrank, aber bei geöffnetem Schrank sind Zündquellen beim Flaschenwechsel im Nahbereich um die Anschlussstelle zu vermeiden	keine
		c) Wie b), jedoch kann z. B. ein Membranriss des Druckreglers nicht sicher ausgeschlossen werden oder g. e. A. ist beim Flaschenwechsel nicht ausgeschlossen oder keine speziellen Dichtungen und speziellen Anforderungen (siehe 1.2.1.1.2) vorhanden.	2.4.3.5 2.4.4.3	Zone 2: im Schrank, aber bei geöffnetem Schrank sind Zündquellen beim Flaschenwechsel im Nahbereich um die Anschlussstelle zu vermeiden	keine
		d) Wie b), jedoch keine speziellen Dichtung und speziellen Anforderungen, (siehe 1.2.1.1.2) und Sicherheitsschrank mit nur 10fachem Luftwechsel.	2.4.3.5 2.4.4.3	Zone 2: im Schrank, aber bei geöffnetem Schrank sind Zündquellen beim Flaschenwechsel	keine

				im Nahbereich um die Anschlussstelle zu vermeiden	
		e) Wie b), jedoch Aufstellung im Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.3.5 2.4.4.2	Zone 2: im Schrank, aber bei geöffnetem Schrank sind Zündquellen beim Flaschenwechsel bis 1 m um die Schranköffnung zu vermeiden	keine
1.2.1.3	Im Freien	Wie 1.2.1.1.1 und 1.2.1.1.2, <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.		Wird im Nahbereich um die Anschlussstellen keine Zone festgelegt, so sind dennoch beim Wechsel der Druckgasbehälter Zündquellen im Nahbereich zu vermeiden	
1.2.1.4	Entnahmestellen	Entnahmestellen sind aufgebaut mit: Absperrventil, Entnahmestellendruckregler (optional) und Sicherheitseinrichtung mit Mehrfachfunktion nach DIN EN 730-1. An der Entnahmestelle erfolgt keine bestimmungsgemäße Gasfreisetzung. Die eigentliche Schlauchanschlussstelle ist hinsichtlich Zoneneinteilung separat zu betrachten (siehe 1.2.1.5).			
		a) Entnahmestellen sind auf Dauer technisch dicht ausgeführt.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Entnahmestellen sind technisch dicht ausgeführt, durch regelmäßige Kontrollen werden bereits geringe Leckagen frühzeitig erkannt und behoben, so dass keine g. e. A. auftritt.	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
		c) Entnahmestellen sind technisch dicht ausgeführt, durch regelmäßige Kontrollen werden Leckagen frühzeitig erkannt und behoben, so dass g. e. A. nur selten und kurzzeitig auftritt.	2.4.3.3 2.4.3.5	Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
1.2.1.5	Schläuche und Schlauchanschlussstellen	a) Ein An- und Abschließen von Schläuchen nach DIN EN ISO 3821 erfolgt bei geschlossenem Absperrventil und im drucklosen Zustand des Gummischlauches. Bildung einer g. e. A. ist nicht zu erwarten.	2.4.4.2	keine Zone, jedoch sind Zündquellen im Nahbereich um die Anschlussteile zu vermeiden	keine
		b) Ein An- und Abschließen von Schläuchen nach DIN EN ISO 3821 erfolgt bei geschlossenem Absperrventil und bei Verwendung von Schlauchkupplungen mit selbstständigen Gassperren nach DIN EN 561. Bildung einer g. e. A. ist nicht zu erwarten.	2.4.4.2	keine Zone, jedoch sind Zündquellen im Nahbereich um die Anschlussteile zu vermeiden	keine
1.2.2	Entleeren von Flüssiggas-Flaschenanlagen sowie Bereithalten und Lagern von Flüssiggasflaschen	Zum Zeitpunkt eines Wechsels der Flüssiggasflasche(n) ist betriebsbedingt von einem kurzzeitigen Gasaustritt auszugehen. Wird nach jedem Flaschenwechsel die Dichtheit von Verbindungsstellen durch Prüfung nachgewiesen, ist g. e. A. nicht zu erwarten. Die Dichtheitsprüfung ist unter Betriebsdruck mit z. B. schaubildenden Mitteln durchzuführen.			
1.2.2.1	Entleeren in Räumen	Entnahme aus der Gasphase			
		a) Einzelne Flasche mit direkt an das Flaschenabsperrventil angeschlossenem Druckregelgerät.	2.4.3.4 2.4.3.5 2.4.4.2	keine Zone Jedoch sind betriebsmäßige Zündquellen im Nahbereich des Flaschenabsperrventils bzw. des Druckregelgerätes während des Flaschenwechsels zu vermeiden.	keine

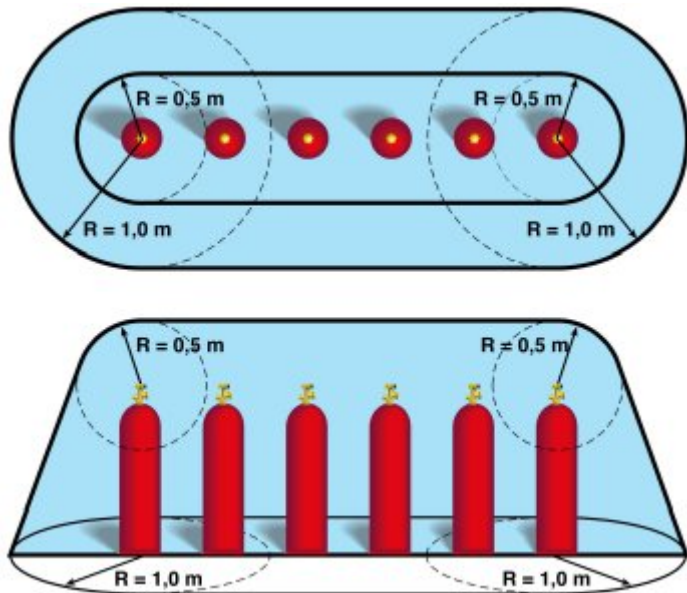


<p>Beim Flaschenwechsel ist mit g. e. A. nicht zu rechnen, wenn die austretende Gasmenge auf das eingeschlossene Volumen zwischen Flaschenventil-Ausgangsbereich und Druckregelgerät-Eingangsbereich begrenzt ist.</p> <p>Bei dieser Betrachtung wird vorausgesetzt, dass vor und für den Zeitraum des Flaschenwechsels entweder</p> <p>1. zuerst das Flaschenventil geschlossen wird; das im Leitungssystem befindliche Gas wird verbrannt und anschließend wird die zugehörige Absperreinrichtung der Verbrauchseinrichtung geschlossen oder</p> <p>2. zuerst die Verbrauchseinrichtung über die zugehörige Absperreinrichtung geschlossen wird; dabei geht das Druckregelgerät in den Schließdruck. Anschließend wird das Flaschenventil geschlossen. Die beim Flaschenwechsel zu befrachtende Gasmenge berechnet sich hierbei aus dem Volumen, das zwischen dem geschlossenen Flaschenabsperrventil und dem in der Anlage eingebauten Druckregelgerät* vorhanden ist. Wenn das austretende Gasvolumen zwischen dem geschlossenen Flaschenabsperrventil und dem Druckregelgerät* bei Umgebungsdruck $< 0,2$ l beträgt, ist nicht mit einer g. e. A. zu rechnen.</p> <p>* Druckregelgerät einschließlich vorhandener Sicherheitseinrichtungen wie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überdruck-Sicherheitsabsperreinrichtung (OPSO, früher: SAV) und Überdruck-Abblaseventil mit begrenztem Durchfluss (PRV, früher: Leckgassicherheitsabblaseventil) oder • Überdrucksicherungseinrichtung (siehe auch § 11 Abs. 4 BGV D34). <p>3. Wenn bei Mitteldruckanlagen der Schließdruck nicht erreicht wird, kann beim Flaschenwechsel Gas aus dem Leitungssystem und dem Druckregelgerät-Ausgangsbereich in gefährdender Menge entweichen. Um dies auszuschließen, ist vor dem Flaschenwechsel das Flaschenventil der Flüssiggasflasche zu schließen und das im System befindliche Gas zu verbrauchen (z. B. verbrennen).</p>			
<p>b) Wie a), jedoch nicht alle Punkte erfüllt.</p>	2.4.3.3	Zonenfestlegung in Abhängigkeit von Häufigkeit und Freisetzungsrate, jedoch mindestens Zone 2 im Nahbereich	
<p>1.2.2.2 Lagern und Bereithalten von Flaschen in Räumen</p> <p>Hinweis: Flaschen sind gegen Umfallen oder Herabfallen zu sichern und stehend zu lagern. Die Flaschenabsperrventile müssen fest verschlossen und mit den vorgesehenen Schutzeinrichtungen versehen sein (z. B. Ventilschutzkappen, gegebenenfalls Verschlussmutter). Flaschen sind grundsätzlich nicht in Räumen unter Erdgleiche zu lagern. Weitere Anforderungen siehe Ziffer 10.3 der TRGS 510. Flaschen dürfen höchstens in der gleichen Anzahl an den Stellen bereitgehalten werden, an denen Flaschen zum Entleeren angeschlossen sind.</p>			
<p>a) Flasche(n) in ausschließlich ungeöffneten Zustand.</p>	2.4.3.3	keine Zone	keine

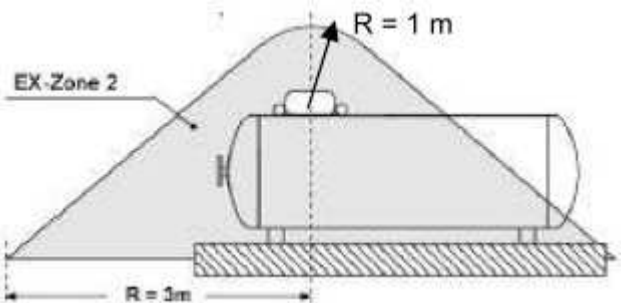
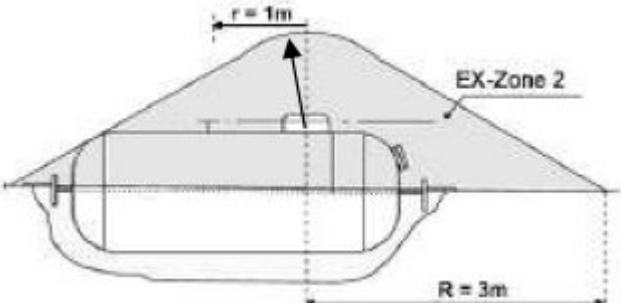
			2.4.3.5		
		Hinweis: Bei dieser Betrachtung wird zu Grunde gelegt, dass die Flaschen bzw. die Flaschenabsperrentile im Füllwerk auf Dichtheit geprüft, sachgemäß transportiert werden, keine sichtbaren Mängel aufweisen und noch nicht zum Entleeren angeschlossen wurden.			
		b) Flasche(n) (teil entleerte, leere ungereinigte) mit geschlossenem Flaschenabsperrentil. Dichtheit durch Prüfung nachgewiesen. Die Dichtheitsprüfung des geschlossenen Flaschenabsperrentils ist umgehend nach jedem Trennen von einer Flüssiggasanlage durchzuführen.	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
		Hinweis: Entleerte ungereinigte Flaschen enthalten Restgas. Bei nicht komplett geschlossenem Flaschenventil kann z. B. durch Nachverdampfung, Gas austreten.			
1.2.2.3	Entleeren im Freien	Entnahme aus der Gasphase			
		a) Wie 1.2.2.1 a)	2.4.3.4 2.4.3.5	keine Zone Jedoch sind betriebsmäßige Zündquellen im Nahbereich des Flaschenabsperrentils bzw. des Druckregelgerätes während des Flaschenwechsels zu vermeiden.	keine
		b) Wie a), jedoch nicht alle Punkte erfüllt.	2.4.3.3	Zonenfestlegung in Abhängigkeit von Häufigkeit und Freisetzungsrate, jedoch mindestens Zone 2 im Nahbereich	keine
		c) Mehrflaschenanlage mit 2 bis 6 Flaschen im Flaschenschrank.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: Im Innern des Flaschenschanks und Zone 2 in der Umgebung R = 0,5 m um den Flaschenschrank bis Oberkante Flaschenschrank	keine



		<p>Hinweis: Flaschenschränke besitzen je eine Lüftungsöffnung im Boden- und Deckenbereich von 1/100 der Grundfläche, mindestens jedoch 100 cm².</p> <p>Eine Mehrflaschenanlage ist eine Anlage, bei der die Gasentnahme aus mehr als einer Flasche gleichzeitig erfolgen kann.</p>			
		d) Mehrflaschenanlage mit 2 bis 6 Flaschen ohne Flaschenschrank.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: 0,5 m um jede Anschlussstelle und kegelförmig bis zum Boden, am Boden R = 1 m	keine



		<p>Hinweis: Eine Mehrflaschenanlage ist eine Anlage, bei der die Gasentnahme aus mehr als einer Flasche gleichzeitig erfolgen kann. Zone für Mehrflaschenanlage mit 2 bis 6 Flaschen siehe obige Abbildungen.</p>			
1.2.2.4	Lagern und Bereithalten von Flaschen im Freien	a), b) Wie 1.2.2.2 a), b)	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
1.2.3	Flüssiggaslagerbehälter mit einem Fassungsvermögen < 3 t (ausgenommen Füllanlagen)	<p>Zum Zeitpunkt des Befüllvorganges der Flüssiggas-Lagerbehälter ist anlagenbedingt von einem kurzzeitigen Gasaustritt auszugehen, der sowohl</p> <ul style="list-style-type: none"> • beim Betätigen des Peilventils während des Befüllens (Austritt Gasphase) als auch • beim Entspannen des Vollschauchsystems (konkret. Entspannen der Füllpistole) nach dem Willen (Austritt Flüssigphase) <p>auftritt.</p> <p>Mit g.e.A. ist grundsätzlich nur durch das nach dem Befüllvorgang durchgeführte Entspannen des Vollschauchsystems (Füllpistole) zu rechnen. Der Befüllvorgang des Lagerbehälters ist selten. Wegen der Gleichzeitigkeit von g.e.A. und potenziellen Zündquellen (z. B. durch</p>			

		<p>Elektrostatik) sind alle vom Befüllvorgang unmittelbar betroffenen Betriebsmittel und Installationen im Normalbetrieb und bei vorhersehbaren Betriebsstörungen zündquellenfrei.</p> <p><i>Hinweis:</i></p> <p>Da das Sicherheitsventil auf einen Auslösedruck eingestellt ist, der nur im Brandfall mit Erhitzen des Lagerbehälters auftreten kann, hat es keine Auswirkung auf die Zoneneinteilung. (Anmerkung: das Sicherheitsventil wird regelmäßig auf Dichtheit und Auslösedruck geprüft).</p> <p>Zusätzlich sind die Anforderungen der Technischen Regeln für Flüssiggas (TRF 2012) des Deutschen Verbandes Flüssiggas (DVFG) an die Aufstellung von Flüssiggas-Lagerbehältern in Verbindung mit den Anforderungen des VFG-Prüfhandbuches "Flüssiggas-Anlagen" zu beachten.</p>			
1.2.3.1	Im Freien	Entnahme aus der Gasphase; Flüssiggas-Lagerbehälter wird wenige Male pro Jahr befällt			
1.2.3.1.1	Oberirdischer und halboberirdischer Flüssiggas-Lagerbehälter	<p>Die am Lagerbehälter zum Befüllvorgang betätigten Armaturen (in der Regel Füllventil und Gasentnahmearmatur mit u. a. Peilventil) werden nach jedem Befüllen auf Dichtheit geprüft. Die Dichtheit kann mit z.B. schaubildenden Mitteln geprüft werden.</p> <p>Zonen siehe nachfolgende Abbildungen</p>			
		<p>Oberirdischer Lagerbehälter:</p>  <p>Halboberirdischem Lagerbehälter:</p>  <p><i>Hinweise</i></p> <p>Durch geeignete Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass die Anforderungen für die Zone 2 während der Dauer des Befüllvorganges</p>	<p>2.4.3.3</p> <p>2.4.3.5</p> <p>2.4.4.2</p>	<p>Zone 2:</p> <p>1 m um das Füllventil und kegelförmig bis zum Boden, am Boden R = 3 m</p>	keine

		<p>eingehalten sind. Geeignete Maßnahme kann die Kontrolle des Zonenbereiches auf Abwesenheit wirksamer Zündquellen sein.</p> <p>a. Wird die g.e.A. nur während des Befüllvorganges erzeugt und können Freisetzungen zu anderen Zeiten (etwa durch Dichtheitsprüfungen) ausgeschlossen werden, so können potenziell wirksame Zündquellen in der ausgewiesenen Zone nach Einzelprüfung (Gefährdungsbeurteilung) zulässig sein (z. B. Rasen mähen). Bei wiederkehrenden gleichartigen Tätigkeiten mit Auftreten potenziell wirksamer Zündquellen innerhalb des Zonenbereiches (z. B. Rasen mähen) ist die Gefährdungsbeurteilung in der Regel nur vor der erstmaligen Ausführung der Tätigkeit erforderlich.</p> <p>b. Erstreckt sich die Zone 2 auf Nachbargrundstücke, so ist während des Befüllvorganges der explosionsgefährdete Bereich entweder durch</p> <p>c. bauliche Maßnahmen, z.B. Einschränkung der Freisetzungsausbreitung an maximal zwei Seiten durch etwa öffnungslose, mindestens einseitig verputzte Wände oder</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ andere, schwadenhemmende Abtrennungen zu begrenzen oder ◦ entsprechende vertragliche Nutzungsvereinbarungen mit den Nachbarn zu treffen. <p>d. Erstreckt sich die Zone 2 auf öffentliche Verkehrsflächen, so ist während des Befüllvorganges der explosionsgefährdete Bereich entweder durch</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ bauliche Maßnahmen, z. B. Einschränkung der Freisetzungsausbreitung an maximal zwei Seiten durch etwa öffnungslose, mindestens einseitig verputzte Wände oder ◦ andere schwadenhemmende Abtrennungen zu begrenzen. 			
1.2.3.1.2	Unterirdischer Flüssiggas-Lagerbehälter	<p>Die am Lagerbehälter zum Befüllvorgang betätigten Armaturen (in der Regel Füllventil und Gasentnahmemarmatur mit u. a. Peilventil) werden nach jedem Befüllen auf Dichtheit geprüft. Die Dichtheit kann mit z. B. schaubildenden Mitteln geprüft werden.</p> <p>Zonen siehe nachfolgende Abbildung:</p>			
			2.4.3.3	Zone 1: Ganzer Domschacht	keine
			2.4.3.5	Zone 2: Zylinder oberhalb Domschacht mit einer Höhe vom Domschacht H = 1 m und Durchmesser des Domschachts und kegelförmig bis zum Boden, am Boden R = 3 m + D/2 um Domschacht	
			2.4.4.2		
		Hinweise:			

		<p>a. Durch geeignete Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass die Anforderungen für die Zone 2 während der Dauer des Befüllvorganges eingehalten sind. Geeignete Maßnahme kann die Kontrolle des Zonenbereiches auf Abwesenheit wirksamer Zündquellen sein.</p> <p>b. Wird die g.e.A. nur während des Befüllvorganges erzeugt und können Freisetzungen zu anderen Zeiten (etwa durch Dichtheitsprüfungen) ausgeschlossen werden, so können potenziell wirksame Zündquellen in der ausgewiesenen Zone nach Einzelprüfung (Gefährdungsbeurteilung) zulässig sein (z. B. Rasen mähen). Bei wiederkehrenden gleichartigen Tätigkeiten mit Auftreten potenziell wirksamer Zündquellen innerhalb des Zonenbereiches (z. B. Rasen mähen) ist die Gefährdungsbeurteilung in der Regel nur vor der erstmaligen Ausführung der Tätigkeit erforderlich.</p> <p>c. Erstreckt sich die Zone 2 auf Nachbar-grundstücke, so ist während des Befüllvorganges der explosionsgefährdete Bereich entweder durch</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ bauliche Maßnahmen, z. B. Einschränkung der Freisetzungsausbreitung an maximal zwei Seiten durch etwa öffnungslose, mindestens einseitig verputzte Wände oder ◦ andere, schwadenhemmende Abtrennungen zu begrenzen oder ◦ entsprechende vertragliche Nutzungsvereinbarungen mit den Nachbarn zu treffen. <p>d. Erstreckt sich die Zone 2 auf öffentliche Verkehrsflächen, so ist während des Befüllvorganges der explosionsgefährdete Bereich entweder durch</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ bauliche Maßnahmen, z.B. Einschränkung der Freisetzungsausbreitung an maximal zwei Seiten durch etwa öffnungslose, mindestens einseitig verputzte Wände oder ◦ andere schwadenhemmende Abtrennungen zu begrenzen. 			
1.2.4	Großtechnische Lagerung und Abfüllung von unter Druck verflüssigten und gelösten Kohlenwasserstoffgasen	<p>Verdichtete oder unter Druck verflüssigte Kohlenwasserstoffgase, z. B. Propan, Butan, Ethen (Ethylen).</p> <p><i>Hinweis:</i> siehe auch TRBS 314 x</p> <p><i>Keine Hochdruckanlagen; max. Druckstufe PN 25.</i></p>			
1.2.4.1	Anlagen und Anlageteile zum Lagern und zum Abfüllen von verdichteten, verflüssigten und unter Druck gelösten Kohlenwasserstoffgasen im Freien	<p>Großtechnische Lagerung von Gasen (z. B. in freistehenden Großtanks, "Gaskugeln", erdbedeckten Behältern). Großtechnische Abfüllung in z. B. Kesselwagen, Tankschiffe, Tankwagen.</p> <p><i>Achtung: Wechselwirkung zwischen Anlage und Transportmittel ist zu beachten.</i></p>			
1.2.4.1.1	Freistehende Lagerbehälter	<i>Hinweis:</i>			

<i>Sicherheitsventile, die nur zur Absicherung der Lageranlage im Brandfall vorgesehen sind, haben keine Auswirkung auf die Einteilung der Ex-Zonen. Eine sicherheitstechnische Betrachtung ist durchzuführen.</i>			
a) auf Dauer technische dichte Anlagen und Anlagenteile.	2.4.3.2	keine Zone	keine
b) technisch dichte Anlagen und Anlagenteile.			
<i>Hinweis: Die Güte der Dichtungen entspricht deren Rohrklassen und Druckstufen.</i>			
b1) Gase leichter als Luft.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: kugelförmig mit Radius 1 m um die Austrittsstelle mit nach oben tangential an die Kugel anschließendem Kegelstumpf mit oben liegender Basisfläche, deren Radius 3 m und deren Abstand h zur Austrittsstelle 3 m beträgt (siehe Bild 1).	keine
b2) Gase schwerer als Luft.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: kugelförmig mit $R = 1$ m um die Austrittsstelle mit nach unten tangential an die Kugel anschließendem Kegelstumpf mit untenliegender Basisfläche, deren Radius 3 m und deren Abstand h zur Austrittsstelle 3 m beträgt (siehe Bild 2).	keine
b3) Gase gleichschwer wie Luft.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: kugelförmig mit Radius 2 m um die Austrittsstelle	keine

Bild 1: Gase leichter als Luft

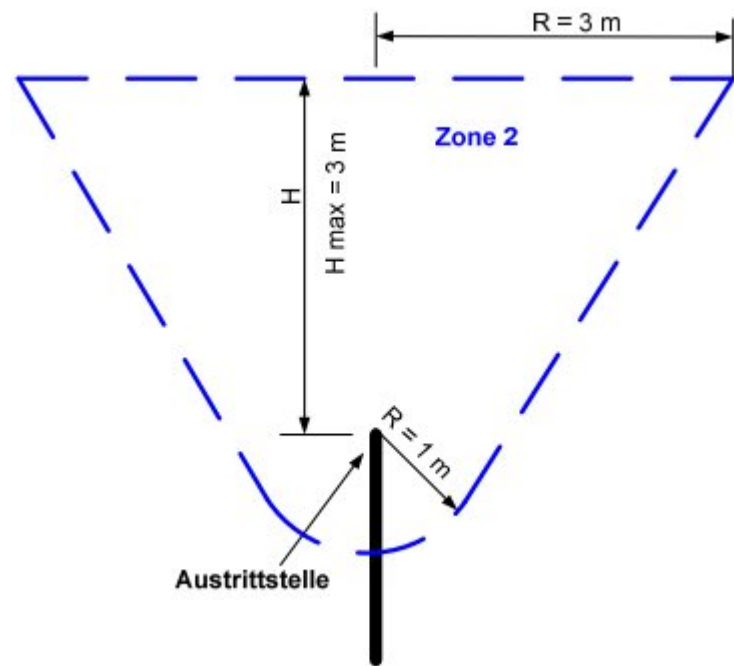
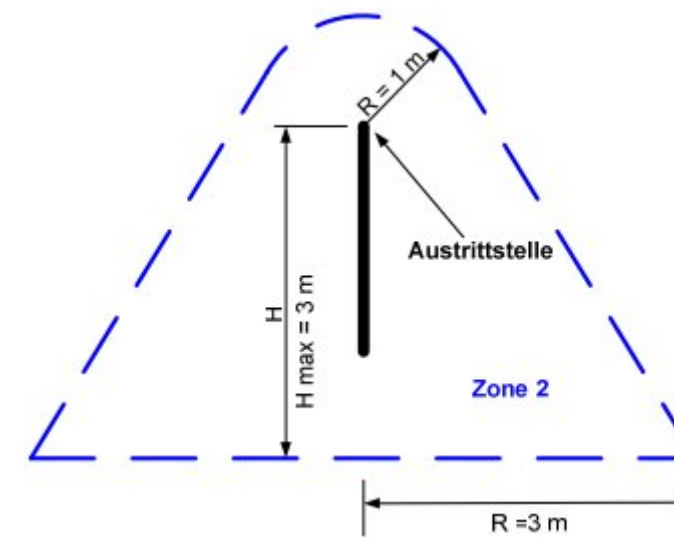


Bild 2: Gase schwerer als Luft



1.2.4.1.2	Erdgedeckte Lagerbehälter	Abgedeckter Domschacht mit Armaturen und MSR-Einrichtungen, jedoch keine Sicherheitsventilabblaseöffnung.			
		a) auf Dauer technisch dichte Anlagen.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) technisch dichte Anlagen und Anlagenteile Bildung von g.e.A. durch den Austritt von geringen Gasmengen durch technisch dichte Ausrüstung möglich. Diese geringen Mengen verbleiben im Domschacht. <i>Hinweis:</i> <i>Die Güte der Dichtungen entspricht deren Rohrklassen und Druckstufen.</i>			
		b1) abgedeckter Domschacht mit Gaswarneinrichtung zur Erkennung von g.e.A. und geeignete Maßnahmen zur Beseitigung von g.e.A.	2.4.3.3 2.5.2 und z. B. 2.4.4	Zone 2: ganzer Domschacht	keine
		b2) abgedeckter Domschacht mit geeigneten organisatorischen Maßnahmen zur Erkennung von g.e.A. und geeigneten Maßnahmen zur Beseitigung von g.e.A. <i>Hinweis:</i> <i>Die kurzfristige Beseitigung von g.e.A. ist in der Regel nicht möglich.</i>	2.4.3.3	Zone 1: ganzer Domschacht	keine
b3) abgedeckter Domschacht.	2.4.3.3	Zone 0: ganzer Domschacht Außerhalb Domschacht keine Zone	keine		

1.2.4.1.3	Großtechnische Füllanlagen im Freien Zugehörige Ausrüstungen, wie z. B. Pumpen, Rohrleitungen, TSV, Probennahme, siehe entsprechende Abschnitte	Bei den folgenden Beispielen wird die Zoneneinteilung der fest installierten Anlagenteile unter Berücksichtigung des Transportmittels LKW und TKW betrachtet. Das Wirksamwerden des Transportmittels als Zündquelle muss durch organisatorische Maßnahmen ausgeschlossen werden.			
1.2.4.1.3.1	Anschlussstellen (Kupplung zwischen Verladeeinrichtung und Transportmittel mit Doppelblockarmaturen)	a) Vollschlauchsystem mit Gaspendelung und Entspannung und Spülung des Kupplungsstückes mit Inertgas vor dem Abkuppeln. Beim Abkuppeln der beweglichen Anschlussleitungen entsteht keine g.e.A..	2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Vollschlauchsystem mit Gaspendelung und Entspannung in ein geschlossenes System. Beim Abkuppeln der beweglichen Anschlussleitungen wird ein Restvolumen entspanntes Gas im Kupplungsstück freigesetzt.	2.4.4.2	Zone 1: Nahbereich um das Kupplungsstück (in Verladeposition)	keine
1.2.4.1.3.2	Waagengruben für Kesselwagen- und Straßenfahrzeugverladung (Gase schwerer als Luft)	Akkumulation von g.e.A. in der Waagengrube durch Quellen außerhalb, z. B. Füll- und Lageranlage, möglich.			
		a) keine Akkumulation, g.e.A., Akkumulation wird automatisch erkannt und wirksam beseitigt. Gaswarnanlage hochverfügbar und technische Lüftung hochverfügbar.	2.5.3 2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) G.e.A wird automatisch erkannt und wirksam beseitigt.	2.5.3 2.4.4.3	Zone 2: ganze Waagengrube	keine
		c) G.e.A. wird automatisch erkannt und alarmiert; wirksame Maßnahmen zur Beseitigung von g.e.A. werden kurzfristig eingeleitet.	2.5.2	Zone 2: ganze Waagengrube	keine
		d) eine ausreichende technische Belüftung der Waagengrube erfolgt nur während des Verladevorganges. Diskontinuierlicher Betrieb der Waage.	2.4.4.3	Zone 1: ganze Waagengrube	keine
1.2.4.2	Pumpen für Gase in flüssigem Zustand	<i>Hinweis:</i> <i>Nicht unmittelbar zum Pumpenkörper gehörende Anlagenteile sind separat zu bewerten, z. B. Rohrleitungen und Armaturen. Siehe entsprechende Abschnitte.</i>			
1.2.4.2.1	In Räumen	a) Auf Dauer technisch dichte Pumpen (z. B. magnetgekuppelte Pumpen, Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung und Funktionsüberwachung).	2.4.3.2 2.4.3.5	keine Zone	keine
		b) Kleine Pumpenräume $V < 100 \text{ m}^3$, technisch dichte Pumpen (z. B. Pumpen mit einfach wirkender Gleitringdichtung); Bildung von g.e.A. durch Leckagen möglich.	2.4.4.3	Zone 2: gR	keine
		c) wie b)	2.4.4.2	Zone 1: gR	keine
1.2.4.2.2	Im Freien auf Erdgleiche oder über Erdgleiche	a) Auf Dauer technisch dichte Pumpen (z. B. magnetgekuppelte Pumpen, Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung und Funktionsüberwachung).	2.4.3.2 2.4.3.5	keine Zone	keine

		b) Technische dichte Pumpen (z. B. Pumpen mit einfach wirkender Gleitringdichtung); Kühlluftstrom der Motoren gegen die Pumpe gerichtet. Leckagen möglich, aber z. B. durch regelmäßige Kontrollen frühzeitig erkannt.	2.4.3.3	Zone 2: im Nahbereich der Dichtung	keine
		c) wie b) jedoch in Wetterschutz- bzw. Schallschutzeinhausung. <i>Hinweis:</i> <i>ausreichende, wenn auch eingeschränkte Lüftung gegenüber einer Freianlage. Bei nicht ausreichender Lüftung siehe 1.2.4.2.1 "Pumpen in Räumen".</i>	2.4.4.2	Zone 1: im Nahbereich der Dichtung Zone 2: bis 1 m um die Dichtung	keine
1.2.4.2.3	Im Freien unter Erdgleiche	a) auf Dauer technisch dichte Pumpen (z. B. magnetgekuppelte Pumpen, Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung und Funktionsüberwachung).	2.4.3.2 2.4.3.5	keine Zone	keine
		b) technisch dichte Pumpen in Vertiefungen (Tiefe kleiner als 1 /10 der Breite und kleiner als 1,50 m), Kühlluftstrom der Motoren gegen die Pumpe gerichtet. Bildung von g.e.A. durch Leckagen möglich.	2.4.3.3	Zone 2: Nahbereich um die Dichtung sowie bis zur Wandung der Vertiefung, maximal 5 m Radius um die Pumpe, 0,5 m Höhe (siehe Bild 3 und Bild 4)	keine
		c) technisch dichte Pumpe in Gruben.		Zone 1: ganze Grube bis Erdgleiche Zone 2: Nahbereich horizontal um Grube, bis 0,3 m über Erdgleiche (siehe Bild 3)	keine

Bild 3: Technisch dichte Pumpen in Vertiefung, Szenario 1

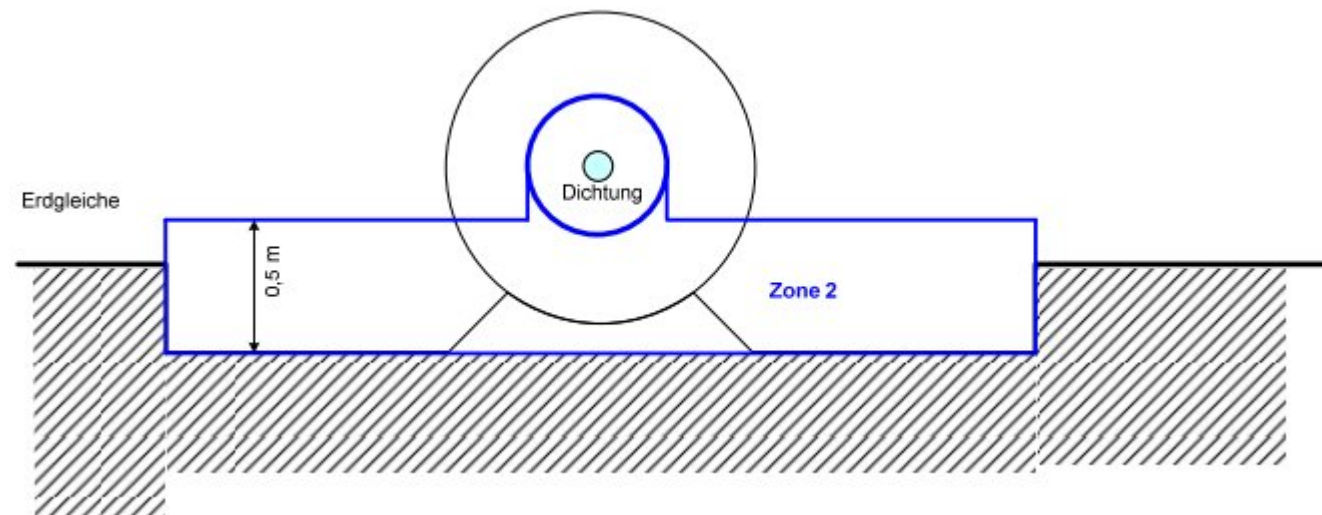


Bild 4: Technisch dichte Pumpe in Vertiefung, Szenario 2

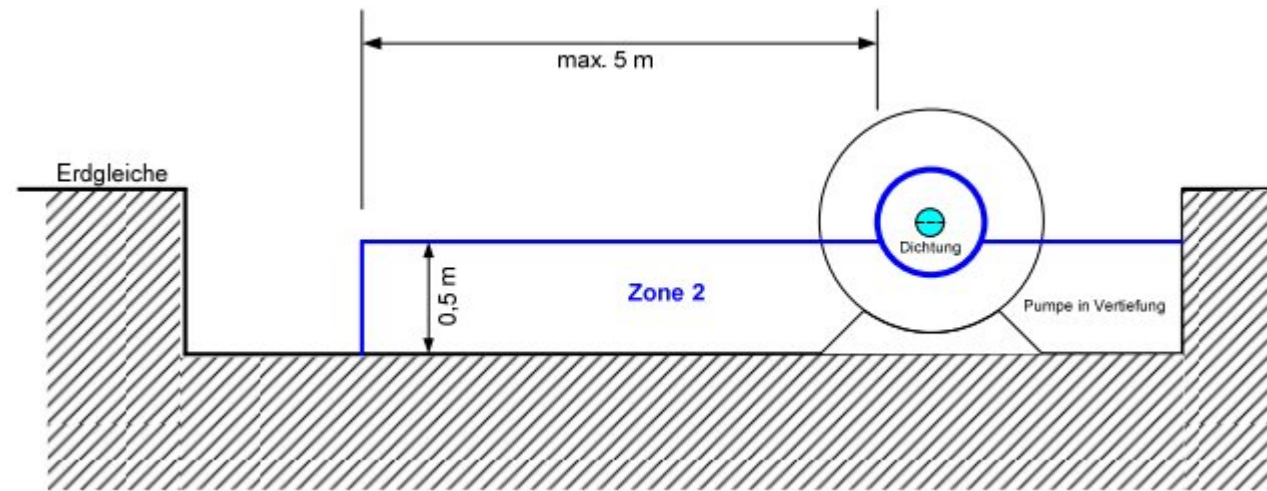
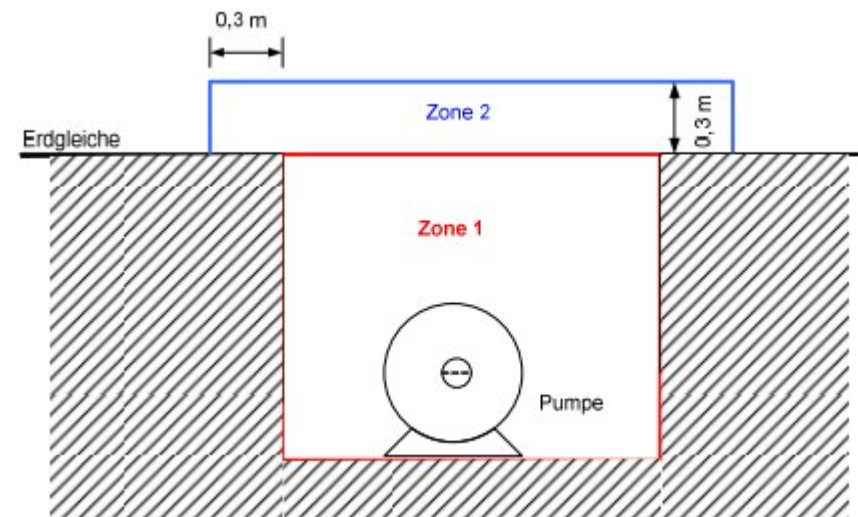


Bild 5: Technisch dichte Pumpen in Gruben



1.2.4.3	Verdichter	<p>Verdichter in verfahrenstechnischen Anlagen.</p> <p>Technisch dichte Verdichter sind für Kohlenwasserstoffe nach TA Luft nur noch für eine Übergangszeit zulässig.</p> <p><i>Hinweis:</i></p> <p><i>Angeschlossene Hilfssysteme z. B. Entgasung von Sperrflüssigkeiten, sind in diesem Abschnitt nicht berücksichtigt, sie müssen hinsichtlich der Bildung von g.e.A zusätzlich betrachtet werden.</i></p> <p><i>Gasverdichteranlagen der öffentlichen Gasversorgung siehe D 2.4.4.2 VGW 497.</i></p>			
1.2.4.3.1	In Räumen	<p>a) auf Dauer technisch dichte Verdichter.</p>	2.4.3.2 2.4.4.2	keine Zone	keine
		<p>b) technisch dicht</p>			

		b1) technisch dichte Verdichter Aufstellung in Maschinenhalle mit technischer Lüftung Freisetzung wird automatisch erkannt und g.e.A wird kurzfristig beseitigt, Zuluft aus explosionsfreiem Bereich.	2.4.3.3 2.4.4.3 2.5	Zone 2: im Nahbereich um den Verdichter	keine
		b2) technisch dichte Verdichter Aufstellung in Maschinenhalle mit technischer Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.3	Zone 2: in der Maschinenhalle	keine
		b3) technisch dichte Verdichter Aufstellung in Maschinenhalle. <i>Hinweis:</i> <i>G.e.A. kann nicht kurzfristig beseitigt werden.</i>	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: in der Maschinenhalle	keine
		c) Verdichten von Gasen mit hohem Wasserstoffanteil; hochgelegene Atmungs- Öffnungen.	2.4.4.2	Zone 2: 3 m horizontal um Austrittsstelle, nach oben bis zur Decke	keine
1.2.4.3.2	Im Freien	a) auf Dauer technisch dichte Verdichter.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) technisch dichte			
		b1) technisch dichte Verdichter für Gase leichter als Luft.	2.4.3.3	Zone 2: kugelförmig mit R = 1 m um die Austrittsstelle mit nach oben tangential an die Kugel anschließendem Kegelstumpf mit oben liegender Basisfläche, deren Radius 3 m und deren Abstand h zur Austrittsstelle 3 m beträgt (siehe Bild 6)	keine
		b2) technisch dichte Verdichter für Gase schwerer als Luft.	2.4.3.3	Zone 2: kugelförmig mit R = 1 m um die Austrittsstelle mit nach unten tangential an die Kugel anschließendem Kegelstumpf mit untenliegender Basisfläche, deren R = 3 m und deren Abstand h zur Austrittsstelle 3 m beträgt (siehe Bild 7)	keine
		b3) technisch dichte Verdichter für Gase gleich schwer wie Luft.	2.4.3.3	Zone 2: im Abstand von 3 m um die Austrittsstelle	keine

Bild 6: Technisch dichter Verdichter Für Gase leichter als Luft

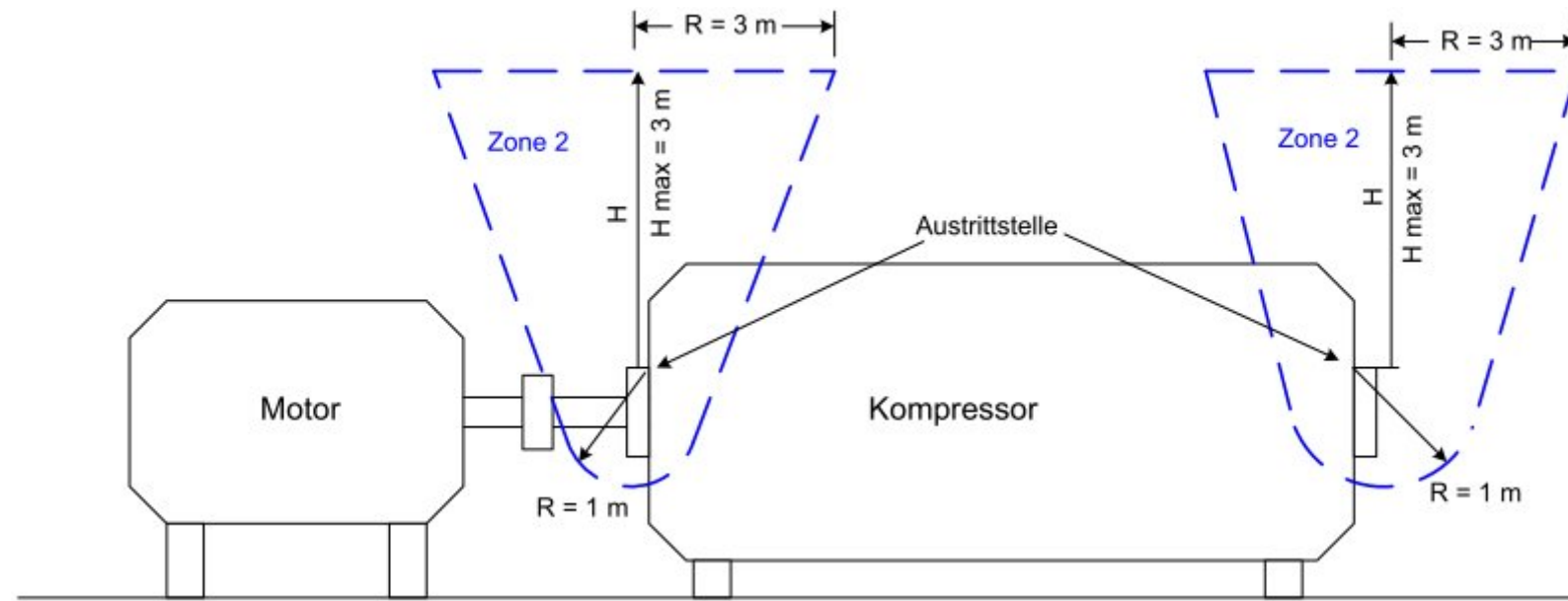
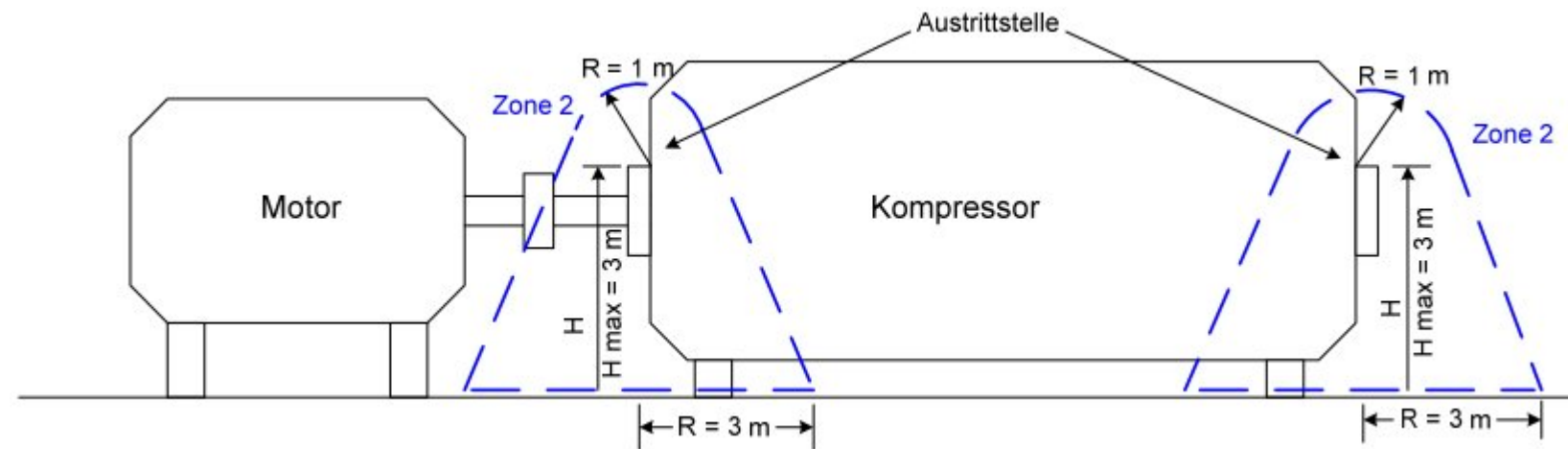


Bild 7: Technisch dichter Verdichter für Gase schwerer als Luft



1.2.4.4	Verdampfer mit geschlossenem Wärmesystem	Auf Dauer technisch dichte Verdampfer.	2.4.3.2	keine Zone	keine
1.2.4.5	Rohrleitungen und Armaturen für unter Druckverflüssigte und gelöste Kohlenwasserstoffgase	Hinweis: Rohrleitungen und Armaturen sind auch immer in Verbindung mit den angeschlossenen Aggregaten zu betrachten.			
1.2.4.5.1	In Räumen	a) Rohrleitungen und Armaturen sind auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Rohrleitungen und Armaturen sind technisch dicht.	2.4.4.2		
		b1) In großen Räumen ($V > 100 \text{ m}^3$).			
		Hinweis:	2.4.3.3	Zone 2: gR	keine

		Leckage kann nicht kurzfristig erkannt und beseitigt werden. Die austretenden Mengen führen aber i. d. R. nicht zu g.e.A.	2.4.4.2		
		b2) In kleinen Räumen ($V < 100 \text{ m}^3$). <i>Hinweis:</i> Bei Leckagen kann g.e.A auftreten, die nicht kurzfristig erkannt und beseitigt werden kann.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: gR	keine
1.2.4.5.2	Im Freien	a) Rohrleitungen und Armaturen sind auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Rohrleitungen und Armaturen sind technisch dicht. <i>Hinweis:</i> g.e.A kann zwar nicht kurzfristig erkannt werden, eine Akkumulation findet aber nicht statt.	2.4.3.3	Zone 2: im Abstand von 0,2 m x Betriebsüberdruck (in bar); jedoch mind. 0,5 m um die möglichen Leckagestellen	keine
1.2.4.6	Vorgesehene Austrittsmöglichkeiten von Gasen in die Atmosphäre im Freien				
1.2.4.6.1	Probenahmestellen	a) auf Dauer technisch dichte Anlagen.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) technisch dichte Anlagen.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: kugelförmig im Nahbereich um die Austrittsstelle	keine
1.2.4.6.2	Sicherheitsventile zum Schutz gegen thermische Ausdehnung (thermisches Sicherheitsventil - TSV)	Seltenes und kurzzeitiges Ansprechen und damit Bildung von g.e.A. möglich, Freisetzung geringer Menge an der Austrittsstelle des TSV.	2.4.4.2	Zone 2: kugelförmig im Nahbereich um die Austrittsstelle	keine
1.2.4.6.3	Austrittsstellen von Entspannungs- oder Endlüftungsleitungen im Freien oberhalb der Erdgleiche	a) Austritt nur kleiner Mengen an Gasen unter ständiger Mitarbeiterkontrolle möglich, gefahrloses Austreten oder Ableiten (z. B. Entspannungs- und Entleerungseinrichtungen von Messsystemen, Ausblaseeinrichtungen von Instrumentenleitungen).			
		a1) Entspannung in geschlossene Systeme. Bildung von g.e.A. ausgeschlossen.	2.4.4.2	keine Zone	keine
		a2) Entspannung ins Freie. Bildung von g.e.A. möglich.	2.4.4.2	Zone 2: kugelförmig im Nahbereich um die Austrittsstelle	keine
		b) Austritt einer definierten Gasmenge (z. B. Entspannungsleitungen von Doppelblockventilen oder Flüssiggaspumpen u. ä.). Bildung von g.e.A. während der Entspannung. Für diese Fälle sind Einzelfallbetrachtungen erforderlich!			
1.2.4.6.4	Manuell betätigte Systementwässerung im Freien	Ablassen von Flüssigkeit unter ständiger Mitarbeiterkontrolle und Aufsicht, Bildung von g.e.A. durch Austritt von Gas möglich.			
		a) Ableitung in ein geschlossenes System oder eine technische Einrichtung, die die Bildung von g.e.A. verhindert.	2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Bildung von g.e.A. möglich. Für diese Fälle sind Einzelfallbetrachtungen erforderlich!			

1.2.5	Abblase- und Entspannungsleitungen im Freien	Siehe Punkt 5.14.			
1.2.6	An explosionsgefährdete Bereiche angrenzende Räume (z. B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienungsräume, Treppenhäuser mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich)	Räume, die keine Apparaturen oder Leitungen mit brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten enthalten:			
		a) Raum mit geringem Überdruck durch Frischluftzufuhr aus ungefährdeten Bereichen.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Raum ist gegen Zone 1 abgedichtet bzw. abgeschleust, gegen Zone 2 geschlossene Fenster und selbstschließende Türen. Lüftung aus ungefährdeten Bereichen.	2.4.4.2	keine Zone	keine
1.2.7	Anlagen zur Herstellung und Verwendung von Wasserstoff	Forschungsanlagen können gegenüber den hier dargestellten Anlagen weitere Freisetzungquellen aufweisen. In der Regel sind für die Gasüberwachung der Voralarm bei 20 % der UEG und der Hauptalarm bei 40 % der UEG lustgelegt, bei Frühwarnsystemen können die Alarmschwellen niedriger sein.			
1.2.7.1	Elektrolyse				
1.2.7.1.1	Atmosphärische Elektrolyse	In den Zellen der Elektrolyseanlagen herrschen maximal 50 mbar Überdruck. Der möglicherweise freiwerdende Wasserstoff tritt nur in sehr geringen Mengen aus. Ein spontaner Spröbruch bei Konstruktionselementen (wie z. B. bei Glas und einigen Kunststoffen) ist vermieden. Begehungen werden regelmäßig nach Herstellerangabe und Betreibererfahrungen durchgeführt. Qualifizierter Austausch z. B. von Komponenten, Verbindungselementen und Dichtungen.			
1.2.7.1.1.1	In Räumen	a) Die Anlage ist auf Dauer technisch dicht aufgrund der technisch dichten Konstruktion in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen. Kleine Leckagen werden mit Lecksuchgerät erkannt. Die aus wärmetechnischen Gründen vorhandene Lüftung unterstützt durch Frischluftzufuhr von unten den natürlichen Verdünnungsprozess und die im Deckenbereich vorhandenen Öffnungen vermeiden die Ansammlung von Wasserstoff in Deckennähe.	2.4.3.2 2.4.3.5	keine Zone	keine
		b) Die Anlage ist technisch dicht. Technische Lüftung ist vorhanden. Maßnahmen zur Leckerkennung, z. B. Austritt von Flüssigkeit sind vorhanden.	2.4.3.3 2.4.4.3	keine Zone	keine
		c) Wie b), jedoch Begehung in Wartungsintervallen, aber zusätzlich Gasfrüherkennung mit automatischer Schaltfunktion, z. B. Abschaltung der Elektrolyse und Erhöhung der Lüftungsleistung, so dass keine g. e. A. entstehen kann. <i>Hinweis: Anzahl und Position der Sensoren sowie Alarmschwellen der Gasfrüherkennung und die Luftführung sind abhängig von Raumgeometrie. Diese Alarmschwellen werden weit unter den üblichen Alarmschwellen von 20 % der UEG gesetzt.</i>	2.4.3.3 2.4.4.3 2.5.3	keine Zone	keine
1.2.7.1.1.2	Im Freien	Wie 1.2.7.1.1.1 a) bzw. b) die Ansammlung von Wasserstoff unter Wetterschutzdächern und ähnlichen Konstruktionen wird vermieden.		keine Zone	keine
1.2.7.1.2	Niederdruck-Elektrolyse	In den Zellen der Elektrolyseanlagen herrschen bis 0,5 bar Überdruck.			

1.2.7.1.2.1	In Räumen	Geeignete Öffnungen an höchster Stelle ins Freie sind vorhanden. Toträume mit potenzieller Wasserstoffansammlung sind vermieden. Zur Unterstützung der natürlichen Lüftung sind bodennahe Zuluftöffnungen vorhanden.			
		a) Die Anlage ist auf Dauer technisch dicht aufgrund der technisch dichten Konstruktion in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen. Kleine Leckagen werden mit Lecksuchgerät erkannt. Die wärmetechnisch unterstützte Lüftung (Frischluftezufuhr von unten) unterstützt den natürlichen Verdünnungsprozess und die im Deckenbereich vorhandenen Öffnungen die Vermeidung der Ansammlung von Wasserstoff in Deckennähe.	2.4.3.2 2.4.3.5 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Anlage im großen Raum, technisch dicht, <ul style="list-style-type: none"> • Ein signifikantes Austreten von Wasserstoff ist durch fachgerecht ausgewählte und montierte Dichtungssysteme verhindert. • Der Anpressdruck der Zellenrahmen wird regelmäßig im Rahmen der Wartung nach Herstellerempfehlungen und Betreibererfahrungen kontrolliert. • Der Elektrolyseur ist vollständig mit Wasser gefüllt. • Leckagen können frühzeitig aufgrund von Wasseraustritt erkannt werden. Die daraus entgasende Wasserstoffmenge ist sehr gering. • Es werden regelmäßige Begehungen nach Herstellerangabe und Betreibererfahrungen durchgeführt. • Kleine Leckagen werden mit Lecksuchgerät erkannt. 	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.2	keine Zone	keine
		Die Überwachung von Prozessparametern (wie z. B. Temperatur, Druck, Füllstände der Gas-Wasser-Abscheider und Gaskonzentration, insbesondere Konzentration von Wasserstoff in Sauerstoff im geschlossenen System, Zellspannung) geben frühzeitig einen Hinweis auf entstehende kritische Betriebszustände, in Grenzbereichen erfolgt eine automatische Abschaltung. Der Überdruck in der Anlage ist gering. Die deutlich oberhalb der Umgebungstemperatur liegenden Oberflächentemperaturen sorgen für eine sehr gute Konvektion im Gebäude und unterstützen so konvektiv den Luftaustausch.			
1.2.7.1.3	Druck-Elektrolyse	In den Zellen der Elektrolyseanlagen herrschen bis 100 bar Oberdruck.			
1.2.7.1.3.1	In Räumen	Geeignete Öffnungen an höchster Stelle ins Freie sind vorhanden. Toträume mit potenzieller Wasserstoffansammlung sind vermieden. Zur Unterstützung der natürlichen Lüftung sind bodennahe Zuluftöffnungen vorhanden.			
		a) Ausführung des Zellenblocks sowie aller Verbindungselemente, z. B. Nut-Ender-Flansche, auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Anlage im großen Raum.			

<p>b1) Die Anlage ist auf Dauer technisch dicht aufgrund der technisch dichten Konstruktion in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen, insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein signifikantes Austreten von Wasserstoff ist durch fachgerecht ausgewählte und montierte Dichtungssysteme verhindert. • Der Anpressdruck der Zellenrahmen wird regelmäßig im Rahmen der Wartung nach Herstellerempfehlungen und Betreibererfahrungen kontrolliert. • Der Elektrolyseur ist vollständig mit Wasser oder einer wässrigen Lösung gefüllt. Die Dichtungssysteme der Gasabscheider sind auf Dauer technisch dicht ausgeführt. • Leckagen können frühzeitig aufgrund von Austritt von Wasser oder einer wässrigen Lösung erkannt werden. Die daraus entgasende Wasserstoffmenge ist sehr gering. • Es werden regelmäßige Begehungen nach Herstellerangabe und Betreibererfahrungen durchgeführt. • Kleine Leckagen werden mit Lecksuchgerät erkannt. <p>Deckennahe Gaswarnanlage mit Voralarm, so dass Undichtigkeiten erkannt werden, bevor g. e. A. auftritt und automatischer frühzeitiger Abschaltung der Anlage mit Druckabbau innerhalb von 15 - 20 min. vorhanden.</p> <p>Die Überwachung von Prozessparametern (wie z. B. Temperatur, Druck, Füllstände der Gas-Flüssigkeitsabscheider und Gaskonzentration, insbesondere Konzentration von Wasserstoff in Sauerstoff im geschlossenen System, Zellspannung) geben frühzeitig einen Hinweis auf entstehende kritische Betriebszustände, in Grenzbereichen erfolgt eine automatische Abschaltung.</p>	<p>2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.2 2.5.4</p>	<p>keine Zone</p>	<p>keine</p>
<p>b2) Wie b1), jedoch keine ausreichenden organisatorischen Maßnahmen wie keine Gaswarnanlage. Eine kurzzeitige Anreicherung von Wasserstoff trotz natürlicher Lüftung kann im Deckenbereich kurzzeitig bis hin zu Werten im Bereich der UEG nicht sicher ausgeschlossen werden.</p>	<p>2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.2</p>	<p>Zone 2: im Deckenbereich</p>	<p>keine</p>
<p>b3) Wie b1), jedoch keine ausreichenden organisatorischen Maßnahmen sowie keine Gaswarnanlage und Begehungen nur ohne Einsatz eines Lecksuchgerätes; dadurch kann eine hinreichend frühe Erkennung einer Leckage nicht gewährleistet werden.</p>	<p>2.4.3.3 2.4.4.2</p>	<p>Zone 2: im Deckenbereich sowie seitlich 0,5 m und oberhalb des Zeilenblocks bis zur Decke oder Sammelhaube und im Deckenbereich</p>	<p>keine</p>
<p>c) Anlagen im kleinen Raum, z. B. Container.</p>			
<p>c1) Wie b1), aber mit zusätzlicher technischer Lüftung.</p>	<p>2.4.3.2 2.4.4.3 2.5.4</p>	<p>keine Zone</p>	<p>keine</p>

		c2) Wie c1), jedoch keine ausreichenden organisatorischen Maßnahmen, keine technische Lüftung vorhanden und keine Gaswarnanlage vorhanden, aber natürliche Lüftung gewährleistet.	2.4.3.2 2.4.4.2	Zone 2: im gR	keine
1.2.7.1.3.2	Im Freien	Wie 1.7.1.2.1, 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			
1.2.7.2	Verdichter				
1.2.7.2.1	In Räumen	a) Verdichter technisch dicht und mit Gaswarnanlage überwacht. Bei 20 % der UEG Alarm und Aktivierung der Lüftung, bei 40 % der UEG Abschalten der Anlage (Lüftung bleibt aktiv). Ein und ausgangsseitige Absperrung außerhalb des Aufstellungsraumes, Notentspannung des gesamten gasführenden Systems im Raum/ Schrank gefahrlos ins Freie.	2.4.3.3 2.4.4.3 2.5.4	Zone 2: gR Zone 1: Im Nahbereich der Entwässerung, wenn regelmäßig eine manuelle Kondensatentleerung in den Aufstellungsraum der Anlage erfolgt	keine
		b) Wie a), jedoch ist keine technische Lüftung vorhanden. Das Gassystem bleibt unter Dreck, Einströmen aus Speicher-/Pufferanlage ist nicht sicher verhindert.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: gR Zone 2: um Be- und Entlüftungsöffnungen nach außen (Zonenausdehnung richtet sich nach den Belüftungsverhältnissen vergleiche auch Anlagen nach DVGW G 491, Punkt 4.2.1.1)	keine
1.2.7.2.2	Im Freien	Wie 1.2.7.2.1, 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.			
1.2.7.3	Aufbereitung	Hierzu gehören Reinigung, Trocknung und Kondensatabscheider.			
1.2.7.3.1	Reinigung, Trocknung und automatische Kondensatabscheider	Die Anlagenteile sind auf Dauer technisch dicht ausgeführt. Sofern erforderlich ist eine Ableitung ins Freie vorhanden (siehe 1.2.7.8 Geführte Auslässe ins Freie).	2.4.3.2	keine Zone	keine
1.2.7.3.2	Manuelle Kondensatabscheider	Bei manueller Kondensatentleerung kann Wasserstoff austreten.	2.4.3.4	Zone 1: im Nahbereich	keine
1.2.7.4	Niederdruckspeicher				
1.2.7.4.1	Gasbehälter mit Stahlummantelung und gewichtsbelasteter Membran (Niederdruckgasbehälter)	Stahlummantelung oberhalb der Membran mit Öffnungen zur Atmosphäre zur natürlichen Lüftung versehen. Die Stahlummantelung des Gasraumes unterhalb der Membran ist auf Dauer technisch dicht und im Bereich der Membran technisch dicht, wiederkehrende Prüfung, z. B. Zeitstandsprüfung, der Membrane auf Dichtheit.			
1.2.7.4.1.1	Inneres des Gasraumes	Der Druck im Behälter und im gesamten System ist durch die Gewichtsbelastung ständig über dem Atmosphärendruck. Dadurch ist Eindringen von Luft/Sauerstoff in den Gasraum sicher verhindert.	2.4.2	keine Zone	keine
1.2.7.4.1.2	Luftraum zwischen Membran und Stahlummantelung	a) Luftraum zwischen Membran und Stahlummantelung mit Raumluftüberwachung und Aktivierung technischer Lüftung (drückend) und Abführung aus dem Raum. Sollte diese Maßnahme nicht ausreichen, werden über die vorhandenen Gaswarnanlagen automatische Abschaltvorgänge ausgelöst, z. B. Sperren des Zuflusses und gefahrloses Entleeren des Behälters innerhalb kurzer Zeit (ca. 10 min).	2.4.3.3 2.4.4.3 2.5.4	Zone 2: im Luftraum	keine

		b) Luftraum zwischen Membran und Stahlummantelung ohne Überwachung durch Gaswarnanlage, Akkumulation wird durch natürliche Lüftung vermieden.	2.4.4.2	Zone 1: im Luftraum	keine
1.2.7.4.1.3	Umgebung der Stahlummantelung in Räumen	a) Wie 1.2.7.4.1.2 a).	2.4.3.3 2.4.4.3 2.5.4	Zone 2: um die Austrittsöffnungen 0,5 m horizontal bis zur Decke	keine
		b) Wie 1.2.7.4.1.2 b).	2.4.4.2	Zone 1: im Nahbereich um Öffnungen Zone 2: um Öffnungen 0,5 m horizontal zylinderförmig bis zur Decke	keine
1.2.7.4.1.4	Im Freien	Wie 1.2.7.4.1.3, 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.			
1.2.7.5	Hochdruckspeicher und unter Hochdruck stehende Bauteile, z. B. Rohrleitungen	Hochdruckspeicher und unter Hochdruck stehende Bauteile sind auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
1.2.7.6	Druckgasflaschen für gasförmigen Wasserstoff	Siehe 1.2.1.			
1.2.7.7	Entnahmemarmaturen	Entnahmemarmaturen dienen z. B. dem Anschluss von Tankwagen (nur im Freien) oder Flaschen am Hochdruckspeicher. Während des Befüllvorgangs kann durch unentdeckte Leckagen Wasserstoff im Bereich der Anschlussstellen entweichen.			
1.2.7.7.1	In Räumen	Bildung von g. e. A. betriebsmäßig möglich. In Rohrleitungen enthaltene Restmenge Wasserstoff kann austreten. Gasrücktritt- oder Absperrventil befindet sich in unmittelbarer Nähe der Anschlussstelle. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.	2.4.3.4	Zone 1: 3 m um Füll- und gegebenenfalls Entleerungsanschluss Zone 2: üR	keine
			2.4.4.2		
1.2.7.7.2	Im Freien	Entspannung in ein geschlossenes System. Beim Abkuppeln der beweglichen Anschlussleitung wird ein Restvolumen entspanntes Gas im Kupplungsstück freigesetzt.	2.4.3.4	Zone 1: Nahbereich um das Kupplungsstück (in Verladeposition)	keine
			2.4.4.2		
1.2.7.8	Geführte Auslässe ins Freie	Geführte Auslässe dienen der Abführung betriebsmäßiger Freisetzung von Wasserstoff bei regelmäßigen An- und Abfahrvorgängen und bei Auftreten von Überdruckereignissen. Beim Austritt von Wasserstoff ist mit Entstehung von g. e. A. zu rechnen. Die Ausbreitung ist mit einem für den Anwendungsfall geeigneten Berechnungsmodell zu ermitteln.		Zone 1: im Nahbereich um die Austrittsstelle Zone 2: Ausdehnung gemäß anerkannter Berechnungsmethode (siehe z. B. Shell Fred, weitere Hinweise hierzu in DVGW G 442)	keine
1.3	Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen - Allgemeines	a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, auch nicht bei seltenen Störungen oder besonderen Betriebszuständen, weil			
		a1) die OEG sicher überschritten ist; bei Betriebszuständen, bei denen die OEG unterschritten werden kann (z. B. Erstinbetriebnahme, unkontrollierter	2.3.2	keine Zone	keine

Luftzutritt bei der Probenahme) sind zusätzliche Schutzmaßnahmen (z. B. zusätzlich inertisieren) erforderlich.	2.3.3.2		
a2) verfahrensbedingt die UEG sicher unterschritten ist (z. B. Abgasströme mit geringer Beladung).	2.3.2	keine Zone	keine
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.	2.3.3.2	keine Zone	keine
a4) verfahrensbedingt Vakuum mit $p \leq 0,1$ bar (absolut) vorliegt; Schutzmaßnahmen, z. B. bei An- und Abfahrvorgängen unter Umständen erforderlich.	2.3.4	keine Zone	keine
b) Das Auftreten von g.e.A. ist normaler Weise nicht oder aber nur kurzzeitig möglich:			
b1) Aufgrund seltener Störungen oder selten und kurzzeitig auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann		Zone 2	keine
b1.1) die OEG unterschritten werden;	2.3.2		
b1.2) die UEG überschritten werden;	2.3.2		
b1.3) Die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden;	2.3.3.2		
b1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck).	2.3.4		
b2) wie b1)		Zone 2	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich:			
c1) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann		Zone 1	keine
c1.1) die OEG unterschritten werden;	2.3.2		
c1.2) die UEG überschritten werden;	2.3.2		
c1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden;	2.3.3.2		
c1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck).	2.3.4		
c2) wie c1)		Zone 1	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
d) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf.			

	d1) Das Gas/Luft-Gemisch liegt zeitlich überwiegend innerhalb der Explosionsgrenzen vor.	Keine	Zone 0	keine
	d2) wie d1)	keine	Zone 0	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können

2 Brennbare Flüssigkeiten

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(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 Gefahrstoffe", z. B. TRGS 509 "Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter" und TRGS 510 "Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern".			
2.1	Umgebung von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen - Allgemeines				
2.1.1	In Räumen	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten:			
		a1) Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3));	2.3.2	keine	keine
		a2) Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt nicht ausreichend über bzw. liegt unter der Verarbeitungstemperatur	2.4.3.2	keine	keine
		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 TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)):			
		b1) Objektabsaugung	2.4.4.4	Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
		b2) Konstruktion technisch dicht; nur geringe Leckagemöglichkeiten vorhanden	2.4.3.3	Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate	keine
		c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich (z.B. an Umfüllanschlussstellen).	2.4.3.4	Zone 1: 1 m	keine
			2.4.4.3	Zone 2: weitere 3 m	
		d) wie c)	2.4.3.4	Zone 1: 3 m	keine

			2.4.4.2	Zone 2: weitere 6 m	
2.1.2	Im Freien	wie 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.			
2.2	Fallbeispiele - mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 2.1				
2.2.1	Abfüllen in verschließbare Gebinde und Behälter	<i>Hinweis:</i> <i>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.</i>			
2.2.1.1	In Räumen	a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)), Temperaturerhöhungen nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist.	2.3.2	keine Zone	keine
		b) Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)); Versprühen oder Vernebeln möglich. Beim Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten mit Temperaturen deutlich oberhalb der Umgebungstemperatur muss der Bereich oberhalb der Abfüllstelle im Einzelfall betrachtet werden:			
	b1) Bei Störungen maximal zu erwartendes Freigesetztes Volumen der brennbaren Flüssigkeit $V \leq 100$ ml, Auffangwanne max. 0,5 m unter Abfüllstelle, Abstand Auffangwanne - Boden mindestens 0,5 m				
	b1.1) Störungen wie Überfüllung, Fehlbedienung, Leckagen an Befüllrichtungen, Schäden an Gebinden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und deren Ausbreitung ausgeschlossen;	2.4.4.4	keine	keine	
	b1.2) Seltene betriebliche Störungen möglich. Leckagemengen werden aufgefangen und sofort beseitigt. Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle	keine	
	b1.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne	keine	
	b1.4) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.2	Zone 2: 0,8 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine	
	b1.5) Gelegentlich betriebliche Störungen möglich, Leckagemengen werden aufgefangen, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 1: Nahbereich der Abfüllstelle Zone 2: Auffangwanne	keine	
b1.6) Gelegentlich betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 1 : Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne	keine		

		Zone 2: 0,5 m um Auffangwanne	
b1.7) Gelegentlich Betriebsstörungen möglich.	2.4.4.2	Zone 1: Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne Zone 2: 1 m um Auffangwanne	keine
b2) wie b1) jedoch $100 \text{ ml} < V \leq 5 \text{ l}$			
b2.1) Störungen wie Überfüllung, Fehlbedienung, Leckagen an Befülleinrichtungen, Schäden an Gebinden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und deren Ausbreitung ausgeschlossen	2.4.4.4	keine	keine
b2.2) Seltene betriebliche Störungen möglich, Leckagemengen werden aufgefangen und sofort beseitigt, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 2: Nahbereich der Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
b2.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 2: 0,5 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
b2.4) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.2	Zone 2: 1 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
b2.5) Gelegentlich betriebliche Störung möglich, Leckagemengen werden aufgefangen, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 1: 0,5 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: jeweils weitere 0,5 m	keine
b2.6) Gelegentlich betriebliche Störung möglich;	2.4.4.3	Zone 1: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: jeweils weitere 1 m	keine
b2.7) Gelegentlich betriebliche Störung möglich.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne Zone 2: jeweils weitere 2 m	keine
b3) wie b1) jedoch $5 \text{ l} < V \leq 1 \text{ m}^3$			
b3.1) Störungen wie Überfüllung, Fehlbedienung, Leckagen an Befülleinrichtungen, Schäden an Gebinden, Ausfall der Absaugung, Auslaufen der Flüssigkeit und deren Ausbreitung ausgeschlossen;	2.4.4.4	keine	keine
b3.2) Seltene betriebliche Störungen möglich, Leckagemengen werden aufgefangen und sofort beseitigt, Absaugung unmittelbar an Auffangwanne;	2.4.4.4	Zone 2: 0,5 m um Abfüllstelle und Auffangwanne	keine
b3.3) Seltene betriebliche Störungen möglich;	2.4.4.3	Zone 2: 1 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne	keine
b3.4) Seltene betriebliche Störungen möglich.	2.4.4.2	Zone 2: 2 m um Abfüllstelle und gesamte Auffangwanne	keine
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 Gaspendingung			

		oder Objektabsaugung nicht zulässig: Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.			
2.2.1.2	Im Freien	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.			
2.2.2	Abfüllen in offene Behälter (in Räumen)	a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)), Temperaturerhöhungen nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist.	2.3.2	keine	keine
		b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)); Versprühen oder Vernebeln möglich.			
		b1) Abfüllen in offene Behälter, V ≤ 10 l;	2.4.4.4	Zone 2: 0,5 m	keine
		b2) Abfüllen in offene Behälter, V ≤ 10 l;			keine
		b2.1) technische Lüftung.	2.4.4.3	Zone 1: 0,5 m Zone 2: weitere 1 m	keine
		b2.2) natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 1 m	keine
b3) Abfüllen in offene Behälter, V > 10 l <i>Hinweis:</i> <i>Das Abfüllen größerer Mengen innerhalb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheitsschutzes ohne zusätzliche Maßnahmen (z.B. Gaspendelsysteme, Objektabsaugung) nicht zulässig: Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.</i>					
2.2.3	Umgebung von Probenahme- und Messeinrichtungen				
2.2.3.1	In Räumen	a) Geschlossene Probenahmeeinrichtung.	2.4.3.3	keine	keine
			2.4.4.3		
		b) Offene Probenahme unter Kontrolle, Austritt nur kleiner Mengen möglich.	2.4.4.4	Zone 2: im Nahbereich	keine
		c) wie b)	2.4.4.3	Zone 2: 0,5 m	keine
	d) wie b)	2.4.4.2	Zone 1: im Nahbereich	keine	

				Zone 2: weitere 2 m	
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.			
2.2.4	Mischeinrichtungen für Beschichtungsstoffe (bestehend aus Regalfarbmischgerät nach DIN EN 12757-1 "Mischgeräte zur Verwendung in der Fahrzeugreparaturlackierung", Mikrofilmlesegerät/ Mischcomputer und Waage)	a) Beim Farbmischen aus Einzelgebinden liegt der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).	2.4.4.2	keine	keine
		b) Beim Farbmischen aus Einzelgebinden liegt der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe nicht ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)). Verwendung von selbstschließenden Gebinden.	2.3.2 2.4.4.2 oder 2.4.4.3	keine	keine
		c) Anmischen von Beschichtungsstoffen (z.B. Zugabe von Verdünnern, Härtern). Der Flammpunkt der Beschichtungsstoffe liegt nicht ausreichend über der Umgebungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).			
		c1) Verwendung von Einzelgebinden mit maximal 5 l Inhalt, natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 2: bis zu einer Höhe von 0,5 m über Farbmischwaage bis zu einem Abstand von 2 m um das Einzelgebinde, gesamter Bodenbereich bis zu einer Höhe von 0,5 m	keine
		c2) wie c1) jedoch technische Lüftung.	2.4.4.3	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
2.2.5	An explosionsgefährdeten Bereichen angrenzende Räume (z.B. Schaltanlagen, Messwarten, Bedienräume, Treppenhäuser) mit Verbindungsöffnungen zum explosionsgefährdeten Bereich	siehe 1.2.6			
2.2.6	Laboratorien	a) Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten in laborüblichen Mengen nach BGI/GUV-I 850-0	2.4.4.3	keine	keine
		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</i>	2.4.4.3 im Abzug	Zone 2 im Abzug	keine

		<i>Technikumscharakter vor. Schutzmaßnahmen sind auf Grundlage von Nr. 2 der Beispielsammlung festzulegen.</i>			
2.2.7	Läger	Siehe auch "Technische Regeln für Gefahrstoffe" TRGS 510 "Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern"			
2.2.7.1	In Räumen	a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Lagertemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3))	2.3.2	keine	keine
		b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)):			
		b1) Behälter dicht verschlossen. Regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit; Lager wird regelmäßig begangen. Öffnen der Behälter im Lager ausgeschlossen. Lagerhöhe ist kleiner als die nach den gefahrgutrechtlichen Vorschriften vorgegebene Fallhöhe. Beschädigung durch Transporteinrichtungen weitgehend ausgeschlossen. Einsatz besonderer Transporteinrichtungen, z.B. Verwendung von Fassgreifern statt Gabelstaplerzinken.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b2) Falls b1) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter ist jedoch dicht verschlossen.	2.4.4.2	Zone 2: gesamter Raum bis 1,5 m Höhe; jedoch bei Räumen mit Raumvolumen kleiner 100 m ³ Zone 2: gesamter Raum	keine
		b3) wie b2)	2.4.4.2 in Kombination mit 2.5.3	wie b2), jedoch Geräte, deren potenzielle Zündquelle durch die Gaswarnanlage abgeschaltet werden, müssen nicht für den Einsatz in Zone 2 geeignet sein.	keine
		b4) wie b2)	2.4.4.3 in Kombination mit 2.5.3	wie b2), jedoch Geräte, deren potenzielle Zündquelle durch die Gaswarnanlage abgeschaltet werden, müssen nicht für den Einsatz in Zone 2 geeignet sein.	keine
		b5) wie b2)	2.4.4.3	Zone 2: gesamter Raum bis 0,8 m Höhe; jedoch bei Räumen mit Raumvolumen kleiner 100 m ³ Zone 2: gesamter Raum	keine
		b6) wie b5) jedoch Lüfter automatisch überwacht und Einleitung von Maßnahmen bei Störungsmeldung.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Lagertemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).	2.3.2	keine Zone	keine
		b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).			
		b1) Technische Lüftung; Behälter dicht verschlossen, regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit, Öffnen der Behälter ausgeschlossen (kein	2.4.4.3	keine Zone	keine

		Abfüllen oder Umfüllen und keine Probenahme); Abstellen von Behältern ohne äußere Benetzung durch brennbare Flüssigkeiten.			
		b2) Falls b1) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter sind jedoch dicht verschlossen und technische Lüftung vorhanden.	2.4.4.3	Zone 2: im Innern des Sicherheitsschranks	keine
		b3) Natürliche Lüftung; Behälter dicht verschlossen, regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit, Öffnen der Behälter ausgeschlossen (kein Abfüllen oder Umfüllen und keine Probenahme); Abstellen von Behältern ohne äußere Benetzung durch brennbare Flüssigkeiten.	2.4.4.2	Zone 2: im Innern des Sicherheitsschranks	keine
2.2.7.2	Im Freien	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.			
2.2.8	Lagern im Sicherheitsschrank	Siehe auch "Technische Regeln für Gefahrstoffe" TRGS 510 "Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern", Anlage 3 "Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten in Sicherheitsschränken in Arbeitsräumen".			
		a) Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Lagertemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).	2.3.2	keine Zone	keine
		b) Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).			
		b1) Technische Lüftung; Behälter dicht verschlossen, regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit, Öffnen der Behälter ausgeschlossen (kein Abfüllen oder Umfüllen und keine Probenahme); Abstellen von Behältern ohne äußere Benetzung durch brennbare Flüssigkeiten.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b2) Falls b1) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter sind jedoch dicht verschlossen und technische Lüftung vorhanden	2.4.4.3	Zone 2: im Innern des Sicherheitsschranks	keine
		b3) Natürliche Lüftung; Behälter dicht verschlossen, regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit, Öffnen der Behälter ausgeschlossen (kein Abfüllen oder Umfüllen und keine Probenahme); Abstellen von Behältern ohne äußere Benetzung durch brennbare Flüssigkeiten.	2.4.4.2	Zone 2: im Innern des Sicherheitsschranks	keine
		b4) Falls b3) nicht in allen Punkten erfüllt, Behälter sind jedoch dicht verschlossen; natürliche Lüftung vorhanden	2.4.4.2	Zone 1: im Innern des Sicherheitsschranks Zone 2: in der Umgebung R = 2,5 m um den Sicherheitsschrank in einer Höhe von 0,5 m über Fußboden	keine

Vorbemerkung zu Abschnitt 2.2.9

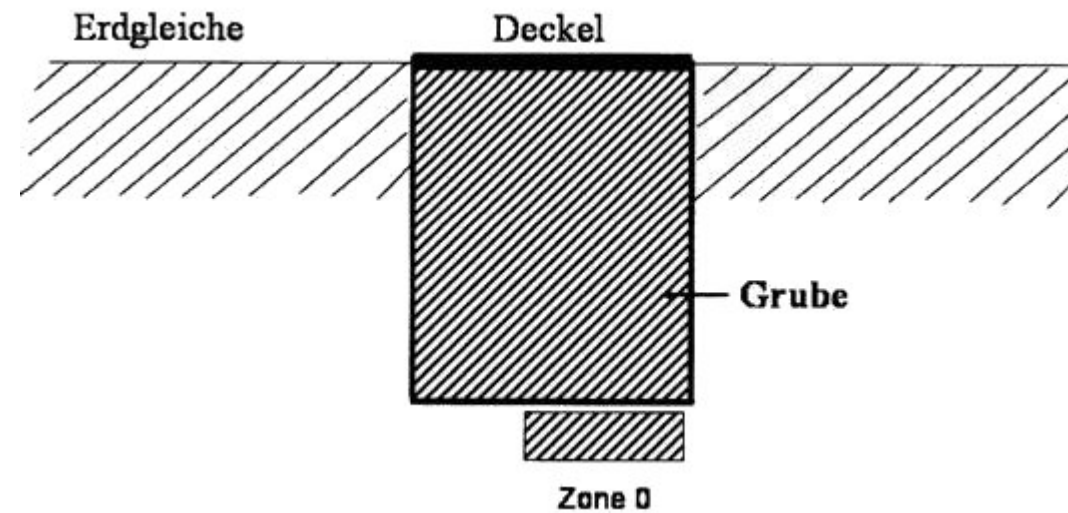
Zusätzlich zu 2.1 werden hier spezielle, branchenspezifische Lösungen aus dem Bereich der Petrochemie ausgeführt. Eine Übertragung auf andere Fragestellungen ist nicht ohne weiteres möglich. Bei den angegebenen Maßnahmen wurden spezielle Randbedingungen berücksichtigt, ohne sie in jedem einzelnen Punkt aufzuführen!

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)

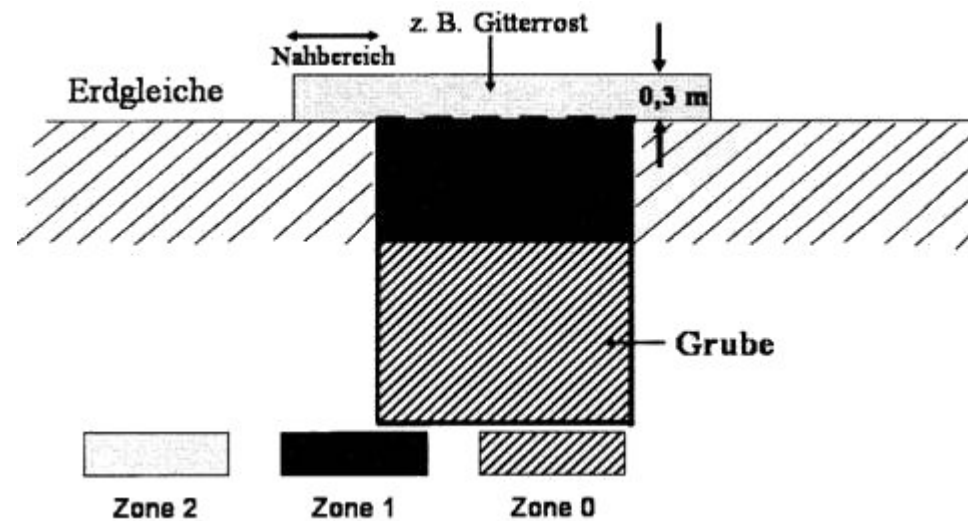
2.2.9	Anlagen für brennbare Flüssigkeiten in der Petrochemie				
2.2.9.1	Anlagenteile mit brennbaren Flüssigkeiten bei Verarbeitungstemperaturen, die im Normalbetrieb erheblich über der Zündtemperatur liegen (z. B. bei Synthese-, Destillations-, Crack-, Hydrier-, Reformier-, Rektifizierapparaten)	Wegen Selbstentzündung des heiß in die Umgebungsluft austretenden Produkts (relevant Selbstentzündungstemperatur) ist Bildung von g.e.A. nicht möglich.	2.3.2	keine	keine
		<p><i>Hinweis 1:</i></p> <p>Bei besonderen Betriebsbedingungen unter Zündtemperatur (An- und Abfahren) sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich, siehe Vorbemerkung</p> <p><i>Hinweis 2:</i></p> <p>Die Temperatur der Anlage kann eine Zündquelle für eine benachbarte Anlage sein, wenn sie höher ist als die Zündtemperatur der Stoffe in der benachbarten Anlage.</p>			
2.2.9.2	Vorgesehene Austrittsmöglichkeiten von Gasen oder brennbaren Flüssigkeiten in die Atmosphäre im Freien				
2.2.9.2.1	Entspannungs- und Entleerungseinrichtungen von Messsystemen, Ausblaseeinrichtungen von Instrumentenleitungen	Austritt nur kleiner Mengen an Gasen und Dämpfen unter ständiger Mitarbeiterkontrolle möglich, gegebenenfalls Einsatz von Rückhaltebehältern für mitgeführte Flüssigkeiten.		Zone 2: Radius 1 m um Öffnung	keine
2.2.9.2.2	Entleerungseinrichtungen von Messsystemen, Ausblaseeinrichtungen von Instrumentenleitungen, Probenahmeeinrichtungen	Ablassen nur kleiner Flüssigkeitsmengen in offenes Auffangbehältnis unter Kontrolle, Lachenbildung sicher begrenzt.		Zone 2: Radius 1 m um Austrittsstelle, 1 m um Lache	keine
2.2.9.2.3	Sicherheitsventile zum Schutz gegen thermische Ausdehnung (thermisches Sicherheitsventil = TSV)	Austritt nur kleiner Flüssigkeitsmengen mit Auffangfläche.		Zone 2: Radius 1 m um Austrittsstelle	keine
2.2.9.2.4	Manuell betätigte Systementwässerung über Flammpunkt mit offenem Auffangbehälter im Freien	Ablassen nach Sichtkontrolle, Bildung von g.e.A durch Austritt brennbarer Flüssigkeit nicht auszuschließen, maximale Oberfläche 2 m ² .		Zone 1: Auffangbehälter und Nahbereich Zone 2: Bis 1 m um den Ruffangbehälter	keine
2.2.9.3	Absetzbecken oder -gruben im Freien zur Reinigung der Abwässer von Bestandteilen brennbarer Flüssigkeiten, Füllstand bis maximal 1 m unter Beckenoberkante (Mengen können deutlich über den 100 Litern des GUV-Merkblattes GUV-I 8594 liegen).	Im regulären Betrieb geringfügige, im Sinne des Explosionsschutzes nicht relevante Beladung mit leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen, Bildung von g. e. A. ist beim unbeabsichtigten Einlassen größerer Mengen brennbarer Flüssigkeiten mit leicht flüchtigen Anteilen möglich.			
		a) Temperatur übersteigt nicht 30 °C, damit tragen nur die leicht flüchtigen Komponenten zur g.e.A. bei.			
		a1) ohne Abdeckung		Zone 1: Das Innere des Beckens und 1,5 m um das Becken; bis 0,5 m Höhe über der Beckenoberkante Zone 2: weitere 0,3 m umhüllend um Zone 1,	keine

				horizontal weitere 2 m bis zur Höhe von 0,3 m
zu 2.2.9.3	(Absetzbecken oder -gruben im Freien zur Reinigung der Abwässer von Bestandteilen brennbarer Flüssigkeiten, Füllstand bis maximal 1 m unter Beckenoberkante (Mengen können deutlich über den 100 Litern des GUV-Merkblattes GUV-I 8594 liegen)).	a2) mit nicht dicht abschließender Abdeckung		Zone 0: unter der Abdeckung Zone 1: 0,5 m einhüllend um Becken und Abdeckung Zone 2: weitere 0,3 m einhüllend um Zone 1, horizontal weiter 1 m bis zur Höhe von 0,3 m
zu 2.2.9.3	(Absetzbecken oder -gruben im Freien zur Reinigung der Abwässer von Bestandteilen brennbarer Flüssigkeiten, Füllstand bis maximal 1 m unter Beckenoberkante)	a3) dicht abschließende Abdeckung		Zone 0: unter der Abdeckung außerhalb: keine Zone
		b) Temperatur kann deutlich über 30 °C liegen. Aus Gründen des Arbeits- und Umweltschutzes müssen separate Maßnahmen getroffen werden, die auch das Auftreten von g.e.A. begrenzen. Für diese Fälle sind Einzelbefrachtungen erforderlich!		
2.2.9.4	Flockung und biologische Aufbereitung im Becken mit abwassertechnischer Belüftung der nach 2.2.9.3 gereinigten Abwässer im Freien	a) Ohne Abdeckung: keine Akkumulation des Restmethan, daher in Verbindung mit natürlicher Lüftung keine g.e.A.		keine Zone
		b) mit Abdeckung.		Zone 1: unter der Abdeckung

2.2.9.5	Gruben, Schächte u. ä. mit offenem Sumpf (z. B. Pumpensumpf) im Freien	Ständige aufschwimmende Phase (Oberphase) von brennbaren Flüssigkeiten, Flammpunkt wird nicht sicher unterschritten.			
		<i>Hinweis:</i> Erwärmung durch Pumpe muss gegebenenfalls berücksichtigt werden.			
		a) Öffnung dicht abgedeckt (vergleichbar Fahrabdeckung D 400).		Zone 0: in der Grube über Flüssigkeitsspiegel bis unter Deckel außerhalb: keine Zone	keine



		b) mit Öffnungen, z.B. Gitterrost.		Zone 0: in der Grube über Flüssigkeitsspiegel bis 0,5 m unter Erdgleiche Zone 1: in der Grube oberhalb Zone 0 bis Erdgleiche Zone 2: Nahbereich horizontal um Grube bis 0,3 m über Erdgleiche	keine
--	--	------------------------------------	--	---	-------

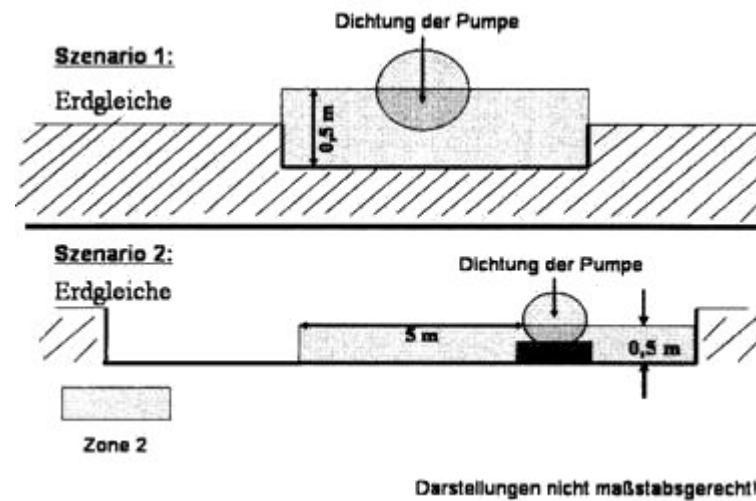


2.2.9.6	Sanierungsbrunnen	Der Anfall leicht flüchtiger brennbarer Komponenten muss ermittelt werden, eine Zoneneinteilung ist in Abhängigkeit von der Lüftung vorzunehmen.			
---------	-------------------	--	--	--	--

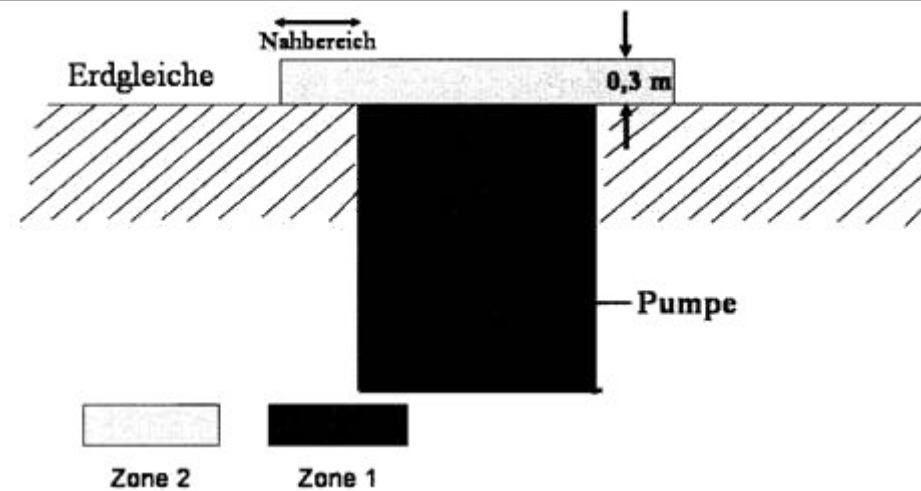
2.2.9.7	Petrochemische Analysengeräteräume (AGR) (technische Ausstattung z.B. nach DIN EN 61285)	a) Probenzuführung begrenzt auf den Bedarf der Analysengeräte, auch bei Wartung oder Störung nur geringe Freisetzung zu erwarten,			
		a1) technische Lüftung mit Zuluft (mind. fünffacher Luftwechsel) aus explosionsfreiem Bereich	2.4.4.3	keine Zone: Im Inneren des AGR keine Zone	keine
		a2) Ansaugen von Zuluft aus Ex-Zone, Gassensor zur Überwachung der Zuluft mit Abschaltung der Lüftung und Abtrennung von Zu- und Abluftleitungen	2.5.3	Zone 2: gesamter Raum, gegebenenfalls nur Teilbereiche	keine
		a3) Ansaugen von Zuluft aus Ex-Zone, Gassensor zur Überwachung der Zuluft mit Abschaltung betriebsmäßiger Zündquellen	2.5.3	Im Inneren des AGR gleiche Zone wie außen	keine
		<i>Hinweis:</i> <i>Bei Einsatz geeigneter, wirksam installierter Gassensoren mit Unwirksammachen aller Zündquellen: keine Anforderungen an Geräte und ortsfeste Installationen.</i>			
		b) Probenströme begrenzt auf den Bedarf der Analysengeräte (Bypass außerhalb des AGR), Freisetzung nicht auszuschließen, technische Lüftung mit Zuluft aus explosionsfreiem Bereich (mind. fünffacher Luftwechsel).	2.4.4.3	Zone 2: im Nahbereich der Austrittsstellen	keine
		<i>Hinweis:</i> <i>Bei Einsatz geeigneter, wirksam installierter Gassensoren mit Unwirksammachen aller Zündquellen: keine Anforderungen an Geräte und ortsfeste Installationen.</i>			
		c) keine Begrenzung der Probenströme (Bypass im AGR), größere Freisetzung nicht auszuschließen.			
c1) Freisetzung wird automatisch erkannt und Gefahr wird kurzfristig beseitigt, technische Lüftung mit Zuluft aus explosionsfreiem Bereich	2.4.4.3	Zone 2: gR	keine		
<i>Hinweis:</i> <i>Bei Einsatz geeigneter, wirksam installierter Gassensoren mit Unwirksammachen aller Zündquellen: keine Anforderungen an Geräte und ortsfeste Installationen.</i>					
c2) Ansaugen von Zuluft aus Ex-Zone, Gassensor zur Überwachung der Zuluft mit Abschaltung der Lüftung und Abtrennung von Zu- und Abluftleitungen		Zone 1: gR	keine		
<i>Hinweis:</i> <i>Keine Zonenreduzierung selbst bei automatischer Leckageerkennung</i>					

Übersicht. Befrachtete Szenarien für petrochemische Analysengeräteräume (AGR)		Technische Lüftung aus explosionsfreiem Bereich	Technische Lüftung aus ex-gefährdetem Bereich (Ex-Zonen)		
			Gassensor → "Abschottung"	Gassensor → "Abschaltung"	
Probenströme begrenzt	nur geringe Freisetzung zu erwarten	Fall a1)	Fall a2)	Fall a3)	
	Freisetzung nicht auszuschließen	Fall b)	nicht betrachtet	nicht betrachtet	
Probenströme nicht begrenzt	größere Freisetzung nicht auszuschließen, automatisch erkannt	Gefahr gegebenenfalls durch technische Lüftung kurzfristig beseitigt	Fall c2)	nicht betrachtet	
2.2.9.8 Innenraum von Instrumentenschutzkästen im Freien					
	a) Leitungen und Geräte auf Dauer technisch dicht.		Im Inneren gleiche Zone wie außen	keine	
	b) Im Innenraum technisch dichte Leitungen und Geräte mit brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten.		Zone 1: Innenraum	keine	
	c) wie b): mit wirksamen Lüftungsöffnungen ins Freie.	2.4.4.2	Im Inneren gleiche Zone wie außen	keine	
2.2.9.9	Kühltürme für Kühlwasser aus Fabrikationsanlagen	Der Eintrag von Kohlenwasserstoffen in Sammelbecken und Kühlturm durch Leckagen in Kühlem ist möglich, wenn der Produktdruck höher als der Kühlwasserdruck ist. Durch Analysegeräte im Prozesskühlwasserrücklauf zum Kühlturm wird der Eintrag erkannt, bevor die UEG erreicht wird.	2.3.2	keine	keine
2.2.9.10	Pumpen				
2.2.9.10.1	In Räumen	a) auf Dauer technisch dichte Pumpen (z.B. magnetgekuppelte Pumpen, Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung und Funktionsüberwachung).	2.4.3.2	keine	keine
	b) kleine Pumpenräume, technisch dichte Pumpen (z.B. Pumpen mit einfach wirkender Gleitringdichtung); Bildung von g.e.A. durch Leckagen möglich.	2.4.4.3	Zone 2: gR	keine	
	c) wie b)	2.4.4.2	Zone 1: gR	keine	
2.2.9.10.2	Im Freien auf Erdgleiche oder darüber	a) auf Dauer technisch dichte Pumpen (z.B. magnetgekuppelte Pumpen, Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung und Funktionsüberwachung).	2.4.3.2	keine Zone	keine
	b) technisch dichte Pumpen (z. B. Pumpen mit einfach wirkender Gleitringdichtung), Kühlluftstrom der Motoren gegen die Pumpen gerichtet. Leckagen möglich, werden aber z.B. durch regelmäßige Kontrollen frühzeitig erkannt.	2.4.3.3	Zone 2: Nahbereich der Dichtung	keine	
	c) technisch dichte Pumpen (z. B. Pumpen mit einfach wirkender Gleitringdichtung). Leckagen möglich, werden aber z.B. durch regelmäßige Kontrollen frühzeitig erkannt.	2.4.3.3	Zone 1: Nahbereich der Dichtung Zone 2: Bis 1 m um die Dichtung	keine	
2.2.9.10.3	Im Freien unter Erdgleiche	a) auf Dauer technisch dichte Pumpen (z.B. magnetgekuppelte Pumpen, Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung und Funktionsüberwachung).	2.4.3.2	keine Zone	keine

		b) technisch dichte Pumpen in Vertiefung (Tiefe kleiner als 1/10 der Breite und kleiner als 1,50 m), Kühlluftstrom der Motoren gegen Pumpen gerichtet. Bildung von g.e.A. durch Leckagen möglich.		Zone 2: Nahbereich um die Dichtung sowie bis zur Wandung der Vertiefung, maximal 5 m Radius um die Pumpe, 0,5 m Höhe	keine
--	--	--	--	---	-------



		c) technisch dichte Pumpen in Grube.		Zone 1: ganze Grube bis Erdgleiche Zone 2: Nahbereich horizontal um Grube bis 0,3 m über Erdgleiche	keine
--	--	---	--	--	-------



2.2.9.11	Rohrleitungen und Armaturen für brennbare Flüssigkeiten				
2.2.9.11.1	In Räumen	Siehe 2.1.1			
2.2.9.11.2	Im Freien	Flammpunkt nicht sicher unterschritten			
		a) Rohrleitung und Armaturen sind auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Rohrleitung und Armaturen sind technisch dicht, durch regelmäßige Kontrollen werden bereits geringe Leckagen frühzeitig erkannt.	2.4.3.3	keine Zone	keine

			2.4.4.2		
		<i>Hinweis:</i> <i>Häufung derartiger Armaturen führt hier nicht zur Akkumulation und damit nicht zur Bildung von g.e.A.</i>			

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
2.3	Inneres von Apparaturen, Behältern und Rohrleitungen - Allgemeines	a) Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten, auch nicht bei seltenen Störungen, wenn:			
		a1) die UEG verfahrensbedingt sicher unterschritten ist; das liegt vor, wenn der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Verarbeitungstemperatur liegt (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)), Temperaturerhöhungen verfahrensbedingt nicht vorliegen und Versprühen oder Vernebeln ausgeschlossen ist;	2.3.2	keine Zone	keine
		a2) die OEG sicher überschritten ist; diese Arbeitsweise ist aufgrund von temperaturabhängigen Kondensationsvorgängen und des möglichen Abstandes vom Gleichgewichtszustand nur bedingt anwendbar;	2.3.2	keine Zone	keine
		a3) die Sauerstoffgrenzkonzentration sicher unterschritten ist;	2.3.3	keine Zone	keine
		a4) verfahrensbedingt Vakuum $\leq 0,1$ bar (absolut) vorliegt. Gesonderte Schutzmaßnahmen (z.B. bei An- und Abfahrvorgängen) sind unter Umständen erforderlich.	2.3.4	keine Zone	keine
		b) Das Auftreten von g.e.A. ist normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig möglich:			
		b1) Aufgrund seltener Störungen oder selten und kurzzeitig auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann		Zone 2	keine
		b1.1) die UEG überschritten werden;	2.3.2		
		b1.2) die OEG unterschritten werden;	2.3.2		
		b1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden;	2.3.3		
b1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck)	2.3.4				
b2) wie b1)		Zone 2	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können		

		c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich:			
		c1) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann		Zone 1	keine
		c1.1) die UEG überschritten werden;	2.3.2		
		c1.2) die OEG unterschritten werden;	2.3.2		
		c1.3) die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden;	2.3.3		
		c1.4) der Druck bei Vakuumbetrieb auf 1/10 des zulässigen Behälterdruckes ansteigen (z.B. 0,1 bar absolut bei 1 bar zulässigem Behälterdruck)	2.3.4		
		c2) wie c1)		Zone 1	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
		d) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf:			
		d1) Das Dampf/ Luft-Gemisch liegt zeitlich überwiegend innerhalb der Explosionsgrenzen.	keine	Zone 0	keine
		d2) wie d1)	keine	Zone 0	erforderlich, da Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
2.4	Fallbeispiele - mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von 2.3				
2.4.1	Ofen mit offener Flamme zum Erhitzen brennbarer Flüssigkeiten in geschlossenen Rohrsystemen (z.B. Röhrenofen)	Die Brennstoffzufuhr ist gemäß DVGW-Regelwerk oder gleichwertig EN 746 abgesichert. Produkte werden über den Flammpunkt erwärmt, Bildung von g.e.A. im Inneren des Ofens nicht möglich, da auf Dauer technisch dicht.	2.3.2	keine Zone innerhalb des Ofens	keine
		<i>Hinweis:</i> <i>Zur Vermeidung einer Explosionsgefahr außerhalb des Ofens sind die äußeren Flanschverbindungen auf Dauer technisch dicht auszuführen.</i>			
2.4.2	Öl- und gasbeheizte Öfen/ Dampferzeuger	Die Brennstoffzufuhr ist gemäß DVGW-Regelwerk oder gleichwertig EN 746 abgesichert.		keine Zone im Brennraum	keine
2.5	Fallbeispiele - mögliche praxisnahe Umsetzung von 2.1 und 2.3				
2.5.1	Behälter zum Mischen oder Dispergieren durch Rühren	Hierzu zählen nicht vollständig geschlossene Behälter mit Rührwerken, z. B. zum Mischen oder Dispergieren, und geschlossene Behälter, die in Lack- und Lösemittelversorgungsanlagen enthalten sind. Weitere Beispiele zur Zoneneinteilung von vollständig geschlossenen Behältern mit fest eingebauten Rührwerken siehe			

		<p>Punkt 2.1 und 2.2. Ergänzende Festlegungen zur Feststoffzugabe siehe 3.2.</p> <p><i>Hinweis: Bei Feststoffeintrag in Lösemitteldampf-Luftgemische kann es zu Büschelentladungen kommen. Daher ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.</i></p>			
2.5.1.1	Inneres von Behältern mit Rührwerken	<p>Brennbare Flüssigkeiten, z. B. Lacke, werden gerührt, ohne Feststoffzugabe. Durch den Betrieb des Rührwerkes können die Stoffe erwärmt werden.</p> <p><i>Hinweis 1: Bei unter Druck stehenden Gefäßen ist ebenfalls eine einsatzstoffbezogene und gerätebezogene Einzelfallbetrachtung notwendig, weil sich die sicherheitstechnischen Kenngrößen bei Abweichung von den atmosphärischen Bedingungen ändern können.</i></p> <p><i>Hinweis 2: Energieeintrag kann entstehen durch Rühren (mechanischer Energieeintrag), z. B. Dispergieren, und/oder durch Zugabe von Komponenten, die eine chemische Reaktion verursachen können.</i></p> <p><i>Hinweis 3: Bei der Zoneneinteilung ist auch der Umgang mit Reinigungsmitteln zu berücksichtigen, z. B. Rühren von Lösemitteln zur Reinigung des Rührwerks.</i></p> <p><i>Hinweis 4: Beim Rühren von Flüssigkeiten können gefährlich hohe Aufladungen entstehen, insbesondere wenn die Flüssigkeit aufladbar ist oder 2-Phasen-Systeme vorhanden sind. Siehe dazu TRGS 727.</i></p> <p><i>Weitere Hinweise siehe Merkblatt T 020 der BG RCI und DGUV Information 209-046.</i></p>			
		<p>a) Die Verarbeitungstemperatur liegt auch während des Rührens aufgrund der geringen Dauer und des geringen Energieeintrags ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)).</p>	2.3.2	keine Zone	keine
		<p>b) Es ist sichergestellt, dass die Verarbeitungstemperatur nur gelegentlich nicht ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit liegt, z. B. durch Überwachung der Mischzeit. Gefährliche elektrostatische Entladungen durch Aufladung von Flüssigkeiten (insbesondere geringer Leitfähigkeit) sind sicher vermieden.</p>	2.3.2	Zone 1	keine
		<p>c) Wie b) jedoch liegt die Verarbeitungstemperatur der Flüssigkeit zeitlich überwiegend oder häufig nicht ausreichend unter dem Flammpunkt.</p>		Zone 0	keine
2.5.1.2	Umgebung von Lack- und Lösemittelversorgungsanlagen in Räumen	In Behältern mit Rührwerken werden die Produkte verarbeitet.			

2.5.1.2.1	Anlagen in offenen Bereichen	Offene Bereiche, z. B. Werkhallen, beinhalten nicht nur die Farbversorgung. Die Materialversorgung umfasst auch Auffangwannen, Behälter, Pumpen und Dosiervorrichtungen, die zur Anlage gehören. Unter Druck betriebene Behälter werden vor der Öffnung entspannt. Die Entspannung der Anlage erfolgt in ein geschlossenes System.			
		a) Verarbeitungstemperatur liegt auch während des Rührens aufgrund der geringen Dauer und des geringen Energieeintrags ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit. Verdösen, Vernebeln und Versprühen ausgeschlossen.	2.3.2	keine Zone	keine
		b) Verarbeitungstemperatur liegt gelegentlich nicht ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit.			
		b1) Anlage einschließlich Behälter auf Dauer technisch dicht aufgrund der technischen Dichtheit in Kombination mit ausreichend häufiger Überwachung auf Dichtheit, z. B. Behälter sind über An- und Abschlusssysteme fest angeschlossen und werden nicht geöffnet. Kein offener Umgang mit Lösemitteln oder Beschichtungsstoffen. Anlage wird im Normalbetrieb nicht geöffnet. Das Öffnen zu Reinigungszwecken ist im Normalbetrieb nicht vorgesehen.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b2) Wie b1), jedoch Anlagenur technisch dicht. Raum mit technischer Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.3	Zone 2: 0,5 m um Anlage bis zum Boden, gesamte Auffangwanne sowie 0,5 m um die Auffangwanne	keine
		b3) Wie b2), jedoch werden Behälter zu Inspektionszwecken und zur Reinigung unter Einsatz einer Objektabsaugung geöffnet, Flammpunkt der Reinigungsflüssigkeit liegt ausreichend über der Umgebungstemperatur.	2.4.3.3 2.4.4.4	Zone 1: im Nahbereich der Freisetzungsquellen Zone 2: 0,5 m um Anlage bis zum Boden, gesamte Auffangwanne sowie 0,5 m um die Auffangwanne	
		b4) Wie b3), jedoch Raum nur technisch belüftet, keine Objektabsaugung.	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 1: 0,5 m um Behälter, die geöffnet werden, bis zum Boden, sowie gesamte Auffangwanne. Zone 2: weitere 0,5 m	keine
		b5) Wie b4), jedoch nur natürliche Lüftung vorhanden.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um Behälter, die geöffnet werden, bis zum Boden, sowie gesamte Auffangwanne Zone 2: weitere 1 m um diese Behälter sowie 1 m um die übrige Anlage bis zum Boden	keine
		c) Verarbeitungstemperatur liegt zeitlich überwiegend oder häufig nicht ausreichend unter dem Flammpunkt.			
		c1) Wie b1)	2.4.3.2	keine Zone	keine
		c2) Wie b2)	2.4.3.3 2.4.4.3	Zone 1: 0,5 m um Anlage bis zum Boden, sowie gesamte Auffangwanne Zone 2: weitere 0,5 m	keine
		c3) Wie b3).	2.4.3.3 2.4.4.4	Zone 1: 0,5 m um Anlage bis zum Boden, sowie gesamte Auffangwanne Zone 2: weitere 0,5 m	keine

		c4) Wie b4).	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 1: 1 m um Behälter, die geöffnet werden, bis zum Boden, sowie gesamte Auffangwanne. Zone 2: weitere 1 m	keine
2.5.1.2.2	Anlagen im Farbversorgungsraum	Wie 2.5.1.2.1, jedoch Anlage in Farbversorgungsraum, der als Auffangeinrichtung dient. Der offene Umgang mit Lösemitteln ist im ganzen Raum möglich. Aufmischen von Farbe in offenen Behältern, z. B. auch Einweggebinden bis 60 l, z. B. mit einem handgeführten Rührwerk ohne Handhabungshilfe, z. B. Balancer, max. 10 min. je Vorgang, jedoch maximal 1 x pro Stunde. <i>Hinweis: Das Handhaben größerer Mengen in permanent offenen Behältern innerhalb geschlossener Räume ist in der Regel aus Gründen des Gesundheitsschutzes ohne zusätzliche Maßnahmen (z. B. Objektabsaugung) nicht zulässig: Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes.</i>			
		a) Verarbeitungstemperatur liegt auch während des Rührens aufgrund der geringen Dauer und des geringen Energieeintrags beim Rühren, z. B. Aufrühren, ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit.	2.3.2	keine Zone	keine
		b) wie a), jedoch liegt Verarbeitungstemperatur nicht ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit.	2.4.4.3	Zone 1: gR	keine
2.5.1.3	Inneres und Umgebung von nicht dichten Rührwerksbehälter in Räumen	Z. B. Lackherstellerrührwerke, Versuchsrührwerke im Technikumsbereich. Behälter während des Rührvorgangs abgedeckt, jedoch einschließlich der Wellendurchführung nicht technisch dicht.			
2.5.1.3.1	Behälter mit Stativrührwerken	Rührwerk zum Mischen einschließlich Dispergieren. Der Rührwerksmotor wird gemeinsam mit der Behälterabdeckung, Rührwelle und Rührorgan angehoben, damit der Behälter bewegt werden kann.			
		a) Verarbeitungstemperatur, auch während des Rührens immer ausreichend unter dem Flammpunkt.			
		a1) Ohne Zugabe von brennbaren Stäuben.	2.3.2	keine Zone	keine
		a2) Behälterdeckel mit verschließbarer Klappe und integrierter nur während der Zugabe von brennbaren Stäuben wirksamer Absaugung. Staubablagerungen werden regelmäßig beseitigt.	2.4.3.4 2.4.4.4	Zone 21: Im Rohgasraum der in der Absaugung befindlichen Staubabscheidung Zone 21: <ul style="list-style-type: none">• im Luftraum im Inneren des Rührbehälters• im Inneren des Einfülltrichters Zone 22: 1 m um Zone 21 bis zur Oberfläche der Abdeckung bzw. bis zum Boden und 1 m um die Außenwand des Behälters.	keine

		<p>b) beim Befüllen liegt die Verarbeitungstemperatur ausreichend unter dem Flammpunkt. Beim Rühren kann es durch den Energietrag dazu kommen, dass die Verarbeitungstemperatur nur gelegentlich nicht ausreichend unter dem Flammpunkt der Flüssigkeit liegt, z. B. durch Überwachung der Mischzeit.</p> <p>Behälter während des Rührens abgedeckt. Nach Erwärmung muss der Behälter geschlossen sein und darf nur kurzzeitig, z. B. zur Probenahme oder zum Wechsel des Behälters geöffnet werden. Keine Zugabe von brennbaren Stäuben. Gefährliche elektrostatische Entladungen durch Aufladung von Flüssigkeiten (insbesondere geringer Leitfähigkeit) sind sicher vermieden.</p>	2.4.3.4 2.4.4.3	<p>Zone 1: im Behälter und im Nahbereich um den Behälter und den angehobenen am Rührwerk befestigten Behälterdeckel und weitere Anbauteile, jeweils bis zum Boden</p> <p>Zone 2: weitere 0,5 m</p>	keine
		<p>c) Verarbeitungstemperatur liegt zeitlich überwiegend oder häufig nicht ausreichend unter Flammpunkt, z. B. durch Energieeintrag beim Rühren. Gefährliche elektrostatische Entladungen durch Aufladung von Flüssigkeiten (insbesondere geringer Leitfähigkeit) sind sicher vermieden. Keine Zugabe von brennbaren Stäuben.</p>			
		<p>c1) Bereits befüllter mit einem Transportdeckel abgedeckter Behälter wird unter das Rührwerk geschoben und nur kurzzeitig zum Absenken und Anheben des Rührwerks geöffnet. Beispiele zum Befüllen siehe 2.2.1 und 2.2.2.</p>	2.4.3.4 2.4.4.3	<p>Zone 0: im Behälter bis zum Behälterdeckel im geschlossenen Zustand Zone 1: 1 m um den Behälter und den angehobenen am Rührwerk befestigten Behälterdeckel und weitere Anbauteile, jeweils bis zum Boden Zone 2: weitere 1 m um die Zone 1</p>	keine
		<p>c2) Behälterdeckel mit verschließbarer Klappe und integrierter nur während des Befüllens wirksamer Absaugung. Die zu verarbeitenden flüssigen Stoffe werden in den unter dem Rührwerk stehenden Behälter eingefüllt. Raum mit technischer Lüftung.</p>	2.4.3.4 2.4.4.4 2.4.4.3	<p>Zone 0: im Behälter bis zum Behälterdeckel im geschlossenen Zustand Zone 1: im Nahbereich um den Behälter und den angehobenen am Rührwerk befestigten Behälterdeckel und weitere Anbauteile, jeweils bis zum Boden Zone 2: weitere 1 m um die Zone 1</p>	keine
2.5.1.3.2	Hängerrührwerk	<p>Das Rührwerk ist an einem Träger über den Behältern fest oder horizontal verfahrbar aufgehängt. Der Rührwerkskopf kann auch in der Vertikalen verschiebbar sein. Die Rührwelle wird in der Regel erst an den Rührwerkskopf angekuppelt, wenn der Behälter unter dem Rührwerk steht. Wird der Rührbehälter vor oder nach dem Rührvorgang zu Transportzwecken bewegt, steht die abgekuppelte Rührwelle im Rührbehälter (Siehe 2.5.1.3.1 b) und c).</p>			

3 Brennbare Stäube

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3	Brennbare Stäube	<p>Handhaben brennbarer Stäube oder fester Stoffe unter Staubaufall. Die Bildung hybrider Gemische nach TRBS 2152 ist auszuschließen, wenn nicht explizit im Beispiel genannt.</p>			

Beispiele für explosionsfähige Stäube siehe auch GESTIS-STAUB-EX, Datenbank "Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben":
www.dguv.de/ifaide/gestis/expl/index.jsp

3.1	Umgebung staubführender Apparate und Behälter - Allgemeines			
3.1.1	Umgebung geschlossener staubführender Apparate und Behälter			
3.1.1.1	In Räumen	a) Apparatur auf Dauer technisch dicht. Bildung von g.e.A. und gefährlichen Staubablagerungen verhindert.	2.4.3.2 2.4.3.5	keine Zone keine
		b) Anlage technisch dicht, aber bereits geringe Leckagen werden schnell erkannt. Leckagen und Ablagerungen werden sofort beseitigt.	2.6	keine Zone keine
		c) Verhinderung des Staubaustritts aus der Apparatur durch Unterdruckfahrweise gewährleistet. Bildung von g.e.A. und gefährlichen Staubablagerungen verhindert.	2.3.4	keine Zone keine
		d) Anlage nicht technisch dicht. Ablagerungen von Staub sind möglich. Staub sedimentiert im Nahbereich der Freisetzungquelle. Staubablagerungen werden regelmäßig beseitigt, können aber nicht vollständig vermieden werden. Parameter für die Staubfreisetzung können sein: <ul style="list-style-type: none"> • Druck in Anlage • Beschaffenheit des Stoffes (Korngrößenverteilung, Dichte, Feuchte, Staubungsneigung). 	2.6	Zone 22: 1 m um die Austrittsstelle bis zum Boden. Ausdehnung ist vom Einzelfall abhängig. keine
		e) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungquellen und/oder der Sedimentationseigenschaft des Staubes im gesamten Raum zu erwarten. Staubablagerungen werden beseitigt.		Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig keine
3.1.1.2	Im Freien	Wie 3.1.1.1, aber: Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, i.d.R. kann sie reduziert werden.		
3.1.2	Umgebung nicht geschlossener staubführender Apparate und Behälter	<i>Hinweis: Unter nicht geschlossenen Apparaten und Behältern werden Einrichtungen verstanden, die betriebsmäßig ständig oder zeitweise offen sind (z.B. Bandförderer, Einfüllöffnungen, Übergabestellen, Probenahmestellen).</i>		
3.1.2.1	In Räumen	a) Um Stellen, die geöffnet werden können z. B. Probenahmestellen, Revisionsöffnungen, kommt es zu Staubfreisetzungen, z. B. bei versehentlichem Anfahren einer Apparatur mit offener Revisionsklappe oder Öffnen von Revisionsklappen während des Betriebs. Die auftretenden Staubkonzentrationen liegen jedoch deutlich unter der UEG (z. B. durch Unterdruckfahrweise oder Objektabsaugung); Staubablagerungen werden durch Reinigen vermieden.	2.4.2 2.4.3.4 2.4.4.4 2.6	keine Zone keine
		b) Wie a), regelmäßige Reinigung wird durchgeführt, jedoch können Staubablagerungen nicht vollständig vermieden werden, z. B. aufgrund nicht ausreichender Objektabsaugung durch ungünstige geometrische Verhältnisse.	2.4.3.4 2.4.4.4 2.6	Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig keine
		c) G. e. A. tritt im Bereich der ständig offenen Stellen gelegentlich auf (z. B. an Übergabestellen, offenen Förderungen, Einschüttgassen) und führt zu Staubablagerungen; Staubablagerungen können nicht vermieden werden.	2.6	Zone 21: im Nahbereich Zone 22: gR keine

3.1.2.2	Im Freien	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.			
3.1.3	Fallbeispiele - mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.1				
3.1.3.1	In Räumen				
3.1.3.1.1	Läger in Speichern und Hallen	a) Offene Lagerung als Schüttgut. G.e.A. tritt beim Ein- und Auslagern, Umschütten auf Staubablagerungen sind vorhanden.	2.4.4.2	Zone 20: im Nahbereich der Abwurfstelle bzw. des Auftreffbereichs; Zone 22: restlicher Raum	keine
		b) Offene Lagerung als Schüttgut mit geringer Staubfreisetzung (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.	2.4.4.2	Zone 22: gesamter Raum	keine
		c) Lagerung in staubdurchlässigen Gebinden, wie z.B. Jutesäcken. Staubablagerungen sind vorhanden.	2.4.4.2	Zone 22: gesamter Raum	keine
		d) Lagerung in staubdichten Gebinden. Mit dem Auftreten von g.e.A. ist nicht zu rechnen. (Wenn z.B. durch Beschädigung von Gebinden größere Staubablagerungen auftreten, werden diese sofort beseitigt).	2.6	keine Zone	keine
3.1.3.1.2	Befüllen und Entleeren (z.B. Sackaufgabestellen, Absackstellen, Waagen) (siehe auch Punkt 3.1.2.1)	a) Um offene Stellen kommt es zu keiner Staubfreisetzung, z.B. Unterdruckfahrweise, Objektabsaugung, häufige Reinigung	2.4.4.4 2.6	keine Zone	keine
		b) Es kann zu Staubfreisetzungen kommen. Auch geringe Staubablagerungen werden beseitigt.	2.6	Zone 22: im Nahbereich	keine
		c) wie a) oder wie b), aber: Bildung von g.e.A. kurzzeitig bei betrieblichen Störungen möglich (z.B. Sackabriss).	2.6	Zone 22: zusätzlich im Auswirkungsbereich der Störung, z.B. des Sackabrisses	keine
		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.	2.4.4.2	Zone 22: gesamter Raum	keine
3.1.3.1.3	Beladen von Getreide und Futtermitteln auf offene Fahrzeuge in Räumen	<i>Hinweis: 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.</i>	2.4.4.4	Zone 21: im Fülltrichter und im offenen Laderaum des Fahrzeuges ; Zone 22: restlicher Raum	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 und Staubanreicherungen sind verhindert;	2.3.2	keine Zone	keine
a2) sichere Zugabe oder Vorhandensein eines nachweislich ausreichenden Anteils inerter Feststoffe gegeben (z. B. über 90 % bei organischen Stäuben) und Entmischung verhindert ist. <i>Hinweis: Entzündungen von Staubablagerungen können ggf. auftreten.</i>	2.3.3.3	keine Zone	keine
a3) die Anlage inertisiert wird. Prozessbedingt und aufgrund der ausreichenden Qualität der Inertisierung und deren Überwachung ist mit dem Auftreten von g. e. A. nicht zu rechnen. Auch im Stillstand der Anlage treten keine Staubablagerungen auf.	2.3.3.3	keine Zone	keine
a4) Anlagen verfahrensbedingt unter Vakuum betrieben werden, solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann.	2.3.4	keine Zone	keine Zone
b) Das Auftreten von g.e.A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig möglich, weil			
b1) keine verfahrensbedingten Staub/ Luft-Gemische vorhanden sind. Aufwirbeln von abgelagertem Staub ist selten und kurzzeitig möglich. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.	2.3.2	Zone 22	keine
b2) wie b1), jedoch können wirksame Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 22	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
b3) verfahrensbedingt die UEG deutlich unterschritten wird (z. B. bei geringen Staubkonzentrationen in Verbindung mit Absaugung zur Verhinderung der Staubakkumulation). Ein Überschreiten der UEG, z. B. durch seltene und kurzzeitige Konzentrationsschwankungen oder Staubaufwirbelungen, ist möglich. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.	2.3.2	Zone 22	keine
b4) wie b3), jedoch können wirksame Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 22	erforderlich
b5) ein ausreichender Anteil inerter Feststoffe (z. B. über 90 % bei organischen Stäuben) zugegeben wird oder vorhanden ist. Entmischung ist verhindert. Unterschreitung des erforderlichen Inertstoffanteils selten und kurzzeitig möglich. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.	2.3.3.3	Zone 22	keine
b6) wie b5), jedoch können wirksame Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 22	erforderlich
b7) die Anlage inertisiert wird. Trotz der Inertisierung der Anlage ist entweder <ul style="list-style-type: none"> • prozessbedingt oder • bei Fehlern in der Inertisierung oder • bei Fehlern in der Überwachung der Inertisierung 	2.3.3.3	Zone 22	keine

selten und kurzzeitig mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung werden wirksame Zündquellen vermieden.			
b8) wie b7), jedoch können wirksame Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 22	erforderlich
b9) die Anlage zwar unter Vakuum betrieben wird, solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann, jedoch können Undichtigkeiten auftreten, die aber sofort erkannt und beseitigt werden. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden	2.3.4	Zone 22	keine
b10) Wie b9), jedoch können wirksame (auch eingetragene) Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden.		Zone 22	erforderlich
c) Das Auftreten von g.e.A. ist gelegentlich möglich, weil			
c1) verfahrensbedingt gelegentlich Staub/Luft-Gemische auftreten (z. B. Behälter mit diskontinuierlicher Befüllung und kurzer Fülldauer). Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.	2.3.2	Zone 21	keine
c2) wie c1), jedoch können wirksame (auch eingetragene) Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden.		Zone 21	erforderlich
c3) verfahrensbedingt die UEG unterschritten wird. Überschreitung der UEG, z. B. durch Konzentrationsschwankungen, ist gelegentlich möglich. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.	2.3.2	Zone 21	keine
c4) wie c3), jedoch können wirksame (auch eingetragene) Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden.	2.3.2	Zone 21	erforderlich
c5) ein ausreichender Anteil inerter Feststoffe (z. B. über 90 % bei organischen Stäuben) zugegeben wird oder vorhanden ist. Unterschreitung des Feststoffanteils gelegentlich möglich. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.	2.3.3.3	Zone 21	keine
c6) wie c5), jedoch können wirksame (auch eingetragene) Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden.		Zone 21	erforderlich
c7) die Anlage zwar inertisiert wird, jedoch trotz der Inertisierung der Anlage entweder <ul style="list-style-type: none"> • prozessbedingt (z. B. beim An- und Abfahren) oder • bei Fehlern in der Inertisierung oder • bei Fehlern in der Überwachung der Inertisierung gelegentlich mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen ist. Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung werden wirksame Zündquellen vermieden.	2.3.3.3	Zone 21	keine
c8) wie c7), jedoch können wirksame (auch eingetragene) Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 21	erforderlich
c9) die Anlagen zwar unter Vakuum betrieben werden solange aufgewirbelter Staub vorhanden ist oder abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann. <u>Jedoch wird</u> z. B. der Ausfall des Vakuums nicht sofort erkannt oder beim An- und Abfahren wird	2.3.4	Zone 21	keine

	gelegentlich das Vakuum aufgehoben. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.			
	c10) wie c9), jedoch können wirksame Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 21	erforderlich
	d) G.e.A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf			
	d1) und wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.		Zone 20	keine
	d2) Wie d1), jedoch können wirksame Zündquellen nicht ausreichend vermieden werden.		Zone 20	erforderlich

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
3.3	Fallbeispiele - mögliche praxisnahe Varianten der Umsetzung von Nr. 3.1				
3.3.1	Läger				
3.3.1.1	Läger in Speichern und Hallen	<p>a) 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>b) Lagerung in staubdurchlässigen Gebinden, wie z. B. Jutesäcken. Staubablagerungen sind vorhanden.</p> <p>c) Offene Lagerung als Schüttgut mit geringer Staubfreisetzung (abhängig von den Stoffeigenschaften, wie Korngrößenverteilung, Dichte, Feuchte, Staubungsneigung). G. e. A. ist im Bereich der Abwurf- bzw. Auftreffstelle nicht zu erwarten. Staubablagerungen sind vorhanden.</p> <p>d) Wie c), jedoch ist g. e. A. gelegentlich im Bereich der Abwurf- bzw. Auftreffstelle zu erwarten. Staubablagerungen sind vorhanden.</p>	2.6	keine Zone	keine
			2.6	Zone 22: gR	keine
			2.6	Zone 22: gR	keine
			2.6	Zone 21: im Nahbereich der Abwurfstelle bzw. des Auftreffbereichs; Zone 22: üR	keine
3.3.2	Umgebung von Befüll- und Entleerstellen (z. B. Big-Bag Absackung, automatische Absackung, Waagen, Sackaufgabe) (siehe auch Punkt 3.1.2.1)				
3.3.2.1	In Räumen	a) Es werden nur geringe Mengen gehandhabt, z. B. Waage im Laborbereich. Unmittelbare Reinigung bei geringen Staubfreisetzungen, z. B. Verschütten.	2.4.2 2.6	keine Zone	keine

		b) Es kommt betriebsmäßig zu keiner Staubfreisetzung, z. B. durch Unterdruckfahrweise, Objektabsaugung. Unmittelbare Reinigung bei geringen störungsbedingten Staubfreisetzungen.	2.4.3.4 2.4.4.4 2.6	keine Zone	keine
		c) Wie a), jedoch keine unmittelbare Reinigung.	2.4.3.4 2.4.4.4 2.6	Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig	keine
		d) Es kann zu Staubfreisetzungen kommen, die nicht unmittelbar zur Bildung von g. e. A. führen. Trotz regelmäßiger Reinigung können begrenzte Staubablagerungen nicht vermieden werden.	2.4.3.4 2.4.4.4 2.6	Zone 22: Ausdehnung der Zone vom Einzelfall abhängig	keine
		e) Wie d), jedoch treten Staubablagerungen im gesamten Raum auf. Trotz regelmäßiger Reinigung können Staubablagerungen nicht vermieden werden.	2.6	Zone 22: gR	keine
		f) Es kann verfahrensbedingt gelegentlich zu Staubfreisetzungen kommen, die zur Bildung von g. e. A. führen (z. B. bei Befüllung: Abriss oder Platzen eines Packmittels).	2.4.3.4 2.4.4.4 2.6	Zone 21: Ausdehnung abhängig von der möglichen Staubwolke Zone 22: weitere Ausdehnung vom Einzelfall abhängig.	keine
3.3.2.2	Im Freien	Wie 3.3.2.1, <u>aber</u> : Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, in der Regel kann sie reduziert werden.			
3.3.3	Beladen				
3.3.3.1	Beladen von offenen Fahrzeugen mit groben Schüttgütern mit Staubanteil (z. B. Getreide und Futtermittel)				
3.3.3.1.1	In Räumen	Das Beladen erfolgt üblicherweise in allseitig geschlossenen Durchfahrten mit Rolltoren an der Ein- und Ausfahrt. Beim Auslaufen am Verladetrichter und Aufschütten in offene Fahrzeuge lässt sich bei Produkten mit hohem Staubanteil durch Staubabsaugung g. e. A. nicht immer vermeiden.	2.4.4.4	Zone 21: im Fülltrichter und im offenen Laderaum des Fahrzeuges Zone 22: üR	keine
3.3.3.1.2	Im Freien	Wie 3.3.3.1, <u>aber</u> : Im Freien kann die Zonenausdehnung infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen verändert sein, in der Regel kann sie reduziert werden.			

3.3.4	Staubführende Leitungen und Förderanlagen	Filter siehe 3.3.5.			
3.3.4.1	Aspirationsleitungen und Absaugleitungen	<p>a) G. e. A. ist betriebsmäßig nicht vorhanden. Staubablagerungen können vermieden werden durch Einhaltung hoher Absauggeschwindigkeiten (> 20 m/s), geeignete Rohrleitungsführung ohne Toträume, regelmäßige Kontrollen.</p> <p><i>Hinweis:</i> Dabei sind auch Störungen des Prozesses und Schwankungen der Zusammensetzung der Produkte zu beachten. Explosionsübertragung kann - selbst bei zonenfreien Aspirationsleitungen - grundsätzlich nicht sicher vermieden werden.</p>	2.4.2	keine Zone	Ist für die vor- oder nachgeschalteten Anlagenteile konstruktiver Explosionsschutz erforderlich, ist dieser auch für die Aspirationsleitungen vorzusehen, z. B. Punkte 2.4 und 2.9
		<p>b) Wie a), jedoch können Staubablagerungen nicht sicher vermieden werden.</p> <p><i>Hinweis:</i> Eine Explosionsübertragung über Aspirationsleitungen kann grundsätzlich nicht sicher vermieden werden.</p>		Zone 22	Ist für die vor- oder nachgeschalteten Anlagenteile konstruktiver Explosionsschutz erforderlich, ist dieser auch für die Aspirationsleitungen vorzusehen, z. B. Punkte 2.4 und 2.9
		<p>c) Undefinierte Staubmengen treten auf und g. e. A. kann nicht sicher vermieden werden, z. B. Absaugung mehrerer Anlagenbereiche.</p> <p><i>Hinweis:</i> Eine Explosionsübertragung über Aspirationsleitungen kann grundsätzlich nicht sicher vermieden werden.</p>		Zone 21	Ist für die vor- oder nachgeschalteten Anlagenteile konstruktiver Explosionsschutz erforderlich, ist dieser auch für die Aspirationsleitungen vorzusehen, z. B. Punkte 2.4 und 2.9
3.3.4.2	Pneumatische Förderung	Saugförderung, Druckförderung (Produktaufgabe siehe 3.3.2.1).			
		a) Die Konzentration liegt während der Förderung so hoch, dass nur bei An- und Abfahrvorgängen (z. B. Dichtstromförderer) g. e. A. zu erwarten ist.	2.3.2	Zone 21	keine
		b) Wie a), jedoch kann der Eintrag von wirksamen Zündquellen von außen (z. B. Glimmnest im Produkt) nicht sicher vermieden werden	2.3.2	Zone 21	erforderlich
		c) G. e. A. ständig, über lange Zeiträume oder häufig zu erwarten.		Zone 20	keine
		d) Wie c), jedoch kann der Eintrag von wirksamen Zündquellen von außen (z. B. Glimmnest im Produkt) nicht sicher vermieden werden.		Zone 20	erforderlich
3.3.4.3	Schneckenförderer, Trogkettenförderer	<p>Produkt wird kontinuierlich zugeführt. Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bzw. Fördergeschwindigkeit so gering, dass Bildung von g. e. A. nur gelegentlich zu erwarten ist. Zur Vermeidung wirksamer Zündquellen wird z. B. berücksichtigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fördergeschwindigkeit unterhalb 1 m/s • Antriebsleistung 		Zone 21	keine

		<ul style="list-style-type: none"> • Heißlaufen innenliegender Lager oder Wellendurchführungen. 			
3.3.4.4	Elevatoren	Elevatoren gehören zu den Anlagenteilen, die das höchste Explosionsrisiko aufweisen. Aufgrund der Bauart kann g. e. A. in Elevatoren nur in seltenen Fällen sicher vermieden werden. Explosionen können aufgrund der langgestreckten Konstruktion größere Auswirkungen als in kubischen Behältern zur Folge haben. Somit ist bei der Beurteilung der Explosionsrisiken, der Auswahl und Umsetzung der Explosionsschutzmaßnahmen besonders sorgfältig vorzugehen.			
3.3.4.4.1	Becherelevatoren, z. B. Gurtbecherwerke	<p>a) Schüttgut bestehend aus Grobkorn (> 1 mm) mit Staubanteil (< 3 Gew.-%).</p> <p>Das Schüttgut mit dieser Kornzusammensetzung wird als nicht explosionsfähig angenommen, jedoch kann durch Anreicherung von Staub eine g. e. A. auftreten.</p> <p>Auch beim Vorhandensein einer Entstaubung (Aspiration) ist mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen.</p> <p>Als Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen sind beispielsweise Schief- und Schlupf- und Drehzahlüberwachung sowie Maßnahmen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung vorhanden. Gleichzeitig sind der Eintrag von Zündquellen sowie das Auftreten von Selbstentzündungsvorgängen sicher vermieden.</p>	2.4.2	Zone 21	keine
		<p>b) Wie a), jedoch können geräteeigene oder eingetragene Zündquellen sowie das Auftreten von Selbstentzündungsvorgängen nicht sicher vermieden werden.</p>	2.4.2	Zone 21	erforderlich
		<p>c) Wie a), jedoch kann eine Explosionsübertragung aus anderen Anlagenteilen nicht sicher vermieden werden.</p>	2.4.2	Zone 21	erforderlich
		<p>d) Wie a), jedoch Schüttgut mit höherem Staubanteil.</p> <p>Das Vermeiden von wirksamen Zündquellen als einzige Schutzmaßnahme ist nur bei Einhaltung definierter Randbedingungen möglich, z. B. geringe mechanische Belastung, zündunempfindliche Stäube, niedrige Brennzahl. Da auch bei seltenen Störungen keine Zündquellen wirksam werden dürfen, sind Experten hinzuzuziehen.</p> <p>Als Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen sind zusätzlich zu den o. g. Randbedingungen u.a. Schief- und Schlupf-, Drehzahl- und Temperaturüberwachung der Lager sowie Maßnahmen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung erforderlich. An die Zuverlässigkeit dieser Überwachungseinrichtung sind erhöhte Anforderungen zu stellen. Gleichzeitig sind der Eintrag von Zündquellen sowie das Auftreten von Selbstentzündungsvorgängen auszuschließen.</p>	2.4.2	Zone 20	keine

		e) wie d), jedoch können geräteeigene oder eingetragene Zündquellen sowie das Auftreten von Selbstentzündungsvorgängen nicht sicher vermieden werden.	2.4.2	Zone 20	erforderlich
		f) Wie d), jedoch kann eine Explosionsübertragung aus anderen Anlagenteilen nicht sicher vermieden werden.	2.4.2	Zone 20	erforderlich
3.3.4.4.2	Winkelbecher-, Pendelbecherwerke, Wellkantenförderer	a) Schüttgut bestehend aus Grobkorn (> 1 mm) mit Staubanteil (< 3 Gew.-%, Staub mit geringer Staubungsneigung). Das Schüttgut mit dieser Kornzusammensetzung wird als nicht explosionsfähig angenommen, jedoch können Staubablagerungen insbesondere im horizontalen Bereich nicht sicher vermieden werden.	2.4.2 2.3.2	Zone 22	keine
		b) Wie a), jedoch enthaltener Staub mit höherer Staubungsneigung.	2.4.2 2.3.2	Zone 21	keine
		c) Schüttgut mit höherem Staubanteil. Auch beim Vorhandensein einer Entstaubung (Aspiration) ist mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Wirksame Zündquellen, insbesondere heiße Oberflächen, z. B. heißlaufende Lager, und Selbstentzündung des Schüttgutes, sind ausreichend sicher zu vermeiden. Als Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen sind beispielsweise Drehzahl- und Temperaturüberwachung der Lager sowie Maßnahmen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung erforderlich. Gleichzeitig sind der Eintrag von Zündquellen sowie das Auftreten von Selbstentzündungsvorgängen auszuschließen.	2.4.2 2.3.2	Zone 21	keine
		d) Wie c), jedoch können geräteeigene oder eingetragene Zündquellen sowie das Auftreten von Selbstentzündungsvorgängen nicht sicher vermieden werden.	2.4.2 2.3.2	Zone 21	erforderlich
3.3.5	Filternde Abscheider (Filter)				
3.3.5.1	Rohgasraum	a) G. e. A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf.			
		a1) Die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubes, liegt ständig oder über lange Zeiträume über der UEG oder das regelmäßige Abreinigen des Filtermediums erfolgt häufig. Wirksame Zündquellen, insbesondere eingetragene Zündquellen oder Selbstentzündung, z. B. im Bereich von Ablagerungen, werden sicher vermieden. <i>Hinweis: Bei Stäuben mit einer MZE < 10 mJ ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.</i>		Zone 20	keine
		a2) Wie a1), jedoch ist die MZE < 3 mJ.		Zone 20	erforderlich
		a3) Wie a1), jedoch können wirksame Zündquellen, insbesondere eingetragene Zündquellen (z. B. Glimmnester oder Funken) oder Selbstentzündung im Abscheider nicht sicher vermieden werden.		Zone 20	erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
		b) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.			

		<p>b1) Die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubes liegt betriebsmäßig unter der UEG (Objektabsaugung, Aspiration) und das Abreinigen des Filtermediums erfolgt nur gelegentlich, z. B. am Schichtende. Wirksame Zündquellen, insbesondere eingetragene Zündquellen oder Selbstentzündung, z. B. im Bereich von Ablagerungen, werden sicher vermieden.</p> <p><i>Hinweis:</i> Bei Stäuben mit einer MZE < 10 mJ ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.</p>	2.3.2	Zone 21	keine
		<p>b2) Wie b1), jedoch können wirksame Zündquellen, insbesondere eingetragene Zündquellen (z. B. Glimmnester oder Funken) oder Selbstentzündung im Abscheider nicht sicher vermieden werden.</p>	2.3.2	Zone 21	erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
		c) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten.			
		<p>c1) Wie a3) oder b2), jedoch wird g. e. A. durch Inertisieren immer sicher verhindert. Die Inertisierung kann mit Feststoffen oder Gasen erfolgen. Bei der Inertisierung mit Gasen ist sichergestellt, dass in Zeiten in denen keine Inertisierung vorliegt, z. B. beim Stillstand der Anlage keine nennenswerten Staubablagerungen vorhanden sind.</p>	2.3.3	keine Zone	keine
		d) Das Auftreten von g. e. A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig möglich.			
		<p>d1) Wie c1), jedoch ist trotz der Inertisierung der Anlage prozessbedingt (z. B. beim Stillstand der Anlage) kurzzeitig mit dem Auftreten von g. e. A. durch Aufwirbeln von Staubablagerungen zu rechnen. Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung werden wirksame Zündquellen sicher vermieden.</p>	2.3.3	Zone 22	keine
		<p>d2) Wie d1), jedoch können während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden.</p>	2.3.3	Zone 22	erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
		e) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.			
		<p>e1) Wie c1), jedoch ist trotz der Inertisierung der Anlage prozessbedingt (z. B. beim An- und Abfahren) gelegentlich mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung werden wirksame Zündquellen sicher vermieden.</p>	2.3.3	Zone 21	keine
		<p>e2) Wie c1), jedoch ist trotz der Inertisierung der Anlage prozessbedingt (z. B. beim An- und Abfahren) oder bei Fehlern in der Inertisierung oder deren Überwachung gelegentlich mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden.</p>	2.3.3	Zone 21	erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
3.3.5.2	Reingasraum	a) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.			
		<p>a1) Im Rohgasraum liegt die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubes ständig oder über lange Zeiträume über der UEG.</p> <p>In Folge einer Filterstörung (z. B. Filterdurchbruch, Dichtungsprobleme) kann auf der Reinluftseite g. e. A. auftreten, es</p>		Zone 21	keine

		werden jedoch keine Maßnahmen zur kurzfristigen Erkennung und Beseitigung der Staubfreisetzung ergriffen. Wirksame Zündquellen werden sicher vermieden, (z. B. Einsatz von geeignetem Ventilator).		
		a2) Wie a1), jedoch können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden.		Zone 21 erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
		b) Das Auftreten von g. e. A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig möglich.		
		b1) Wie a1), jedoch wird ein Filterdurchbruch kurzfristig erkannt (z. B. durch ein Überwachungssystem) und Anlage wird unverzüglich abgefahren und instandgesetzt.		Zone 22 keine
		b2) Wie a2), jedoch wird ein Filterdurchbruch kurzfristig erkannt (z. B. durch ein Überwachungssystem) und Anlage wird unverzüglich abgefahren und instandgesetzt.		Zone 22 erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
		b3) Die Konzentration des erfassten und abzuschheidenden Staubes im Rohgasraum liegt betriebsmäßig unter der UEG. Bei einem Filterdurchbruch oder fehlendem Filterelement wird nur sehr wenig Staub auf die Reingasseite verschleppt. Hierdurch kann im Reingasraum g. e. A. betriebsmäßig nur selten und dann nur kurzzeitig auftreten oder es kommt lediglich zu Staubablagerungen. Wirksame Zündquellen werden sicher vermieden (z. B. Einsatz von geeignetem Ventilator).		Zone 22 keine
		b4) Wie b3), jedoch können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden.		Zone 22 erforderlich, insbesondere Punkte 2.4 und 2.9
		c) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten.		
		c1) Wie b3) oder b4), jedoch ist die Staubmenge so gering dass betriebsmäßig weder g. e. A. noch Staubablagerungen auftreten. Zusätzlich wird ein Filterdurchbruch kurzfristig erkannt (z. B. durch ein Überwachungssystem) und Anlage wird unverzüglich abgefahren, gereinigt und instandgesetzt.		keine Zone keine
		c2) Durch Einsatz eines nachgeschalteten differenzdrucküberwachten Sicherheitsfilters (Polizeifilter) wird g. e. A. auf der Reinluftseite des nachgeschalteten Sicherheitsfilters auch im Falle eines Filterdurchbruchs am Hauptfilter vermieden. Im Fall eines Ansprechens der Differenzdrucküberwachung wird die Anlage umgehend abgefahren, gereinigt und instandgesetzt.	2.3.2	keine Zone nach Polizeifilter keine
		c3) Starrkörper-Filterelemente wie z. B. Plattenfilter, Keramikfilter (Filterdurchbruch konstruktionsbedingt nicht möglich). Der korrekte Einbau der Filter ist überprüft.	2.3.2	keine Zone keine
3.3.6	Silos, Bunker	a) G. e. A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf. Das Produkt wird häufig ein und ausgetragen oder umgewälzt und bleibt langfristig in Schwebelage. Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.		Zone 20 keine
		b) Wie a), jedoch kann der Eintrag von wirksamen Zündquellen (z. B. Glimmnester) nicht sicher vermieden werden.		Zone 20 erforderlich
		c) G. e. A. tritt gelegentlich auf (z. B. Lagersilos mit geringer Entleerrate oder gelegentlich abfallende Anbackungen an		Zone 21 keine

		Wänden). Wirksame (auch eingetragene) Zündquellen werden sicher vermieden.			
		d) wie c), jedoch kann der Eintrag von wirksamen Zündquellen (z. B. Glimmnester) nicht sicher vermieden werden.		Zone 21	erforderlich
		e) G. e. A. tritt normalerweise nicht auf. Es werden nur grobkörnige Stoffe mit geringem Feinanteil in großvolumige Silos eingetragen (z. B. Silos für gereinigtes Getreide)		Zone 22	keine
		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.	2.3.3.3	keine Zone	keine
3.3.7	Mühlen und Auffangbehälter (Mahlgut)	<i>Hinweis: Mühlennachbehälter bilden häufig eine Einheit mit der Mühle. Weitere Beispiele für nachgeschaltete Behälter werden unter 3.2 beschrieben.</i>			
3.3.7.1	Mühlen	a) G. e. A. betriebsmäßig zu erwarten. Mühle (z. B. Hammermühle) ist im Fall von Störungen als wirksame Zündquelle anzusehen.		Zone 20	erforderlich
		b) Wie a) jedoch kann die Mühle konstruktionsbedingt auch bei seltenen Störungen nicht als Zündquelle wirksam werden (z. B. Luftstrahlmühle ohne Rotorsichter).		Zone 20	keine
		c) Aufgrund des hohen Stoffstromes ist g. e. A. nur gelegentlich beim An- und Abfahren zu erwarten, z. B. bei Kugelmühlen oder Walzenstühlen. Geräteeigene Zündquellen treten i.d.R. bei diesen Mühlentypen nicht auf.		Zone 21	erforderlich, sofern der Eintrag von Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden kann
		d) Wie c), jedoch kann der Eintrag von Zündquellen im Normalbetrieb und bei vorhersehbaren Störungen sicher vermieden werden.		Zone 21	keine
		e) Wie a), b), c) oder d), jedoch ist g. e. A. durch Inertisierung immer sicher verhindert.		keine Zone	keine
3.3.7.2	Auffangbehälter (Mahlgut)	a) G. e. A. betriebsmäßig zu erwarten. Eintrag von Zündquellen aus der vorgeschalteten Mühle möglich.	2.3.3.3	Zone 20	erforderlich
		b) Wie a) jedoch ist g. e. A. durch Inertisierung immer sicher verhindert. Weitere Beispiele für nachgeschaltete Behälter siehe 3.2.	2.3.3.3	keine Zone	keine
3.3.8	Mischer (z. B. mechanische Mischer, mit oder ohne bewegliche Einbauten)	Die nachfolgenden Beispiele basieren auf praxisnahen Versuchen mit verschiedenen Horizontal- und Vertikalmischern. Die Versuche wurden mit unterschiedlichen Stäuben durchgeführt. Das Forschungsvorhaben hat gezeigt, dass wie bisher angewendet, ein Füllgrad von mindestens 70 % nicht grundsätzlich zur Vermeidung von g. e. A. führt.			
		a) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.			
		a1) Vertikalmischer, Konusmischer: G. e. A. ist aufgrund einer geringen Staubungsneigung der Mischgüter und maximalen Umfangsgeschwindigkeit der beweglichen Einbauten von $< 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ nur während des Befüllens und Entleerens vorhanden. Geräteeigene Zündquellen werden sicher vermieden. Der Eintrag von Zündquellen (z. B. Glimmnester) ist sicher vermieden.	2.3.2	Zone 21	keine

a2) Wie a1), jedoch können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden.	2.3.2	Zone 21	erforderlich
b) G. e. A. tritt ständig, langfristig oder häufig auf.			
b1) Mischer ohne bewegliche Einbauten: Das Staub/Luft-Gemisch liegt betriebsmäßig im Explosionsbereich. Geräteeigene Zündquellen werden sicher vermieden. Der Eintrag von Zündquellen (z. B. Glimmnester) ist sicher vermieden.		Zone 20	keine
b2) Mischer mit beweglichen Einbauten (z. B. Horizontalmischer, Vertikalmischer). Geräteeigene Zündquellen werden sicher vermieden. Die beweglichen Einbauten können aufgrund der Konstruktion und Bauweise (Spaltmaß zwischen Wand und beweglichen Teilen, Wellenausführung und Lagerung) selbst bei seltenen Störungen nicht zur wirksamen Zündquelle werden. Zur Vermeidung wirksamer Zündquellen wird z. B. berücksichtigt: <ul style="list-style-type: none"> • überwachte Spülung der Wellendurchführungen, • Temperaturüberwachung an Teilen, bei denen ein Heißlaufen nicht sicher vermieden werden kann (z. B. innenliegende Lager), • Verzicht auf lösbare Verbindungen im Inneren, • regelmäßige Wartung und Instandhaltung Der Eintrag von Zündquellen (z. B. Glimmnester, Fremdkörper) ist sicher vermieden.		Zone 20	keine
b3) Wie b1) oder b2), jedoch können Zündquellen nicht sicher vermieden werden.		Zone 20	erforderlich
c) Wie b2), jedoch können während des Mischens geräteeigene Zündquellen nicht sicher vermieden werden, allerdings wird g. e. A. durch Inertisierung soweit verhindert, dass diese Zündquellen nicht wirksam werden. Je nach Wirksamkeit der Inertisierung kann g. e. A. während des Mischens nicht, selten und nur kurzzeitig oder gelegentlich auftreten. Während des Befüllens und Entleerens können Zündquellen sicher vermieden werden. Es ist zu beachten, dass auch bei ausreichender Inertisierung zum Vermeiden von Staubexplosionen ein Entzünden von abgelagertem Staub möglich sein kann. Der Eintrag von Zündquellen (z. B. Glimmnester) ist sicher vermieden.	2.3.3.3	Zone 21	keine
d) Wie c), jedoch können sowohl während des Befüllens bzw. Entleerens als auch während des Mischens geräteeigene störungsbedingte Zündquellen nicht sicher vermieden werden,		Zone 22	keine

		<p>allerdings wird g. e. A. durch Inertisierung in allen o.g. Prozessschritten soweit verhindert, dass diese Zündquellen nicht wirksam werden. Nach dem Entleeren können Staubablagerungen im Mischer vorhanden sein, die durch Aufwirbeln g. e. A. bilden können. Der Eintrag von Zündquellen (z. B. Glimmester) ist sicher vermieden.</p>			
		<p>e) Während der Befüllung wird über die Zugabereihenfolge sichergestellt, dass zunächst die inertierten Stoffe und danach die explosionsfähigen Stoffe eingefüllt werden. In der Fertigmischung ist der Anteil inerte Feststoffe > 90 %. Während der Zugabe wird die Umfangsgeschwindigkeit des Mixers auf < 1 m/s begrenzt. Schnelllaufende Mischwerkzeuge sind während des Befüllvorgangs abgeschaltet. Zündquellen können sicher vermieden werden. Entmischung ist verhindert. Der Eintrag von Zündquellen (z. B. Glimmester) ist sicher vermieden.</p>	2.3.3.3	<p>Zone 21: im Mischer Zone 21: in der Befüllstelle (siehe 3.3.2)</p>	keine
3.3.9	Trockner				
3.3.9.1	Wirbelschichtanlagen (Wirbelschichtgranulatoren, Wirbelschichttrockner, Wirbelschichtcoating-Anlagen)				
3.3.9.1.1	Zuluftvorwärmer	<p>a) Frischluftbetrieb: Konstruktionsbedingt ist kein Eindringen von Staub in gefahrdrohender Menge zu erwarten; auch wenn im Produktraum (siehe 3.3.9.1.3) hybride Gemische während der Trocknung auftreten können, ist im Zuluftvorwärmbereich das Auftreten von Lösungsmittel/ Luft-Gemischen nicht zu erwarten.</p>	2.3.2	keine Zone	keine
		<p>b) Kreisgasbetrieb: Verfahrensbedingt können Staubablagerungen nicht in gefahrdrohender Menge auftreten. Hybride Gemische können infolge Kondensation und Reinigungsstufen im Kreisgas vermieden werden.</p>	2.3.2	keine Zone	keine
3.3.9.1.2	Luftverteiler	<p>a) Aufgrund der Produkteigenschaften (z. B. Partikelgröße) und der Konstruktion des Luftverteilerbodens kann kein Produkt durch den Luftverteilerboden fallen und Staubablagerungen in gefahrdrohender Menge können vermieden werden.</p>	2.3.2	keine Zone	keine
		<p>b) Produkt kann durch den Luftverteilerboden fallen und es können Staubablagerungen in gefahrdrohender Menge auftreten.</p>	2.3.2	Zone 22	keine
		<p>c) Wie a), jedoch können infolge lösungsmittelfeuchtem Produkt oder durch den Sprühprozess bedingt Gas- bzw. Dampf/Luft-Gemische nicht sicher vermieden werden, kann zusätzlich zu a) g. e. A. durch Lösungsmitteldampf/ Luft-Gemische störungsbedingt im Bereich des Luftverteilers auftreten.</p>	2.3.2	Zone 2	erforderlich
		<p>d) Wie b), jedoch können infolge lösungsmittelfeuchtem Produkt oder durch den Sprühprozess bedingt hybride Gemische nicht sicher vermieden werden, kann zusätzlich zu b) g. e. A. durch Lösungsmitteldampf/Luft-Gemische störungsbedingt im Bereich des Luftverteilers auftreten.</p>		<p>Zone 22 Zone 2</p>	erforderlich
3.3.9.1.3	Produktraum	<p>a) Aufgrund der Produkteigenschaften (z. B. staubarme, abriebfeste Granulate) ist im Produktraum beim Trocknen g. e. A. betriebsmäßig nicht zu erwarten. Staubablagerungen können</p>	2.3.2	Zone 22	keine

nicht sicher vermieden werden; es werden keine lösungsmittelfeuchte Produkte eingesetzt; es werden keine brennbaren Lösungsmittel versprüht. Der Eintrag von Zündquellen in den Trockner kann sicher vermieden werden. Entstehung von Selbstentzündung kann verfahrensbedingt und oder produktbedingt sicher vermieden werden.			
b) Im Produktraum kann beim Trocknen grobkörniger oder granulatartiger Produkte g. e. A. örtlich oder zeitlich begrenzt auftreten, z. B. bei nicht abriebfesten Produkten oder bei nicht vernachlässigbarem Feinanteil. Es werden keine lösungsmittelfeuchten Produkte eingesetzt; es werden keine brennbaren Lösungsmittel versprüht. Der Eintrag von Zündquellen in den Trockner kann sicher vermieden werden. Entstehung von Selbstentzündung kann verfahrensbedingt und oder produktbedingt sicher vermieden werden.	2.3.2	Zone 21	keine
c) Im Produktraum kann beim Trocknen staubförmiger Produkte g. e. A. auftreten. Es werden keine lösungsmittelfeuchten Stäube eingesetzt; es werden keine brennbaren Lösungsmittel versprüht. Der Eintrag von Zündquellen in den Trocknern kann sicher vermieden werden. Entstehung von Selbstentzündung kann verfahrensbedingt und oder produktbedingt sicher vermieden werden. <i>Hinweis: Bei Stäuben mit einer MZE < 10 mJ ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.</i>		Zone 20	keine
d) Wie c), jedoch wird der Trockner inertisiert. Trotz der Inertisierung der Anlage ist entweder <ul style="list-style-type: none"> • bei Fehlern in der Inertisierung oder • bei Fehlern in der Überwachung der Inertisierung oder • bei Ablagerungen nach Aufheben der Inertisierung selten und kurzzeitig mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung werden wirksame Zündquellen vermieden.	2.4.3 2.3.3.3	Zone 22	keine
e) Wie c), jedoch wird der Trockner inertisiert. Trotz der Inertisierung der Anlage ist entweder <ul style="list-style-type: none"> • bei Fehlern in der Inertisierung oder • bei Fehlern in der Überwachung der Inertisierung gelegentlich mit Auftreten von g. e. A. zu rechnen.	2.4.3 2.3.3.3	Zone 21	keine

		Während der Betriebszustände mit nicht ausreichender Inertisierung werden wirksame Zündquellen vermieden.			
		f) Wie a) bis c), jedoch kann das Vermeiden wirksamer Zündquellen nicht vollständig umgesetzt werden, daher wird der Trockner mit konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen geschützt.	2.4.3	Zone wie a) bis c)	erforderlich
		g) Wie c), jedoch ist das Auftreten hybrider Gemische während des Trocknungsprozesses nicht sicher vermieden; bedingt durch die hohe Luftzufuhr treten explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische nur gelegentlich auf.	2.4.3	Zone 1 Zone 20	erforderlich
		h) Wie c), jedoch ist das Auftreten hybrider Gemische nicht sicher vermieden; daher wird der Trockner so inertisiert, dass die Bildung von g. e. A. sicher vermieden werden kann.	2.4.3 2.3.3.3 2.3.3.4	keine Zone	keine
3.3.9.1.4	Produktraum bei eingebautem Produktrückhaltefilter	Siehe 3.3.5.1 (Rohgasraum).			
3.3.9.1.5	Umgebung der Wirbelschichtanlage	a) Im geöffneten Zustand der Wirbelschichtanlage treten Staubablagerungen in der Umgebung normalerweise nicht auf; wider Erwarten auftretende Staubablagerungen werden sofort entfernt:	2.3.2	keine Zone	keine
		b) Im geöffneten Zustand der Wirbelschichtanlage können Staubablagerungen in der Umgebung in gefährdender Menge auftreten. Regelmäßige Reinigung wird durchgeführt.	2.3.2	Zone 22	keine
		c) Zusätzlich zu a) kann es selten zu g. e. A. durch Lösungsmitteldampf/ Luft-Gemische kommen.	2.3.2 2.4.4	Zone 2	keine
		d) Zusätzlich zu b) kann es selten zu g. e. A. durch Lösungsmitteldampf/ Luft-Gemische kommen.		Zone 22 Zone 2	keine
3.3.9.2	Sprühtrocknungsanlagen				
3.3.9.2.1	Heißluftzufuhr, Luftverteiler	Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, weil kein Eindringen von Staub in gefährdender Menge zu erwarten. Luftherhitzung erfolgt indirekt.	2.3.2	keine Zone	keine
3.3.9.2.2	Trockenkammer	a) G. e. A. während des Betriebes der Anlage ständig oder häufig vorhanden. Dies gilt auch für den An- und Abfahrbetrieb. G. e. A. im Nahbereich um den Zerstäuber nur selten vorhanden, da Produkt noch nicht ausreichend getrocknet.		Zone 20 Zone 22: im Nahbereich um den Zerstäuber (zweifacher Scheibendurchmesser bei Zentrifugalzerstäubung oder zweifacher des Hülldurchmessers bei Düsenzerstäubung)	erforderlich

		b) Wie a), jedoch können wirksame Zündquellen sicher vermieden werden, Insbesondere Selbstentzündung und Elektrostatik müssen betrachtet werden.		Zone 20 Zone 22: im Nahbereich um den Zerstäuber (zweifacher Scheibendurchmesser bei Zentrifugalzerstäubung oder zweifacher des Hülldurchmessers bei Düsenzerstäubung)	keine
		c) Wie a), jedoch sicher inertisiert.	2.3.3.3	keine Zone	keine
		d) Wie a), jedoch wird Inertisierung zu regelmäßigen Reinigung aufgehoben.	2.3.3.3	Zone 22	keine
3.3.9.2.3	Fließbett intern	Wirksame Zündquellen sind sicher vermieden.			
		a) Oberhalb des Siebbodens: G. e. A. während des Betriebes der Anlage ständig oder überwiegend vorhanden. Dies gilt auch für den An- und Abfahrbetrieb.		Zone 20	keine
		Unterhalb des Siebbodens: G. e. A. selten, nur durch Staubablagerungen möglich.		Zone 22	keine
		b) Wie a), jedoch wirksame Zündquellen sind nicht sicher vermieden.			
		Oberhalb des Siebbodens: Wie a).		Zone 20	erforderlich
		Unterhalb des Siebbodens: Wie a).		Zone 22	erforderlich
3.3.9.2.4	Fließbett extern				
3.3.9.2.4.1	Oberhalb des Siebbodens	a) G. e. A. während des Betriebes der Anlage gelegentlich vorhanden. Dies gilt auch für den An- und Abfahrbetrieb.		Zone 21	erforderlich, wenn das Eintragen von Zündquellen z. B. aus der Trockenkammer nicht sicher vermieden werden kann.
		b) G. e. A. während des Betriebes der Anlage ständig oder häufig vorhanden. Dies gilt auch für den An- und Abfahrbetrieb.		Zone 20	erforderlich, wenn das Eintragen von Zündquellen z. B. aus der Trockenkammer nicht sicher vermieden werden kann
3.3.9.2.4.2	Unterhalb des Siebbodens	G. e. A. selten, nur durch Staubablagerungen möglich.		Zone 22	keine
3.3.9.2.5	Zyklonabscheider				
3.3.9.2.5.1	Zuluftseite	G. e. A. während des Betriebes der Anlage ständig oder überwiegend vorhanden. Dies gilt auch für den An- und Abfahrbetrieb.			
		a) Eingetragene und interne Zündquellen sowie die Übertragung von Explosionen sind sicher vermieden.		Zone 20	keine
		b) Wie a), jedoch können eingetragene oder interne Zündquellen oder Übertragung von Explosionen nicht sicher vermieden werden.		Zone 20	erforderlich

3.3.9.2.5.2	Abluftseite	Einzelfallbetrachtung in Abhängigkeit von den Produkteigenschaften, der Betriebsweise und der Abscheideleistung des Zyklons.			
		a) Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.			
		a1) Eingetragene und interne Zündquellen sowie die Übertragung von Explosionen sind sicher vermieden.		Zone 21	keine
		a2) Wie a1), jedoch können eingetragene oder interne Zündquellen oder Übertragung von Explosionen nicht sicher vermieden werden.		Zone 21	erforderlich
		b) Das Auftreten von g. e. A. ist nur selten und dann auch nur kurzzeitig möglich.			
		b1) Eingetragene und interne Zündquellen sowie die Übertragung von Explosionen sind sicher vermieden.		Zone 22	keine
		b2) Wie b1), jedoch können eingetragene oder interne Zündquellen oder Übertragung von Explosionen nicht sicher vermieden werden.		Zone 22	erforderlich
3.3.9.2.6	Abluftfilter	Siehe 3.3.5			
3.3.9.2.7	Feinpulverrückführung	G. e. A. während des Betriebes der Anlage gelegentlich vorhanden.		Zone 21	keine
3.3.9.3	Hordentrockner/ Tellerrockner	G. e. A. tritt während des Trocknungsvorgangs normalerweise nicht auf. G. e. A. kurzzeitig durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes in Folge von betrieblichen Störungen möglich. Die Trocknung wird so betrieben, dass die Bildung brennbarer Schwelgase und eine Selbstentzündung des Produktes sicher vermieden werden.		Zone 22	keine
3.3.10	Stationäre Strahlanlagen	Die bei der Durchführung von Strahlarbeiten anfallenden Stäube können in Abhängigkeit der Kombination aus Strahlmittel, Werkstückmaterial und dem Werkstück anhaftenden Stoffen (z. B. Öle, Oberflächenbeschichtungen) sowie weiterer Strahlprozessparameter brennbar und im Gemisch mit Luft explosionsfähig sein.			
3.3.10.1	Inneres von Strahlanlagen				
3.3.10.1.1	Inneres von Strahlkammern	a) Die Bildung von g. e. A. ist verhindert durch Strahlen mit nicht explosionsfähigem Strahlmittel und Betrieb mit Strahlmittelaufbereitung (mit Entfernen des Feinanteils) und Absaugung sowie Vermeidung von nennenswerten Ablagerungen in der Strahlkammer.	2.3.2 2.4.4.4	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch nicht alle Bedingungen erfüllt: Einzelfallbefrachtung erforderlich.			
3.3.10.1.2	Inneres von Strahlmittelaufbereitungen	Zur Strahlmittelaufbereitung gehören: <ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Fördereinrichtung, z. B. Schnecke, Elevator • Windsichter. 			
		a) Die Bildung von g. e. A. ist verhindert durch Verwendung von nicht explosionsfähigem Strahlmittel, Entfernen des Feinanteils	2.4.4.4	keine Zone	keine

		und Absaugung. Ablagerungen werden konstruktionsbedingt vermieden.			
		b) Wie a), jedoch können Ablagerungen nicht vermieden werden. Geräteeigene und eingetragene Zündquellen werden vermieden.		Zone 22	keine
3.3.10.1.3	Inneres von Abscheidern				
3.3.10.1.3.1	Inneres von Nassabscheidern	Der anfallende Staub wird in einem Nassabscheider gebunden und fällt nur noch als Schlamm an. Gefährliche Staubanbackungen oder -ansammlungen werden vermieden. Beim Vorhandensein von Aluminium- und Leichtmetallstäuben wird die Ansammlung gefährlicher Wasserstoff/ Luft-Gemische durch Lüftungsmaßnahmen vermieden. Eine hinreichende Verdünnung ist bei laufender Absaugung gewährleistet; bei Stillstand reichen üblicherweise Abströmöffnungen an der Abscheider-Oberseite zur Vermeidung von Anreicherung. Die Abscheidung des Nassabscheiders wird ständig überwacht, z. B. Füllstandskontrolle.	2.2 2.3.2 2.4.4.3	keine Zone	keine
3.3.10.1.3.2	Inneres von Trockenabscheidern	a) Das Auftreten von g. e. A. ist sicher verhindert, wenn <ul style="list-style-type: none"> • Mit einem inerten Strahlmittel (Korund-, Glas-, Keramikanteil) gestrahlt wird und der Anteil dieser Strahlmittel im Strahlstaub größer 90 % ist oder • Stahlwerkstücke mit Korund gestrahlt werden oder • Nachgewiesen wurde, dass der anfallende Strahlstaub nicht staubexplosionsfähig ist. 	2.3.2	keine Zone	keine
		b) Das Auftreten von g. e. A. ist nicht sicher verhindert, siehe 3.3.5 Filternde Abscheider (Filter). <i>Hinweis: Bei Strahlen von Leichtmetallen bzw. Leichtmetall-Eisen-Kombinationen ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.</i>			
3.3.10.1.4	Inneres von Rohrleitungen	a) Gefährliche Staubablagerungen sind durch geeignete Leitungsführung (Einzelabsaugung) und Sicherstellung einer hohen Strömungsgeschwindigkeit sowie regelmäßiger Kontrolle und Reinigung vermieden.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Zentralabsaugung mit mehreren Absaugstellen. Staubablagerungen können nicht sicher vermieden werden.	2.4.4.3	Zone 22	keine
3.3.10.2	Umgebung von Strahlanlagen	Umgebung der Strahlkammer, der Strahlmittelaufbereitung, der Abscheider, Luftrückführungsstellen.			
		a) Staubaustritt wird durch Unterdruckfahrweise vermieden. Ablagerungen von Strahlstaub und Strahlmittel werden durch ein festgelegtes Reinigungsmanagement beseitigt.	2.4.3.4 2.6	keine Zone	keine
		b) Wie a) jedoch sind aufgrund fehlenden Reinigungsmanagement insbesondere im Bereich der Filter und Luftrückführung Staubablagerungen nicht sicher vermieden.	2.4.3.4	Zone 22: in einem Bereich um die Austrittsstelle bis zum Boden. Ausdehnung ist vom Einzelfall abhängig	keine

		c) bei Verwendung von Nassabscheidern zum Abscheiden von Leichtmetallstäuben ist die Ansammlung von Wasserstoff im Deckenbereich durch Lüftungsmaßnahmen verhindert.	2.4.4	keine Zone	keine
3.3.11	Freistrahlräume				
3.3.11.1	Inneres von Freistrahlräumen bei Strahlarbeiten	Ausführung von manuellen Strahlarbeiten in abgesaugten Räumen.			
3.3.11.1.1	Strahlarbeiten mit kontinuierlicher Rückführung	Das Strahlmittel wird vollflächig erfasst und kontinuierlich dem Strahlmittelkreislauf zurückgeführt, siehe 3.3.10.1.1.			
3.3.11.1.2	Strahlarbeiten mit diskontinuierlicher Rückführung	Beim Strahlen ist aufgrund der Absaugung nur mit einem sehr geringen Staubanteil im abgelagerten Strahlmittel und somit nicht mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Das Strahlmittel wird nach Beendigung der Strahlarbeiten erfasst und dem Strahlmittelkreislauf zurückgeführt. Ein Überschreiten der UEG beim Reinigen ist unwahrscheinlich, kann aber nicht sicher vermieden werden.	2.3.2 2.6	Zone 22: gR	keine
3.3.11.2	Inneres von Strahlmittelaufbereitungen	Siehe 3.3.10.1.2.			
3.3.11.3	Inneres von Abscheidern	Siehe 3.3.10.1.3.			
3.3.11.4	Inneres von Rohrleitungen	Siehe 3.3.10.1.4.			
3.3.11.5	Umgebung von Freistrahlräumen	Siehe 3.3.10.2.			

4 Spezielle Anlagen

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.1	Abwassertechnische Anlagen	<i>Hinweis: Bei extremen Störungen oder Zugabe von reinem Sauerstoff sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich. Dämpfe von außen eingetragener brennbarer Flüssigkeiten sind schwerer als Luft. Faulgas hat eine relative Dichte zur Luft von ca. 0,9. Das Ausbreitungsverhalten ist anhand des Dichteunterschiedes nicht eindeutig bestimmbar.</i>			
4.1.1	Abwasserableitung	In den Abwasserableitungsanlagen ist im Normalbetrieb mit dem Auftreten einer g. e. A., durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten (z. B. Benzin) und Gase (z. B. Faulgas, Flüssiggas) zu rechnen.			
4.1.1.1	Umschlossene Räume (Definition siehe BGR/GUV-R 126), in denen Abwasser Bespeichert wird, sowie das Innere von Apparaten, Behältern und Leitungen geschlossener Ableitungssysteme (z. B. Pumpenvorlagen, Pumpensämpfe, Stollen, offene und geschlossene Regenbecken,	Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten einer g. e. A. zu rechnen (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Faulgas).			

	Stauraumkanäle, Schächte, in die Druckrohre entlüftet werden, Dükerbauwerke)				
4.1.1.1.1	In Räumen	a) Umschlossene Räume sind technisch gelüftet und durch Gaswarnanlagen überwacht. Automatische Schaltfunktionen der Gaswarnanlage mit Erhöhung der Lüftungsleistung.	2.4.4.3 2.5.3	Zone 2: im Freisetzungsbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
		b) Wie a), jedoch ohne Gaswarnanlage.	2.4.4.3	Zone 2: gR	keine
		c) Eine natürliche Lüftung ist gewährleistet.	2.4.4.2	Zone 1: gR	keine
4.1.1.1.2	Im Freien	a) Die umschlossenen Räume sind natürlich gelüftet.	2.4.4.2	Zone 2: bis Oberkante umschlossener Raum	keine
		b) Wie a), jedoch kann mit einer natürlichen Lüftung, z. B. bei tiefen Becken nicht gerechnet werden.		Zone 1: bis Oberkante umschlossener Raum	keine
4.1.1.2	Vom Abwasser durchflossene Räume (z. B. Kanäle, Druckrohrleitungen, durchflossene Schächte, Absturzbauwerke, Gerinne)	Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten von Dämpfen brennbarer Flüssigkeiten und Gase zu rechnen.			
		a) Die technische Lüftung ist so ausgelegt, dass oberhalb der Flüssigkeit nicht mit dem Auftreten einer g. e. A. zu rechnen ist.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Eine natürliche Lüftung ist vorhanden.	2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
		c) Die natürliche Lüftung ist nicht vorhanden.		Zone 1: gR keine Zone: oberhalb des Kanaldeckels	keine
4.1.1.3	Räume, die über Öffnungen mit den unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen in Verbindung gebracht werden können (z. B. Räume mit trocken aufgestellten Abwasserpumpen oder geschlossenen Ableitungssystemen, Zugänge zu Regenbecken oder Stauräumen)	Beim Öffnen der Verbindungen zu unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen ist die Bildung einer g. e. A. nicht auszuschließen.			
		a) Die Öffnung ist auf Dauer technisch dicht geschlossen und nur mit speziellen Hilfsmitteln zu öffnen; Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.3.2 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Die Öffnung ist technisch dicht geschlossen; Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: 3 m um die Öffnung	keine
		c) Die Öffnung ist bestimmungsgemäß geschlossen, aber nicht technisch dicht; Raum mit natürlicher Lüftung; technische Lüftung der unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen bewirkt eine Luftströmung aus dem zu betrachtenden Raum in die unter 4.1.1.1 genannten Einrichtung.	2.4.3.4 2.4.4.2	keine Zone	keine
		d) Wie c), jedoch mit technischer Lüftung des Raumes und ohne technische Lüftung der unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen.	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 2: 1 m um die Öffnung	keine
		e) Wie d), jedoch natürliche Lüftung des Raumes.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Öffnung Zone 2: gR	keine
4.1.2	Abwasserbehandlung	Mit dem Auftreten einer g. e. A. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten ist vor allem in den Einlaufbereichen von			

		Abwasserbehandlungsanlagen zu rechnen. Die Bildung einer g. e. A. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten ist auszuschließen, nachdem eine Abwasserbehandlung (z. B. in belüfteten Sandfängen, Belebungsbecken oder anderen Einrichtungen mit natürlicher oder technischer Lüftung) durchgeführt worden ist. Faulgase können durch lange Transportwege in der Abwasserleitung oder bei langen Verweilzeiten in der Abwasserbehandlungsanlage auftreten.			
4.1.2.1	Einlaufbauwerke, z. B. Schneckenhebwerke, Verteilerbauwerke	Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten einer g. e. A. (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Gase/Faulgas) zu rechnen.			
		a) Abgedeckte Bauwerke mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	Zone 2: gR	keine
		b) Wie a), jedoch mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: gR	keine
		c) Nicht abgedeckte Bauwerke.	2.4.4.2	Zone 1: bis Oberkante Bauwerk	keine
4.1.2.2	Rechenanlagen	Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten einer g. e. A. (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Faulgas) zu rechnen. In Abhängigkeit von vorgeschalteten Anlagenteilen kann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer g. e. A. verringert werden.			
4.1.2.2.1	In Räumen	a) Räume mit technischer Lüftung und durch Gaswarnanlagen mit Notfunktion überwacht (Abschaltung von Anlagenteilen, gefahrloses Abfahren der Anlagen).	2.4.4.3 2.5.4	Zone 2: im Freisetzungsbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
		b) Räume mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	Zone 2: gR	keine
		c) Wie b), jedoch mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: im Gerinne Zone 2: üR	keine
4.1.2.2.2	Im Freien	Wie 4.1.2.2, 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.		Zone 1: im Gerinne	keine
4.1.2.3	Sandfang	Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten einer g. e. A. (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Gase/Faulgas) zu rechnen.			
4.1.2.3.1	Nicht belüfteter Sandfang				
4.1.2.3.1.1	In Räumen	a) Raum mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	Zone 2: im Gerinne	keine
		b) Wie a), jedoch nur natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: im Gerinne Zone 2: üR	keine
4.1.2.3.1.2	Im Freien		2.4.4.2	Zone 2: im Gerinne	keine
4.1.2.3.2	Belüfteter Sandfang				
4.1.2.3.2.1	In Räumen	a) Raum mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch nur natürliche Lüftung	2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.1.2.3.2.2	Im Freien				
4.1.2.4	Fäkalannahmestationen und deren Umgebung	Im Inneren der Fäkalannahmestation ist das Auftreten von g. e. A. zu erwarten.			

4.1.2.4.1	In Räumen	a) Objektabsaugung an der Austrittsstelle der Fäkalannahmestation.	2.4.4.4	Zone 2: im Inneren	keine
		b) Aufstellungsraum mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	Zone 1: im Inneren Zone 2: im Nahbereich der Anlage	keine
		c) Aufstellungsraum mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: im Inneren Zone 2: üR	keine
4.1.2.4.2	Im Freien	Objektabsaugung an der Austrittsstelle der Fäkalannahmestation.	2.4.4.4	Zone 2: im Inneren	keine
4.1.2.5	Weitere Anlagenbereiche der Abwasserbehandlung nach einer Behandlung wie unter 4.1.2.1, 4.1.2.2 und 4.1.2.3	Die Bildung einer g. e. A. ist nicht zu erwarten.			
4.1.3	Schlammbehandlung	Schlammbehandlung dient der Entwässerung und Stabilisierung vom Klärschlamm.			
4.1.3.1	Bauwerke in denen Schlamm statisch eingedickt wird (Voreindicker) oder in denen nicht entwässerter und nicht anaerob stabilisierter Schlamm gespeichert wird (z. B. Schlammstapelbehälter)	Diese Bauwerke befinden sich grundsätzlich im Freien. Es muss mit Bildung einer g. e. A. durch Freisetzung von Faulgas gerechnet werden.			
4.1.3.1.1	Abgedeckte Bauwerke	a) Z. B. technische Lüftung vorhanden.	2.4.4.3	Zone 2: gesamtes Bauwerk	keine
		b) Wie a), jedoch mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: gesamtes Bauwerk Zone 2: 1 m um Öffnungen des Bauwerkes	keine
4.1.3.1.2	Offene Bauwerke	a) Natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 2: gesamtes Bauwerk	keine
		b) Natürliche Lüftung ist nicht gewährleistet.		Zone 1: Inneres des offenen Behälters oder Schachtes Keine Zone: außerhalb des offenen Behälters oder Schachtes	keine
4.1.3.2	Geschlossene Faulbehälter	Eine g. e. A. kann im Faulbehälter durch Eindringen von Luft und in seiner Umgebung durch Ausströmen von Faulgas entstehen.			
4.1.3.2.1	Inneres des Gasraumes über dem Schlamm Spiegel (Faulbehälterkopf, Gashaube)	Inneres des Gasraumes, in dem entstehendes Faulgas gesammelt und zu Speicher, ggfs. Aufbereitung und Verbrauchern weitergeleitet wird.			
		a) Im Normalbetrieb verhindert ein geringer Überdruck im Faulbehälterkopf ein Eindringen von Luft und damit die Bildung einer g. e. A. im Faulbehälter.	2.4.2	keine Zone: im Inneren des Gasraumes	keine
		b) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann auch im Normalbetrieb Luft in den Gasraum eintreten und so die OEG unterschritten werden. Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.		Zone 1: über dem Schlamm Spiegel im Inneren des Gasraumes	keine
4.1.3.2.2	Öffnungen vom Gasraum zur Umgebung	Siehe 4.1.4.1.2 und 4.1.4.4.			

4.1.3.3	Schlammtasche	Unmittelbar am Faulturm angebrachter Schacht in dem Schwimmschlamm und verdrängter Faulschlamm gesammelt werden.			
		a) Nicht abgedeckte Schlammtasche.	2.4.4.2	Zone 1: gR im Schacht Zone 2: 1 m um Schachtoberkante	keine
		b) Abgedeckte Schlammtasche.		Zone 1: gR im Schacht Zone 2: 1 m um Öffnungen	keine
4.1.3.4	Bauwerke (z. B. Trübwasserspeicher, Nacheindicker), in denen sich anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm) oder Trübwasser befindet	Diese Bauwerke befinden sich grundsätzlich im Freien. Es muss mit Bildung einer g. e. A. durch Frei-Setzung von Faulgas gerechnet werden. Siehe 4.1.3.1.			
4.1.3.5	Bereiche, in denen entwässerter Schlamm (anaerob oder aerob stabilisiert) gelagert wird				
4.1.3.5.1	In Räumen	a) Offene Lagerung (z. B. in einer Halle oder in offenen Containern in einer Halle). Raum mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.1.3.5.2	Im Freien	a) Offene Lagerung (z. B. Schlamm Lagerplatz oder offener Container).	2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Lagerung in einem Behälter (z. B. Silo). Behälter mit technischer Lüftung.	2.4.4.3	keine Zone: im Behälter	keine
		c) Wie b), jedoch Behälter mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 2: gR im Behälter	keine
		d) Wie b), jedoch Behälter ohne Lüftung.		Zone 1: gR im Behälter	keine
4.1.3.6	Räume, in denen Schlamm maschinell entwässert/ eingedickt wird	Die Bildung einer g. e. A. ist weder in der Anlage noch im Aufstellungsraum zu erwarten.	2.4.4.2	keine Zone	keine
4.1.3.7	Schlammrockner und Räume, in denen getrockneter Schlamm gelagert wird	In Schlammvolltrocknungsanlagen ist mit einer g. e. A. durch Stäube zu rechnen. Trockensubstanz > 95 %.		Hinweise siehe Punkt 3 EX-RL und VDI 2263 Staubbrände und Staubexplosionen erkennen und bewerten	
4.1.4	Faulgasverwertung	Das in geschlossenen Faulbehältern erzeugte Faulgas wird im Gasraum über dem Schlammspiegel (Faulbehälterkopf) gesammelt und abgeleitet, anschließend ggf. aufbereitet, gespeichert, verwertet oder abgefackelt.			
4.1.4.1	Faulgas führende Anlagenteile, soweit nicht unter 4.1.4.2 bis 4.1.4.9 aufgeführt (z. B. Gasleitungen, -filter, -trockner)				
4.1.4.1.1	Inneres von Faulgas führenden Anlagenteilen	a) Die Bildung einer g. e. A. durch Eindringen von Luft wird verhindert durch einen ausreichenden Überdruck.	2.4.2	keine Zone	keine
		b) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände (z. B. Ansprechen von Unterdrucksicherungen beim Einsatz von Gasdruckerhöhungsgebläsen) kann Luft auch im Normalbetrieb in Faulgas führende Anlagenteile gelangen und so die OEG unterschritten werden.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.5.3	keine Zone	keine

		c) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände (z. B. Ansprechen von Unterdrucksicherungen beim Einsatz von Gasdruckerhöhungsgebläsen) kann Luft auch im Normalbetrieb in Faulgas führende Anlagenteile gelangen und so die OEG unterschritten werden.		Zone 1: gR in Faulgas führenden Anlagenteilen	
4.1.4.1.2	Umgebung von Gasleitungen, -filtern und -trocknern				
4.1.4.1.2.1	In Räumen	a) Faulgas führende Anlagenteile auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Faulgas führende Anlagenteile technisch dicht; Räume natürlich gelüftet; wiederkehrende Prüfung der Anlagenteile auf Dichtheit.	2.4.3.3	keine Zone	keine
			2.4.3.5 2.4.4.2		
		c) Faulgas führende Anlagenteile technisch dicht; jedoch mit betriebsbedingten Austrittsstellen (z. B. Probenahmestellen, Spülanschlüsse mit einfachem Absperrorgan) Räume technisch gelüftet; wiederkehrende Prüfung der Anlagenteile auf Dichtheit.	2.4.3.4 2.4.3.5 2.4.4.3	Zone 2: 3 m um die Öffnungen	keine
d) Wie c), jedoch Räume mit natürlicher Lüftung.	2.4.3.4 2.4.3.5 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Öffnungen Zone 2: gR	keine		
4.1.4.1.2.2	Im Freien	a) Faulgas führende Anlagenteile dauerhaft technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Faulgas führende Anlagenteile technisch dicht; wiederkehrende Prüfung der Anlagenteile auf Dichtheit.	2.4.3.3	keine Zone	keine
			2.4.3.5		
c) Faulgas führende Anlagenteile technisch dicht; jedoch mit betriebsbedingten Austrittsstellen (z. B. Probenahmestellen; Spülanschlüsse mit einfachem Absperrorgan); wiederkehrende Prüfung der Anlagenteile auf Dichtheit.	2.4.3.4 2.4.3.5	Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung Zone 2: weitere 2 m um Austrittsöffnung	keine		
4.1.4.1.3	Umgebung von manuellen Probenahmestellen für Gas in Räumen und im Freien	Manuelle Probenahmestelle technisch dicht, da Absperrereinrichtung gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert. Zusätzlicher Verschluss, z. B. zweite Absperrereinrichtung oder gedichtete Schraubkappe, natürliche Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.2	keine Zone	keine
4.1.4.2	Kondensatabscheider	Anlagenteile, die zur Entfernung von Kondensat aus faulgasführenden Anlagenteilen dienen. Kondensatabscheider verfügen immer über Einrichtungen, die einen Gasaustritt verhindern, der zu g. e. A. führt. Einfache Anschlüsse mit Absperrereinrichtung, z. B. an Rohrleitungstiefpunkte angeschweißte Tüllen mit Kugelhahn entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik.			

4.1.4.2.1	In Räumen	a) Mechanischer Kondensatabscheider mit geschlossenem Entwässerungssystem, z. B. Kondensatschleuse. Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.2 2.4.3.4 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Kondensatabscheider mit Wasserverschluss. Funktion der Sperrflüssigkeitsvorlage, z. B. durch Mess- Steuer- und Regeltechnik oder durch geschlossene Systeme, sichergestellt. Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.2 2.4.3.4 2.4.4.2	keine Zone	keine
		c) Kondensatabscheider mit Wasserverschluss. Funktion der Sperrflüssigkeitsvorlage nicht sichergestellt. Mit der Bildung von g. e. A. infolge von Durchschlag oder Austrocknen der Wasserverschlüsse oder infolge von Fehlbedienung ist zu rechnen. Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen des geschlossenen Raumes	keine
4.1.4.2.2	Im Freien	Entwässerungshähne im Freien oder im Freien mündende Leitungen von in Räumen aufgestellten Kondensatabscheidern.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung Zone 2: weitere 2 m um Austrittsöffnung	keine
4.1.4.3	Gasbehälter für Faulgas				
4.1.4.3.1	Gasbehälter mit Stahlummantelung und gewichtsbelasteter Membran (Niederdruckgasbehälter)	Stahlummantelung oberhalb der Membran mit Öffnungen zur Atmosphäre versehen. Die Stahlummantelung des Gasraumes unterhalb der Membran ist auf Dauer technisch dicht und im Bereich der Membran technisch dicht. Wiederkehrende Prüfung (z. B. entsprechend DWA-Merkblatt M 376) der Membrane auf Dichtheit.			
		a) Luftraum zwischen Membran und Stahlummantelung.	2.4.3.2 2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.2	Zone 1	keine
		b) Austrittsöffnungen aus dem Gasraum (z. B. Sicherheitseinrichtungen) Siehe 4.1.4.4.			
		c) Öffnungen vom Luftraum zur Atmosphäre.	2.4.3.4	Zone 2: im Nahbereich	keine
		d) Gasraum			
		d1) Gasraum, wenn eine Absaugung das Eindringen von Luft in den Gasraum verhindert.	2.4.2	keine Zone	keine
		d2) Gasraum, wenn das Eindringen von Luft durch Ansprechen der Unterdrucksicherung möglich ist.	2.4.3.4	Zone 1	keine
4.1.4.3.2	Behälter mit geringem Überdruck	Drucklose Gasbehälter			

		1. Die natürliche Lüftung des Luftraums ist auch bei vollständiger Füllung des Gasraumes durch geeignete Maßnahmen sichergestellt (z. B. Führungsgerüst oder Anordnung der Membran).	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2	keine
		2. Gasraum, wenn das Eindringen von Luft möglich ist, z. B. beim Ansprechen von Unterdrucksicherungen und/oder Leckagen der Membran.	2.4.3.4	Zone 1: gR	keine
		3. Luftraum zwischen Membran und Ummantelung.	2.4.3.4	Zone 1: gR	keine
		4. Austrittsöffnungen aus dem Gasraum siehe 4.1.4.4.			keine
		5. Öffnungen vom Luftraum zur Atmosphäre.	2.4.3.4	Zone 2: im Nahbereich	keine
4.1.4.3.3	Gasbehälter mit druckbeaufschlagter Membran	Gegendruckbehälter			
		1. Die Druckbeaufschlagung erfolgt durch ein Stützluftgebläse.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2	keine
		2. Gasraum.	2.4.3.4	Zone 1: gR	keine
		3. Luftraum zwischen Innenmembran und Ummantelung.	2.4.3.4	Zone 1: gR	keine
		4. Austrittsöffnung der Stützluft.	2.4.3.4	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 2 m	keine
		5. Ummantelung.	2.4.3.3	Zone 2: im Nahbereich	keine
4.1.4.3.4	Freistehende Glockengasbehälter	Siehe 4.2.3.2.2.			
4.1.4.3.5	Freistehende Hochdruckgasbehälter (siehe DVGW - Arbeitsblatt G 433)	Siehe 4.2.3.3.			
4.1.4.4	Bereiche, in die Gasüberdruckentlastungen münden (z. B. am Faulbehälterkopf und am Gasbehälter)	Unmittelbar ins Freie mündende Überdruckentlastungen.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung Zone 2: weitere 2 m um Austrittsöffnung	keine
4.1.4.5	Faulgasaufbereitungsanlagen	Hierzu zählen Anlagen, die zur Aufbereitung und Nutzung des Faulgases auf der Kläranlage dienen.			
4.1.4.5.1	Gasentschwefler auf Basis von Eisenhydroxid	Entschwefler steht betriebsbedingt unter Überdruck. Die Bildung einer g. e. A. ist durch eine geeignete Steuerung und Überwachung der Luftzufuhr verhindert. Bei Entschweflern mit einer Masse, die sich bei der Regeneration selbst erwärmt, wird die Luftzufuhr zusätzlich durch eine Temperaturüberwachung geregelt.	2.4.2 2.3.2	Zone 1: in den Schleusen und 1 m um die Öffnungen Zone 2: weitere 2 m um die Öffnungen	keine
		a) Gasreinigungsmasse wird im laufenden Betrieb über Schleusen entnommen und zugeführt.	2.4.2 2.3.2	Zone 1: in den Schleusen und 1 m um die Öffnungen Zone 2: weitere 2 m um die Öffnungen	keine
		b) Gasreinigungsmasse wird nicht im laufenden Betrieb entnommen und zugeführt. Anlage technisch dicht kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen, wiederkehrende Prüfung auf Dichtheit.	2.4.2 2.3.2 2.4.3.3	keine Zone	keine

			2.4.3.5		
		Hinweis: An Anlagen, die manuell entleert und befüllt werden, tritt eine g. e. A. im Bereich der Befüll- und Entleeröffnungen während der Befüll- und Entleervorgänge auf. In diesem Fall sind individuelle Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich. Zusätzlich ist 4.1.4.1 zu betrachten.			
4.1.4.5.2	Aktivkohlefilter in Räumen und im Freien	Im Betriebszustand ist der Filter wie eine gasführende Leitung mit Probenahmestellen zu betrachten. <i>Hinweis: An Aktivkohleanlagen, die manuell entleert und befüllt werden, tritt eine g. e. A. im Bereich der Befüll- und Entleeröffnungen während der Befüll- und Entleervorgänge auf. In diesem Fall sind individuelle Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich. Beim Wiederbefüllen kann es zu Staubablagerungen kommen. Zusätzlich ist 4.1.4.1 zu betrachten</i>	2.4.2 2.3.2 2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.3.3	keine Zone	keine
4.1.4.6	Druckregler für Faulgas	a) Sicherheitsmembrane zusätzlich zur Arbeitsmembrane.	2.4.2 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Gas kann bei schadhafter Membrane in einen Raum austreten. Raum mit technischer Lüftung.	2.4.4.3 2.4.3.3	Zone 2: gR	keine
		c) Wie b), jedoch Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.4.2 2.4.3.3	Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen des Raumes	keine
		d) Wie b), jedoch Austritt ins Freie.	2.4.4.2 2.4.3.4	Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung Zone 2: weiter 2 m um Austrittsöffnungen	keine
4.1.4.7	Verdichter für Faulgase				
4.1.4.7.1	Inneres von Gebläsen und Verdichtern	a) Die Bildung einer g. e. A. durch Eindringen von Luft wird verhindert durch saugseitige Überwachung eines ausreichenden Überdrucks in Verbindung mit automatischer Abschaltung des Gebläses.	2.4.2	keine Zone	keine
		b) Die Bildung einer g. e. A. durch Eindringen von Luft wird verhindert durch kontinuierliche Sauerstoffmessung auf der Saugseite des Gasgebläses mit automatischer Abschaltung des Gasgebläses bei 3 % Sauerstoffkonzentration.	2.5.3	keine Zone	keine
		c) Im Inneren ist mit der Bildung einer g. e. A. durch Einsaugen von Luft (z. B. über die Unterdrucksicherung und beim Einsatz von Gegendruckbehältern) zu rechnen.	2.4.3.4	Zone 1	keine

4.1.4.7.2	Umgebung von Gebläsen und Verdichtern				
4.1.4.7.2.1	In Räumen	a) Anlage auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Anlage technisch dicht, Kühlluftstrom der Motoren gegen mögliche Austrittstellen gerichtet; Freisetzung wird mittels Gaswarnanlage automatisch erkannt und g. e. A. wird kurzfristig durch technische Lüftung beseitigt; wiederkehrende Prüfung der Anlagenteile auf Dichtheit.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.3 2.5.3	Zone 2: im Nahbereich	keine
		c) Wie b), jedoch keine automatische Gaswarnanlage. Raum mit technischer Lüftung.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.3	Zone 1: 1 m um den Verdichter Zone 2: gR	keine
		d) Wie c), jedoch Raum mit natürlicher Lüftung.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.2	Zone 1: gR	keine
4.1.4.7.2.2	Im Freien	Wie 4.1.4.7.2.1, 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.			
4.1.4.8	Gasfackel	Das Ausströmen von Gas in die Umgebung bei nicht brennender Flamme wird verhindert durch eine automatische Absperreinrichtung gekoppelt mit selbsttätig wirkender Zündeinrichtung und Flammenüberwachung (Zündautomat). In der Gasleitung vor der Fackel befindet sich eine geeignete Flammendurchschlagsicherung.	2.4.2	keine Zone	7.2
4.1.4.9	Faulgas betriebene Maschinen und Brenner	Bildung von g. e. A. außerhalb der Maschinen/Brenner wird durch die Art der Konstruktion verhindert (DIN EN 746-2 Industrielle Thermoprosessanlagen). In der Gasleitung, vor der jeweiligen Einrichtung, befindet sich jeweils eine geeignete Flammendurchschlagsicherung.	2.3.2 2.4.4.2 2.4.3.2	keine Zone: in der Umgebung	7.2
4.1.5	Abluftsysteme	a) Es wird ausschließlich aus einem explosionsgefährdeten Bereich abgesaugt.	2.4.4.3	Zone wie Zone des abgesaugten Bereiches	keine
		b) Es wird aus verschiedenen Bereichen mit und ohne Explosionsgefahr abgesaugt. $\dot{V}_{min} \geq \frac{\dot{G}_{max} \cdot f}{k_{zul} \cdot UEG} \cdot \frac{T}{293 K}$	2.4.4.3	Anhand der Lüftergleichung ist das Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre abzuschätzen	keine
		\dot{V}_{min} Mindestvolumenstrom der reinen Zuluft oder der Abluft (in m ³ /min)			

		<p>\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; in diesen Fällen sind je nach der Wahrscheinlichkeit, mit der die angenommene Quellstärke überschritten werden kann, explosionsgefährdete Bereiche Zone 1 oder 2 festzulegen.</p> <p>T maximale Lufttemperatur im belüfteten Raum (in K)</p> <p>UEG Untere Explosionsgrenze (in g/m³), bezogen auf 20 °C</p> <p>k_{zul} Sicherheitsfaktor, um den die Konzentration c des brennbaren Gases oder Dampfes unter der UEG liegen muss (k_{uzl}) = c/UEG); in der Regel ist wegen der örtlichen und zeitlichen Schwankungen der Konzentration c sowie wegen der Messunsicherheiten der Überwachungseinrichtungen $k_{zul} = 0,5$ zu setzen.</p> <p>f Gütefaktor ($f \geq 1$) zur Erfassung der Qualität der Luftführung. Im Idealfall (keine Strömungshindernisse und Durchströmung aller Raumteile) ist $f = 1$ zu setzen. 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.</p>
--	--	---

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.2	Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas				
4.2.1	Gas-Druckregel- und Messanlagen, Normalbetrieb (GDRM-Anlagen)	Erdgas DVGW-Arbeitsblatt G 260			
4.2.1.1	In Räumen	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.			
		a) (GDRM-Anlagen (MOP bis 5 bar; MOP = Maximal zulässiger Betriebsdruck) gewartet und instand gehalten nach DVGW G 495.			
		a) GDRM-Anlagen (MOP bis 5 bar; MOP = Maximal zulässiger Betriebsdruck) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495.			
		a1) Keine Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum möglich.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		a2) Wie a1), jedoch Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen < 30 l/h in den Aufstellungsraum möglich.	2.4.3.2 2.4.3.4 2.4.4.2	keine Zone	keine
		a3) Wie a1), jedoch Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum mit 70 l/h bis 150 l/h möglich.	2.4.3.2 2.4.3.4	Zone 1: Nahbereich Atmungsventile in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung (Zylinder Ø = 0,6 m; Höhe	keine

			2.4.4.2	H = 1,5 m) Zone 2: gR	
		b) GDRM-Anlage (MOP > 5 bar) gewartet und instand gehalten nach DVGW-Arbeitsblatt G 495.			
		b1) Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen ≤ 30 l/h in den Aufstellungsraum möglich.	2.4.3.3 2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
		b2) Wie b1), jedoch Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum mit 70 l/h bis 150 l/h möglich.	2.4.3.3 2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: Nahbereich Atmungsventile in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung (Zylinder $\varnothing = 0,6$ m; Höhe H = 1,5 m) Zone 2: gR	keine
		b3) Wie b1), jedoch kleine Aufstellungsräume (z. B. nicht begehbare Schrankanlage). Gasfreisetzung über Atmungsöffnungen in den Aufstellungsraum mit 70 l/h bis 150 l/h möglich.	2.4.3.3 2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: gesamter Innenraum der Schrankanlage; Zone 2: Be- und Entlüftungsöffnungen außen mit Halbkreis R = 0,3 m bei Spaltöffnung Breite/Höhe B/H > 10 und Höhe H \ll R nach unten Viertelkreis mit R = 0,3 m und nach oben anschließend 1,5 m und Breite 0,3 m bei Rechtecköffnung Breite/Höhe B/H 1 bis 10 und Höhe H \leq R.	keine
4.2.1.2	Im Freien	GDRM-Anlagen im Freien aufgestellt, DVGW Arbeitsblätter G 491 und G 492. Wie 4.2.1.1, 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.			
4.2.2	Erdgastankstellen	Siehe Erdgas DVGW-Arbeitsblatt G 260 Erdgastankstelle DVGW-Arbeitsblatt G 651/ VD TÜV 510.			
4.2.2.1	Erdgasverdichter in Räumen	Erdgasverdichter mit Nebenanlagen und räumlicher Trennung zu den Pufferbehältern.			
		a) Aufstellung im Raum/Schrank bei 20 % der UEG Alarm bei 40 % der UEG Abschalten. Anlage wird nicht entspannt.	2.4.3.3 2.4.4.2 2.5.3	Zone 1: gR Zone 2: Be- und Entlüftungsöffnungen außen (Zonenausdehnung richtet sich nach den Belüftungsverhältnissen vgl. auch Anlagen nach G 491, Punkt 4.2.1.1)	keine
		b) Aufstellung im Raum/ Schrank bei 20 % der UEG Alarm und Aktivierung der Lüftung bei 40 % der UEG Abschalten der Anlage (Lüftung bleibt aktiv), Absperrung außerhalb des Aufstellungsraumes, Notentspannung des gesamten gasführenden Systems im Raum/ Schrank nach außen.	2.4.3.3 2.4.4.3	Zone 2: gR (Anm.: Erfolgt regelmäßig eine manuelle Kondensatentleerung in den Aufstellungsraum der Anlage ist gR Zone 1)	keine

			2.5.4		
		c) Aufstellung im Raum/Schrank Verdichter mit magnetisch gekoppeltem dichtungslosem Antrieb sowie geeignete Maßnahmen zur Verhinderung der Schwingungsübertragung. Restliche Anlagenteile sind technisch dicht.	2.4.3.2 2.4.4.2	Zone 2: gR (Anm.: Erfolgt regelmäßig eine manuelle Kondensatentleerung in den Aufstellungsraum der Anlage, ist gR Zone 1)	keine
4.2.2.2	Erdgasverdichter im Freien	Wie 4.2.2.1, 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. <i>Hinweis: Dieses Fallbeispiel gilt nicht für im Freien aufgestellte Erdgastankgeräte mit einem Durchsatz unter 10 kg/h.</i>			
4.2.2.3	Kondensatentleerung im Freien	Entleerung wird manuell durchgeführt.	2.4.4.2	Zone 1: Kugel 1 m Durchmesser um Austrittsöffnung	keine
4.2.2.4	Pufferbehälter in Räumen	Pufferbehälter Aufstellung im Raum/ Schrank.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.2.2.5	Verdichter und Pufferbehälter gemeinsam im Raum/ Schrank	Verdichter mit Nebenanlagen und Pufferbehälter gemeinsam in einem Raum aufgestellt.		Die Zonenfestlegung richtet sich nach dem Bauteil mit der höchsten Zonenanforderung entsprechend Punkt 4.2.2.1 oder 4.2.2.4	keine
4.2.2.6	Zapfsäule im Freien	a) Zapfsäule (Aufstellung der Zapfsäule außerhalb des Bereiches von g. e. A. resultierend von Ottokraftstoff oder Flüssiggas. Zonen für Zapfsäulen von Ottokraftstoff oder Flüssiggas sind nach TRbF 40 bzw. TRG 404 festzulegen).	2.4.3.2 2.4.4.2	Zone 2: gR im Gehäuse der Zapfsäule	keine
		b) Zapfpistole/ Abgabereinrichtung.	2.4.3.3 2.4.4.2	keine Zone: durch konstruktive Maßnahmen wird beim Anschließen oder Entfernen der Zapfpistole an der Füllkupplung die Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre vermieden (Rest-Gasvolumen kleiner 0,03 Normliter), es erfolgt eine gefahrlose Entspannung des Füllschlauches vor dem Entfernen der Zapfpistole	keine
4.2.2.7	Ablase- und Entspannungsleitungen im Freien	Siehe Punkt 5.14.			
4.2.3	Gasbehälter				
4.2.3.1	Räume unter Niederdruck-Gasbehältern		2.4.3.3	Zone 2: gR	keine
4.2.3.2	Bereiche um freistehende Niederdruck-Gasbehälter	Siehe auch DVGW-Arbeitsblatt G 430.			

4.2.3.2.1	Scheibengasbehälter		2.4.3.4	Zone 1: Innenraum oberhalb der Scheibe um Entspannungsöffnungen: 5 m horizontal; 2 m nach unten und 10 m nach oben Zone 2: 6 m um den Behälter	keine
4.2.3.2.2	Glockengasbehälter		2.4.3.4	Zone 1: 1 m um den gasführenden Teil der Behälter Zone 2: 6 m um Behälter; nach unten 1 m; bei Wassertassen bis 1 m unter diese	keine
4.2.3.3	Bereiche um freistehende Hochdruck-Gasbehälter	Siehe auch DVGW-Arbeitsblatt G 433 Bildung von g. e. A. durch Undichtheiten möglich.	2.4.3.4	Zone 1: 5 m um mögliche Austrittsstellen, z. B. Mannlöcher, Kondensatablasseinrichtungen, Sicherheitsabblaseventile Zone 2: a. bei Behältern bis 100 m ³ Inhalt 6 m von Behälterprojektion b. bei Behältern über 100 m ³ Inhalt 10 m von Behälterprojektion	keine
4.2.4	Aufbereitung Rohbiogas	Anlagen für die Aufbereitung von Rohbiogas und Einspeisung von Biogas in Gasversorgungsnetze nach DVGW-Arbeitsblatt G 265-1 gewartet und instand gehalten nach DVGW-Merkblatt G 265-2. <i>Hinweis: Flüssiggaslagerung im Tank oder Druckgasflaschen vergleiche EX RL Nr. 1.2.2 und 1.2.3. Angegebene Drücke sind Überdrücke. Werden verschiedene Baugruppen in einem Aufstellungsraum gemeinsam untergebracht, richtet sich die Zone nach der Baugruppe mit der höchsten Zonenanforderung.</i>			
4.2.4.1	Rohbiogasleitung zur Aufbereitungsanlage	Betrachtet wird hier das Innere der Rohrleitung vom letzten Gasspeicher der Biogaserzeugungsanlage(n) bis zur Aufbereitungsanlage einschließlich sämtlicher Abzweige und Einbauten (z. B. Wassertopf). Falls Luft eindringt, kann im Innern der Rohrleitung g. e. A. auftreten.			
		a) Überdruckbetrieb: Der Gasspeicher der Biogaserzeugungsanlage wird sicher im Überdruck betrieben (siehe Punkt 4.8.3.1 a). Ein ausreichender Überdruck in der nachgeschalteten Einspeiserohrleitung verhindert ein Eindringen von Luft in die Aufbereitungsanlage und damit die Bildung von g. e. A. im Inneren der Rohrleitung und in der Aufbereitungsanlage. Verdichter und Druckerhöhungsgebläse dürfen keinen Unterdruck in der Leitung erzeugen. Aufgrund der Wechselwirkung zwischen Biogaserzeugungsanlage und Biogasaufbereitungsanlage ist eine Einrichtung zur Sicherstellung des Überdrucks notwendig.	2.4.2	keine	keine
		b) Der Gasspeicher der Biogaserzeugungsanlage wird sicher im Überdruck betrieben. Unterdruckbetrieb in der Rohrleitung ist nicht auszuschließen.			

		b1) Liegt ein Unterdruck in der Rohrleitung vor, wird das Eindringen von Luft in die Leitung verhindert Die Leitung ist auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine	keine
		b2) Ausreichende organisatorische Maßnahmen sind vorhanden. Die Leitung ist technisch dicht. Liegt ein Unterdruck in der Rohrleitung vor, wird das Eindringen von Luft in die Leitung begrenzt. Die Sauerstoffkonzentration (max. 3 Vol.-%) im Inneren der Leitung wird überwacht, so dass das Entstehen von g. e. A. sicher vermieden wird. Bei Überschreitung des Grenzwertes wird die Aufbereitungsanlage abgeschaltet. Die Sauerstoffgrenzkonzentration liegt bei ca. 13 Vol.-%.	2.5.3 2.4.3.3 2.3.2	keine	keine
		c) Plötzlicher Eintritt von Luft in die Rohrleitung ist möglich (durch Lufteintritt in der vorgeschalteten Biogaserzeugungsanlage, z. B. im Fermenter/Gasspeicher) und damit auch die Bildung von g. e. A.. Begrenzung der Ausdehnung von g. e. A. in der Rohrleitung und gegebenenfalls Apparaten durch Absperrung in der Leitung. Zwei unabhängige Messungen, z. B. eine sichere Sauerstoffkonzentrationsmessung (Abschaltung bei max. 3 Vol.-%) in der Rohrleitung mit Auslösung von Notfunktionen, automatisches Absperrern der Rohrleitung. Zusätzlich Methan OEG-Überwachung, bei Unterschreitung von 140 % der OEG von Methan im Gasgemisch erfolgt Absperrung der Rohrleitung (Bezugsgröße für den Wert der OEG ist hierbei die geringste zu erwartende Methankonzentration im Gasgemisch, vgl. dazu auch: Schröder, V. u. a.: die Explosionsgrenzen von Biogas in Luft, TÜ Bd. 49 (2008) Nr. 1/2 - Jan./Feb.). Die Lage der Absperrarmatur nach der Messstelle ergibt sich aus dem Totvolumen, das dem Produkt aus Reaktionszeit der Messung und Gasvolumenstrom entspricht und der Schließzeit der Absperrarmatur.	2.5.4 2.4.3.3	Zone 1: in der Leitung bis zur Absperrarmatur eine Zone: nach der Absperrarmatur	keine
4.2.4.2	Umgebung von Gasleitungen, Armaturen, Druckbehälter	Gasführende technische Ausrüstungen sind mechanisch, chemisch und thermisch Beständig, sowie			
4.2.4.2.1	In Räumen	a) bis 5 bar auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2 2.4.4.2	keine	keine
		b) technisch dicht.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.2.4.2.2	Im Freien	Wie 4.2.4.2.1, 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.			
4.2.4.3	Umgebung von Kondensatablässen	Bei Entwässerungshähnen (Kondensatablass) ist mit der Bildung einer g. e. A zu rechnen:			
4.2.4.3.1	In Räumen	a) Durch den Einsatz von geschlossenen Entwässerungssystemen, Schleusen mit Doppelabsperrarmaturen oder Entwässerungsautomaten ist ein Gasaustritt verhindert.	2.4.2 2.4.3.4	keine	keine

		b) keine geschlossenen Entwässerungssysteme, Schleusen mit Doppelabsperrarmaturen oder Entwässerungsautomaten, jedoch technische Lüftung vorhanden.	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 2: gR	keine
		c) Wie b), jedoch nur natürliche Lüftung vorhanden.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: gR (Be- und Entlüftungsöffnungen außen vgl. Punkt 4.2.4.8)	keine
4.2.4.3.2	Im Freien	Manuelle Kondensatentleerung.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m Durchmesser um die Austrittsöffnung	keine
4.2.4.4	Gasverdichter	Gasverdichter mit Nebenanlagen.			
4.2.4.4.1	In Räumen	a) Verdichter mit magnetisch gekoppeltem dichtungslosem Antrieb sowie geeignete Maßnahmen zur Verhinderung der Schwingungsübertragung. Restliche Anlagenteile sind technisch dicht.	2.4.2 2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
		b) Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen: <ul style="list-style-type: none"> • bei maximal 20 % der UEG Alarm und Aktivierung der Lüftung <ul style="list-style-type: none"> ◦ bei maximal 40 % der UEG abschalten der Anlage (Lüftung bleibt aktiv), Absperrung außerhalb des Aufstellungsraumes, Notentspannung des gesamten gasführenden Systems im Raum nach außen. 	2.5.4 2.4.3.3 2.4.4.3	Zone 2: gR	keine
		c) Gaswarnanlagen mit automatischer Schaltfunktion <ul style="list-style-type: none"> • bei maximal 20 % der UEG Alarm • bei maximal 40 % der UEG abschalten, Anlage wird nicht entspannt. 	2.5.3 2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: gR Zone 2: Be- und Entlüftungsöffnungen außen (Zonenausdehnung richtet sich nach den Belüftungsverhältnissen vgl. auch Anlagen nach DVGW G 491 (A), Punkt 4.2.1.1)	keine
4.2.4.4.2	Im Freien	Wie 4.2.4.4.1, aber: Im Freien kann infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
4.2.4.5	Druckerhöhungsgebläse	Druckerhöhungsgebläse ist so konstruiert, dass ein Druckausgleich zwischen Druck- und Saugseite bei Abschaltung des Gebläses selbstständig auf Umgebungsdruck erfolgt.			
4.2.4.5.1	In Räumen	a) Gasführende Rohrleitungen und Gebläse, technische Ausrüstungen sind technisch dicht sowie mechanisch, chemisch und thermisch beständig und zusätzlich bei 20 % der UEG Alarm bei 40 % der UEG abschalten des Druckerhöhungsgebläses.	2.5.3 2.4.3.3 2.4.4.2	keine Zone	keine

		b) Gasführende Rohrleitungen und Gebläse, technische Ausrüstungen sind technisch dicht sowie mechanisch, chemisch und thermisch beständig.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
		c) Aufstellung Druckerhöhungsgebläse in Räumen, Gebläse nicht technisch dicht.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: gR Zone 2: Be- und Entlüftungsöffnungen außen (vgl. Punkt 4.2.4.8)	keine
4.2.4.5.2	Im Freien	Wie 4.2.4.5.1, aber: im Freien kann infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
4.2.4.6	Biogasaufbereitungsverfahren	Aufbereitungsverfahren für Rohbiogas, die im DVGW-Arbeitsblatt G 265-1 beschrieben werden.			
4.2.4.6.1	Druckwechseladsorption				
4.2.4.6.1.1	In Räumen	a) Gasführende Rohrleitungen, technische Ausrüstungen und Adsorber sind auf Dauer technisch dicht sowie mechanisch, chemische und thermisch beständig (Druck kleiner/gleich 5 bar).	2.4.3.2 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Gasführende Rohrleitungen, technische Ausrüstungen und Adsorber sind technisch dicht sowie mechanisch, chemisch und thermisch beständig.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.2.4.6.1.2	Im Freien	Wie 4.2.4.6.1.1, aber: Im Freien kann infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
4.2.4.6.2	Physikalische Wäsche (z. B. Druckwasserwäsche)	Gasführende Rohrleitungen, technische Ausrüstungen und Adsorber sind technisch dicht sowie mechanisch, chemisch und thermisch beständig.			
4.2.4.6.2.1	In Räumen	Anlagenteile technisch dicht und natürliche Lüftung vorhanden.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.2.4.6.2.2	Im Freien	Wie 4.2.4.6.2.1, aber: Im Freien kann infolge von Witterungseinflüssen gegenüber vergleichbaren Situationen in Räumen im Allgemeinen eine Zone mit geringeren Anforderungen festgelegt bzw. die Zonenausdehnung reduziert werden.			
4.2.4.6.3	Aminwäsche	In der Waschkolonne kann Unterdruck auftreten, wenn nach einer Notabschaltung mit geschlossenen Ein- und Austrittsarmaturen das restliche CO₂ durch das Absorptionsmittel aufgenommen wird.			
		a) Flutung der Kolonne mit Inertgas.	2.3.3	keine	keine
		b) Wird der Volumenausgleich durch Luft hergestellt, können ca. 20 % des Kolonnenvolumens mit Luft geflutet werden, die sich mit dem vorhandenen Gas mischen. Bis zum vollständigen Erreichen der OEG-Grenze ist temporär eine g. e. A. vorhanden.		Zone 2: Im Inneren	keine

4.2.4.6.4	Membranverfahren				
4.2.4.6.4.1	Membranmodule und statische Anlagenteile	Gasführende Anlagenteile auf Dauer technisch dicht und Druck kleiner/gleich 5 bar (siehe 4.2.4.6.1). Gasführende Anlagenteile technisch dicht (Rohrleitungen, Membranmodulbehälter (siehe 4.2.4.2)). Gasführende Anlagenteile im Unterdruck (siehe 4.2.4.1).			
4.2.4.6.4.2	Druckerhöhung	Gasverdichter für Druckerhöhung zur Einspeisung in die Membranmodule (siehe 4.2.4.4.1 und 4.2.4.4.2).			
4.2.4.7	Aktivkohlefilter	An Aktivkohlefiltern für die Entschwefelung, die regelmäßig manuell entleert und befüllt werden, kann eine g. e. A. im Bereich der Befüll- und Entleerungsöffnungen während der befüll- und Entleervorgänge auftreten. Beim Entleeren kann es zu Staubablagerungen kommen.	2.4.4.2	Zone 2 und 22: im Inneren und R = 1,5 m um Entleerungs- und Befüllöffnungen außen	keine
4.2.4.8	Gas-Druckregel- und Messanlagen	Siehe Nr. 4.2.1 und DVGW-Arbeitsblatt G 491.			
4.2.4.9	Odorieranlage	Siehe DVGW-Arbeitsblatt G 280-1.			
4.2.4.10	Abblase- und Entspannungsleitungen im Freien	Siehe Nr. 5 und DVGW-Merkblatt G 442, jedoch nur für aufbereitetes Gas anwendbar (Gase nach DVGW-Arbeitsblatt G 260, 2. Gasfamilie).			
4.3	Kohlenstaubanlagen und Brikettfabriken				
4.3.1	Zentralmahlanlagen und Räume mit Brikettpressen				
4.3.1.1	Das Innere von Kohlemahlanlagen	a) Bildung von g. e. A. durch Kohlenstaub im Inneren der Mahlanlage wegen der realisierten Inertisierung nicht betriebsmäßig zu erwarten; es treten Kohlenstaubablagerungen betriebsmäßig auf, so dass die Entstehung von Glimmnestern oder Selbstentzündungsvorgänge trotz Inertisierung nicht vollständig ausgeschlossen sind. Bei längeren Stillstandszeiten wird die Anlage leer gefahren und die Inertisierung danach aufgehoben. Gegebenenfalls ist die Entstehung von Methangas nicht auszuschließen, jedoch ist die Bildung von g. e. A. durch Methangas wegen der Inertisierung nicht möglich, da die Anlage bei längeren Stillstandszeiten leer gefahren wird, ist auch nach Aufhebung der Inertisierung nicht mit der Bildung von g. e. A. zu rechnen.	2.3.3 2.4.3.2	Zone 22	keine
		b) Die umgesetzten Inertisierungsmaßnahmen erfolgen mit Rauchgas. Während der An- und Abfahrvorgänge sowie bei Störungen kann die Inertisierung nicht sichergestellt werden. Daher ist die Bildung von g. e. A. durch Kohlenstaub im Inneren der Mahlanlage nicht ausgeschlossen. Kohlenstaubablagerungen treten betriebsmäßig auf, so dass die Entstehung von Glimmnestern oder Selbstentzündungsvorgänge nicht ausgeschlossen sind. Gegebenenfalls ist die Entstehung von Methangas nicht auszuschließen, jedoch ist die Bildung von g. e. A. durch Methangas aufgrund des hohen Luftdurchsatzes nicht zu erwarten; bei längeren Stillstandszeiten wird die Anlage leer gefahren, so dass auch dann mit der Entstehung gefährlicher Methankonzentrationen nicht zu rechnen ist.	2.3.3, kann nicht vollständig erfolgen 2.4.3.2	Zone 21	erforderlich

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.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Technische Dichtigkeit der Anlage nicht auf Dauer gewährleistet; Leckagen und anfallende Stäube werden unverzüglich beseitigt.	2.4.3.3 2.6	Zone 2: im Nahbereich	keine
4.3.1.3	Räume mit Brikettpressen	Bildung von g. e. A. durch Methan gelegentlich zu erwarten; Kohlenstaubablagerungen sind betriebsmäßig vorhanden. Kohlenstaubablagerungen sind betriebsmäßig vorhanden.	2.4.4.2	Zone 1: 3 m Zone 2: weitere 5 m um die Brikettpresse Zone 22: gR	keine
4.3.2	Roh- und Feinkohlenbunker				
4.3.2.1	Das Innere von Roh- und Feinkohlenbunkern	Die Bunker werden gelegentlich befüllt. Bildung von g. e. A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten; wirksame Zündquellen, z. B. Glimmnester, können nicht vollständig ausgeschlossen werden.	2.4.4.2	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.	2.4.4.2	Zone 1: im Bereich des Bunkerkopfes Zone 2: anschließender Bereich Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine
		b) Die Aufstellung erfolgt im Raum. Bildung von g. e. A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten.	2.4.4.3	Zone 2: im Nahbereich des Bunkerkopfes Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine
		c) Die Aufstellung erfolgt im Freien. Bildung von g. e. A. durch Methan und Kohlenstaub zu erwarten.	2.4.4.2	Zone 2: im Nahbereich des Bunkerkopfes Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine
4.4	Steinkohlenaufbereitungsanlagen				
4.4.1	Rohwaschkohlen- und Staubbunker				
4.4.1.1	Im Inneren	a) Bildung von g. e. A. durch Methanausgasung möglich. Aufgrund der Feuchtigkeit ist die Wirbelfähigkeit des Kohlenstaubes stark eingeschränkt, jedoch sind explosionsfähige Kohlenstaubablagerungen betriebsmäßig zu erwarten.	2.4.4.2	Zone 1 Zone 22	keine
		b) Wie a)	2.4.4.3	Zone 2 Zone 22	keine
4.4.1.2	Umgebung von Einrichtungen	a) Staubablagerungen nicht auszuschließen. Leckagen werden sofort beseitigt. Staubablagerungen werden unverzüglich entfernt.	2.6	keine Zone	keine
		b) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungsquellen und/oder der Sedimentationsgeschwindigkeit des Staubes zu erwarten. Staubablagerungen werden gelegentlich befeuchtet und regelmäßig beseitigt.	2.6	Zone 22: Ausdehnung vom Einzelfall abhängig	keine

		c) Staubablagerungen sind aufgrund der Vielzahl möglicher Freisetzungquellen und der Sedimentationsgeschwindigkeit des Staubes im gR zu erwarten, Ablagerungen werden regelmäßig beseitigt.	2.6	Zone 22: gR	keine
4.4.2	Sieb- und Brecheinrichtungen sowie Sichter				
4.4.2.1	Im Inneren der Einrichtungen	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.		Zone 20	keine
		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.		Zone 20	erforderlich, da betriebsmäßige Zündquellen nicht hinreichend vermieden werden können
4.4.2.2	Umgebung der Einrichtungen	Siehe 4.4.1.2.			

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)

Vorbemerkung zu Abschnitt 4.5

Zusätzlich zu 2.1 der Beispielsammlung werden hier spezielle branchenspezifischen Lösungen aus dem Bereich der Beschichtungs- und Lackindustrie aufgeführt. Eine Übertragung auf andere Fragestellungen ist nicht ohne weiteres möglich. Bei der Festlegung der angegebenen Maßnahmen wurden spezielle Randbedingungen berücksichtigt, ohne sie in jedem einzelnen Punkt aufzuführen. Neben den Beschichtungsstoffen sind auch die eingesetzten Stoffe bei Spül- und Reinigungstätigkeiten zu berücksichtigen.

Ein Teil der in diesem Abschnitt aufgeführten Beispiele zur Zoneneinteilung innerhalb und gegebenenfalls außerhalb von Beschichtungsanlagen basieren auf der Einhaltung einer maximalen Konzentration brennbarer Stoffe in Luft, deren Berechnung im Anhang dieses Abschnitts gezeigt und erläutert wird. Die Grundlagen für diese Berechnungen sind in europäischen Normen festgelegt. Dabei ist die sogenannte "Verspritzte Höchstmenge flüssiger organischer Beschichtungsstoffe/Stunde" bzw. die "pro Stunde versprühte höchste Pulverlackmenge" bzw. die "pro Stunde versprühte höchste Flockmenge" zu verstehen als der maximale Massestromwert, der auch bei kurzzeitigem Einsatz (z. B. für intermittierendes Beschichten) nicht überschritten wird. Dieser wird in den folgenden Beispielen als maximale Durchschnittskonzentration bezeichnet. Es ist also in den folgenden Beispielen nicht der durchschnittliche Verbrauch an Beschichtungsstoffen, z. B. über eine Arbeitsschicht oder ein Jahr, zugrunde zu legen.

Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Das Applikationsgerät (mit Zuführung) ist so einzusetzen, dass keine wirksame Zündquelle entsteht. Konventionelle, nichtelektrostatische Spritz- oder Sprühpistolen weisen im bestimmungsgemäßen Betrieb selbst keine wirksamen Zündquellen auf. Der Spritz- oder Sprühprozess kann aber zur Ladungstrennung mit Gefahr zündwirksamer Entladungen führen ebenso wie ein nicht geerdetes oder isolierendes Werkstück, an welches eine Erde herangeführt wird (z. B. durch geerdetes Werkzeug, Bedienungsperson).

Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen den relevanten europäischen Sicherheitsnormen (DIN EN 50050-1, DIN EN 50050-2, DIN EN 50050-3, DIN EN 50059, DIN EN 50176, DIN EN 50177, DIN EN 50223, DIN EN 50348) entsprechen und bestimmungsgemäß betrieben werden.

Beschichtungsanlagen, die gemäß den Normen DIN EN 12215, DIN EN 13355, DIN EN 12981 oder DIN EN 50223 gebaut und installiert sind, können ohne zusätzliche technische Maßnahmen mit der im Abschnitt 4.5 beschriebenen Zoneneinteilung betrieben werden. Auch auf ältere Anlagen, die die genannten Normen nicht erfüllen, können die Beispiele angewendet werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Anlagen hinsichtlich der Maßnahmen zum Explosionsschutz gleichwertig sind.

Für ältere Anlagen, die den oben genannten Normen nicht entsprechen sowie hinsichtlich der Maßnahmen zum Explosionsschutz nicht auf gleichwertigem Stand sind, gilt der Abschnitt 4.5 nicht. Eine Zonenfestlegung kann in diesen Fällen für ältere Anlagen nach dem so genannten Flammpunktkriterium erfolgen, siehe DGUV Information 209-046 "Lackieräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe".

Ergänzend zu Abschnitt 3 der Beispielsammlung ist bei mehrstufigen Rückgewinnungssystemen von Pulver- und Flockanlagen zur Zoneneinteilung eine Berechnung der Staub- bzw. Flockkonzentration möglich, weil der maximale Staubeintrag in das Rückgewinnungssystem bekannt ist. Auch diese Berechnung ist im Anhang dieses Abschnitts aufgeführt.

Zusätzlich zu 2.1 der Beispielsammlung werden hier spezielle branchenspezifischen Lösungen aus dem Bereich der Beschichtungs- und Lackindustrie aufgeführt. Eine Übertragung auf andere Fragestellungen ist nicht ohne weiteres möglich. Bei der Festlegung der angegebenen Maßnahmen wurden spezielle Randbedingungen berücksichtigt, ohne sie in jedem einzelnen Punkt aufzuführen.

Alle in diesem Abschnitt aufgeführten Beispiele zur Zoneneinteilung innerhalb und gegebenenfalls außerhalb von Beschichtungsanlagen basieren auf der Einhaltung einer mittleren Durchschnittskonzentration brennbarer Stoffe in Luft, deren Berechnung in DIN EN 12215, DIN EN 13355 und DIN EN 12981 beschrieben ist. Dabei ist die sogenannte "Verspritzte Höchstmenge flüssiger organischer Beschichtungsstoffe/Stunde" bzw. die " pro Stunde versprühte höchste Pulverlackmenge" zu verstehen als der maximale Messestromwert, der auch bei kurzzeitigem Einsatz (z. B. für intermittierendes Beschichten) nicht überschritten wird. Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Das Applikationsgerät (mit Zuführung) ist so einzusetzen, dass keine wirksame Zündquelle entsteht. Konventionelle, nichtelektrostatische Spritz- oder Sprühpistolen weisen im bestimmungsgemäßen Betrieb selbst keine wirksamen Zündquellen auf. Der Spritz- oder Sprühprozess selbst kann aber zur Ladungstrennung mit Gefahr zündwirksamer Entladungen ebenso führen wie ein elektrostatisch nicht ableitfähiges Werkstück, an welches eine Erde herangeführt wird (z. B. durch geerdetes Werkzeug, Bedienungsperson).

Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen den relevanten europäischen Sicherheitsnormen entsprechen und bestimmungsgemäß betrieben werden. Beschichtungsanlagen, die den o. g. Normen entsprechen, können ohne weitere technische Maßnahmen mit dieser Zoneneinteilung betrieben werden. Auch auf ältere Anlagen können die Beispiele angewendet werden, wenn diese auf sicherheitstechnisch gleichwertigem Stand sind und über eine Herstellerklärung die Einhaltung der Normen bestätigt wird.

Bei fehlenden relevanten Nachweisen ist eine entsprechend ausführlichere Gefährdungsbeurteilung nach BetrSichV und GefStoffV erforderlich.

Die Zonenfestlegungen in Altanlagen nach dem so genannten Flammpunktkriterium bleiben - ohne die o. g. Maßnahmen - hiervon unberührt. Zur Zonenfestlegung in diesen Anlagen siehe Kapitel 2.29 "Verarbeiten von Beschichtungsstoffen" der BGR 500 "Betreiben von Arbeitsmitteln" bzw. die Beispiele nach Abschnitt 3.3 der alten (grünen) Beispielsammlung.

4.5	Verarbeiten von Beschichtungsstoffen mit organischen Anteilen	Die Zoneneinteilung in den Beispielen 4.5.2 bis 4.5.7 berücksichtigt die berechnete maximale Durchschnittskonzentration (siehe Vorbemerkung). Darüber hinaus können im Sprühkegel höhere Konzentrationen auftreten. Dies ist bei der Auswahl der Betriebsmittel und Verfahren zu berücksichtigen. Siehe Hinweise in den Spalten 3 und 5 der Beispiele 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4 und 4.5.6.			
4.5.1	Verarbeiten von nichtentzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen (wasserverdünnbar)	<p>Entzündbare flüssige Beschichtungsstoffe siehe 4.5.2. und 4.5.3. Beschichtungsstoffe und bei Reinigungsarbeiten versprühte Reinigungsflüssigkeiten erfüllen in ihrer Zusammensetzung folgende Formel:</p> $[\text{Gew.}\% \text{H}_2\text{O}] > 1,70 \times [\text{Gew.}\% \text{org. Lösemittel}^*] + 0,96 \times [\text{Gew.}\% \text{org. Feststoff}^{**}]$ <p>* alle flüssigen organischen Bestandteile ** alle festen organischen Bestandteile</p> <p>Organische Bestandteile sind beispielsweise Alkohole, Ester, Ketone wie Aceton und MEK sowie Bindemittel, z. B. Harze, und Pigmente, z. B. Flammruß.</p> <p>Zur weiteren Abstufung der Entzündbarkeit von Beschichtungsstoffen siehe DGUV Information 209-052.</p> <p>Flammpunkt der bei der Reinigung ohne Versprühen verwendeten Flüssigkeiten liegt ausreichend (siehe TRGS 721 Abschnitt 3.2 Abs. 4) über Verarbeitungstemperatur.</p>	2.2	keine Zone	keine

4.5.2	Verarbeiten von entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen in Spritzständen und Spritzkabinen ohne elektrostatische Sprüheinrichtungen	Spritzstände und Spritzkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 12215 oder DIN EN 13355. Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Das Applikationsgerät (mit Zuführung) ist so einzusetzen, dass keine wirksame Zündquelle entsteht. Konventionelle, nichtelektrostatische Spritz- oder Sprühpistolen weisen im bestimmungsgemäßen Betrieb keine wirksamen Zündquellen auf.			
		a) Beschichten mit VOC-freien flüssigen Beschichtungsstoffen und VOC-freien Reinigungsflüssigkeiten (manuell und automatisch) deren Flammpunkt > 60°C ist und mindestens 15 K über der Verarbeitungstemperatur liegt, z. B. UV-Lacke. <i>Hinweis:</i> VOC ist in der Richtlinie 2010/75/EU unter Kapitel 1 Artikel 3 Nr. 45 definiert	2.3.2	Zone 2: im Bereich, der beim Verarbeitungsvorgang sowie bei Spül- und Reinigungsprozessen vom Sprühkegel erfasst werden kann	keine
		b) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe (manuell und automatisch), maximale Durchschnittskonzentration $c \leq 25\%$ der UEG der enthaltenen brennbaren Lösemittel. <i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.2.	2.4.4.3	Zone 2: im Inneren der Kabine, in 1 m Abstand/ Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/ Umluftleitungen	keine
		c) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe, maximale Durchschnittsgeschwindigkeit $25\% < c \leq 50\%$ der UEG der enthaltenen brennbaren Lösemittel. <i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.2.	2.4.4.3	Zone 1: im Inneren der Kabine und in Abluft-/ Umluftleitungen Zone 2: 1 m Abstand/ Radius um ständige Öffnungen, Standöffnungen und die Öffnung der Abluftleitungen	
4.5.3	Verarbeiten von entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen in Spritzständen und Spritzkabinen mit elektrostatischen Sprüheinrichtungen	Spritzstände und Spritzkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 12215 oder DIN EN 13355. Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen DIN EN 50050 bzw. DIN EN 50176 entsprechen.			
		a) Beschichten mit VOC-freien flüssigen Beschichtungsstoffen und VOC-freien Reinigungsflüssigkeiten (manuell und automatisch), deren Flammpunkt > 60°C ist und mindestens 15 K über der Verarbeitungstemperatur liegt, z. B. UV-Lacke.	2.3.2	Zone 2: im Bereich, der beim Verarbeitungsvorgang sowie bei Spül- und Reinigungsprozessen vom Sprühkegel erfasst werden kann	keine

		<p><i>Hinweis:</i> VOC ist in der Richtlinie 2010/75/EU unter Kapitel 1 Artikel 3 Nr. 45 definiert.</p>			
		<p>b) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe, (manuell und automatisch), maximale Durchschnittskonzentration $c \leq 25$ % der UEG der enthaltenen brennbaren Lösemittel.</p> <p><i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.3.</p>	2.4.4.3	<p>Zone 1: im Inneren der Kabine und in Abluft-/Umluftleitungen Zone 2: 1 m Abstand/ Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen</p>	keine
		<p>c) Beschichten entzündbarer flüssiger Beschichtungsstoffe, maximale Durchschnittskonzentration $25\% < c \leq 50$ % der UEG der enthaltenen brennbaren Lösemittel.</p> <p><i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.3.</p>	2.4.4.3	<p>Zone 1: im Inneren der Kabine und in Abluft-/Umluftleitungen Zone 2: 1 m Abstand/ Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen</p>	keine
4.5.4	Verarbeiten von entzündbaren Beschichtungspulvern in Sprühständen und Sprühkabinen mit elektrostatischen Sprüheinrichtungen	<p>Sprühstände und Sprühkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 12981. Im Bereich der Sprühwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen DIN EN 50050-2 bzw. DIN EN 50177 entsprechen.</p>			
		<p>Elektrostatisches Beschichten entzündbarer Beschichtungspulver (manuell oder automatisch), maximale Durchschnittskonzentration $c \leq 50$ % der UEG der brennbaren Beschichtungspulver.</p> <p><i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.4.</p>	2.4.4.3	<p>Zone 22: im Inneren der Kabine, in 1 m Abstand/ Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/Umluftleitungen bis zu wirksamen Filteranlagen</p>	keine
4.5.5	Pulverrückgewinnung	<p>Die nachstehenden Beispiele berücksichtigen die üblichen Mindestzündenergien (≥ 2 mJ) von Beschichtungspulvern.</p>			
4.5.5.1	Rohgasseite	<p>a) Offenes System. Abreinigung der Filterelemente ist zeitlich nicht überwiegend (< 50 % der Betriebszeit).</p>	2.4.4.3	Zone 21	keine
		<p>b) Geschlossenes System. Der Rohgasraum wird bei Detektion eingetragener Zündquellen umgehend und kurzzeitig inertisiert, um deren Wirksamwerden zu vermeiden.</p>			
		<p>b1) Die Konzentration des erfassten und abzuschneidenden Staubes liegt betriebsmäßig unter der UEG (Objektabsaugung, Aspiration) und das Abreinigen des Filtermediums erfolgt nur gelegentlich, z. B. am Schichtende oder gesteuert über Druckdifferenz.</p>	2.3.2 2.3.3	Zone 21	keine
		<p>b2) Wie b1, jedoch nicht in allen Punkten erfüllt.</p>	2.3.3	Zone 20	Punkte 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 und 7

4.5.5.2	Reingasseite	a) Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, siehe 3.3.5.2 c).			
		b) Mehrstufige Filtersysteme ohne Filterüberwachung, aber mit einer maximalen Durchschnittskonzentration < 1 % der UEG hinter der Filterstufe. <i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.5.	2.4.4.3	Zone 22	keine
		c) Wie b), jedoch mit einer maximalen Durchschnittskonzentration ≥ 1 % bis < 10 % der UEG hinter der Filterstufe. <i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.5.	2.4.4.3	Zone 21	keine
4.5.6	Sprühstände und Sprühkabinen zum Verarbeiten von entzündbarem Flock	Sprühstände und Sprühkabinen entsprechen den Sicherheitsanforderungen von DIN EN 50223. Im Bereich der Flockwolke muss von explosionsfähiger Atmosphäre ausgegangen werden. Elektrostatische Sprüheinrichtungen müssen DIN EN 50050-3 bzw. DIN EN 50223 entsprechen. Der Klebstoffauftrag findet außerhalb des Sprühstands/der Sprühkabine statt. Lösemitteldampfkonzentration < 20 % der UEG des Lösemittels. Elektrostatisches Beflocken (manuell oder automatisch), maximale Durchschnittskonzentration des Flocks $c \leq 50$ % der UEG des brennbaren Flocks. <i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.6.	2.4.4.3	Zone 22: im Inneren, in 1 m Abstand/Radius um ständige Öffnungen und Standöffnungen und in Abluft-/ Umluftleitungen	keine
4.5.7	Flockrückgewinnung	Siehe 4.5.5 Pulverrückgewinnung. <i>Hinweis:</i> Berechnung entsprechend Anhang zu 4.5.7 (siehe auch DGUV Information 209-052 "Elektrostatisches Beschichten"). Berechnung der Konzentration (siehe folgende Seiten).			

Anhang zu 4.5.2 und 4.5.3: Berechnung der maximalen Durchschnittskonzentration brennbarer Lösemittel gemäß DIN EN 12215 und DIN EN 13355:

Um den Vergleich mit der unteren Explosionsgrenze (UEG) zu vereinfachen, wird die Konzentration als C_{UEG} (in % der UEG) ausgedrückt.

$$C_{UEG} = 100 * \bar{C} / UEG \quad (1)$$

Die maximale Durchschnittskonzentration im Inneren der Spritzkabine hängt ab von der Menge der eingebrachten Lösemittel und dem Luftstrom:

$$\bar{C} = M_{\max} * k_1 * k_2 * k_3 / Q_{\min}$$

mit:

C_{UEG}	berechneter Wert der höchstzulässigen Konzentration brennbarer Lösemittel als Funktion von UEG	in %
\bar{C}	durchschnittliche Konzentration brennbarer Lösemittel (in Luft) in der Spritzkabine	in g/m^3
UEG	untere Explosionsgrenze der Lösemittel oder Lösemittelgemische bei 293 K Wenn die Bestandteile der Lösemittelgemische bekannt sind, die UEG des Gemisches jedoch unbekannt ist, ist die UEG des Lösemittelbestandteiles mit dem geringsten Wert einzusetzen. Sind keine Angaben vorhanden, ist ein Wert von $40 g/m^3$ einzusetzen.	in g/m^3
M_{max}	pro Stunde verspritzte Höchstmenge flüssiger organischer Beschichtungsstoffe	in g/h
k_1	Massenanteil der in den flüssigen organischen Beschichtungsstoffen enthaltenen brennbaren Lösemittel während des Spritzverfahrens	in %
k_2	Geschätzte Menge brennbarer Lösemittel, die in der Spritzkabine durch Verdunstung freigesetzt werden	in %
k_3	Sicherheitsfaktor, der die Heterogenität der Lösemittelkonzentration und insbesondere die hohen Konzentrationen zwischen Spritzpistole, dem Werkstück und dessen Umgebung berücksichtigt	
Q_{min}	Mindest-Frischlufstrom innerhalb der Spritzkabine, der die freigesetzten brennbaren Lösemittel auf die zulässige Konzentration herabsetzt	in m^3/h

(Anhang zu 4.5.2 und 4.5.3: Beispielrechnung der Konzentration in der Spritzkabine zur Bestimmung der Zone)

Berechnungsbeispiel

Strömungsparameter einer vertikal belüfteten Spritzkabine (oder Sektion, in der lackiert wird):

Breite	B	= 4 m
Länge	L	= 8 m
mittlere Luftgeschwindigkeit	v	= 0,3 m/s
Höchstmenge der zugeführten Beschichtungsstoffe	M_{max}	= 20000 g/h
untere Explosionsgrenze	UEG	= $40 g/m^3$
Gehalt an brennbaren Lösemitteln	k_1	= 85 % (0,85)
Verdunstungsanteil:	k_2	= 80 % (0,80)
Sicherheitsfaktor	k_3	= 3 (Standardwert)

Der Mindestluftstrom Q_{min} kann aus der Luftgeschwindigkeit v und der Breite B und der Länge L des Luftstromquerschnitts berechnet werden:

$$Q_{min} = v \cdot B \cdot L \quad (3)$$

gemäß (3)

$$Q_{min} = 0,3 m/s \times 4 m \times 8 m \times 3600 s/h = 34\,560 m^3/h$$

gemäß (2)

$$\bar{C} = \frac{20\,000 g/h \times 0,85 \times 0,8 \times 3}{34\,560 m^3/h} = 1,18/m^3$$

gemäß (1)

$$C_{UEG} = 100 \cdot \frac{1,18 g/m^3}{40 g/m^3} = 2,95 \%$$

Ergebnis:

Eine Nennkonzentration von $C_{UEG} = 2,95 \%$ wird erreicht, wenn die technische Lüftung der Spritzkabine für eine mittlere Luftgeschwindigkeit von $v = 0,3 \text{ m/s}$ ausgelegt ist (und weitere oben beschriebenen Annahmen gelten). **Dabei liegt eine Zone 2 in der Spritzkabine vor.**

Anhang zu 4.5.4 und 4.5.6: Berechnung der maximalen Durchschnittskonzentration brennbaren Beschichtungspulvers gemäß DIN EN 12981 und brennbaren Flocks gemäß DIN EN 50223

Um den Vergleich mit der unteren Explosionsgrenze (UEG) zu vereinfachen, wird die Konzentration als C_{UEG} (in Prozent der UEG) ausgedrückt.

$$C_{UEG} = \frac{100 \cdot \bar{C}}{UEG} \quad (4)$$

Die maximale Durchschnittskonzentration im Inneren der Beschichtungskabine hängt ab von der Menge der eingebrachten Pulverlack/Flock und dem Luftstrom:

$$\bar{C} = \frac{\dot{M}_{max}}{Q_{min}} \quad (5)$$

Der Mindest-Luftvolumenstrom Q_{min} errechnet sich aus der Luftgeschwindigkeit v und dem Gesamtquerschnitt der Öffnungen:

$$Q_{min} = v \cdot A \cdot 3600 \quad (6)$$

mit:

\bar{C}	mittlere Konzentration an entzündbarem Pulverlack/Flock in Luft innerhalb der Beschichtungskabine	g/m^3
UEG	untere Explosionsgrenze eines Pulverlack-/Flock-Luft-Gemisches. Wenn keine Angaben vorhanden sind, ist für Pulver ein Wert von 20 g/m^3 , für Flock ein Wert von 100 g/m^3 einzusetzen.	g/m^3
C_{UEG}	Konzentration entzündbaren Pulverlacks/Flocks im Verhältnis zur UEG	in % der UEG
M_{max}	versprühte höchste Pulverlack-/Flockmenge, die je Stunde maximal ausgebracht werden kann	g/h
Q_{min}	Mindest-Luftvolumenstrom, der in die Beschichtungskabine angesaugt wird und durch den das entzündbare Pulverlack-/Flock-Luft-Gemisch auf den erforderlichen Konzentrationswert verdünnt wird	m^3/h
v	mittlere Luftgeschwindigkeit	m/s
A	Gesamtquerschnitt der Öffnungen (Der Gesamtquerschnitt umfasst alle ständigen Öffnungen - z. B. Ein- und Auslassöffnungen für Werkstücke, Öffnungen für Bedienungspersonen und Sprühsysteme / Handsprüheinrichtungen)	m^2

Anmerkung: Bei einer Mehrzonen-Beschichtungskabine muss jede Sektion separat berechnet werden.

Anhang zu 4.5.5 und 4.5.7: Berechnung der maximalen Durchschnittskonzentration von Pulver-/Flock im Reinluftbereich an der Filteraustrittsseite Zum Filtermedium transportiertes Beschichtungspulver/Flock im Rohgasbereich der Rückgewinnungsanlage:

$$\dot{M}_{roh} = \dot{M}_{max} \cdot (1 - e_t) \cdot (1 - e_s) \quad (7)$$

Dabei ist

e_t	Auftragswirkungsgrad des Beschichtungsprozesses; typischer Erfahrungswert des Applikationsspezialisten (z. B. für typische Applikationsverfahren zwischen 0,5 und 0,7)	einheitslos
e_s	vom Hersteller vorgegebene Rückgewinnungseffizienz des Vorabscheiders (z. B. für Zyklon typischerweise zwischen 0,9 und 0,95)	einheitslos
M_{roh}	Massendurchsatz des Beschichtungspulvers / Flocks im Rohgasbereich der Rückgewinnungsanlage	in g/h
M_{max}	versprühte höchste Pulverlack-/Flockmenge, die je Stunde maximal ausgebracht werden kann	in g/h

Beschichtungspulver/Flock, das/der das Filtermedium zum Reingasbereich der Rückgewinnungsanlage passiert (das Berechnungsprinzip kann auch für Polizeifilter angewendet werden)

$$C_{rein} = \frac{e_{rfm} \cdot \dot{M}_{roh} \cdot 1000}{Q_{op}} \quad (8)$$

$$\dot{M}_{rein} = e_{rfm} \cdot \dot{M}_{roh} \quad (9)$$

e_{rfm}	mittlere Durchlässigkeit des Filtermediums (Lieferantenzertifikat)	einheitslos
Q_{op}	Betriebsluftstrom in der Kabine für den Beschichtungsprozess	in m ³ /h
C_{rein}	Konzentration Beschichtungspulver/Flock nach dem Filtermedium	in mg/m ³
\dot{M}_{rein}	Massendurchsatz Beschichtungspulver/Flock im Reingasbereich der Rückgewinnungsanlage	in mg/h

Berechnungsbeispiel:

$$e_t = 0,5$$

$$e_s = 0,95$$

$$Q_{op} = 12.000 \text{ h m}^3 / \text{h}$$

$$M_{max} = 180.000 \text{ g/h}$$

$$e_{rfm} < 0,0003$$

$$UEG = 20 \text{ g/m}^3$$

nach Gleichung (7):

$$\dot{M}_{roh} = 180\,000 \frac{\text{g}}{\text{h}} \cdot (1 - 0,5) \cdot (1 - 0,95) = 4\,500 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

nach Gleichung (8):

$$C_{rein} = \frac{0,0003 \cdot 4\,500 \text{ g/h}}{12\,000 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 1000 = 0,1125 \text{ mg/m}^3$$

nach Gleichung (9):

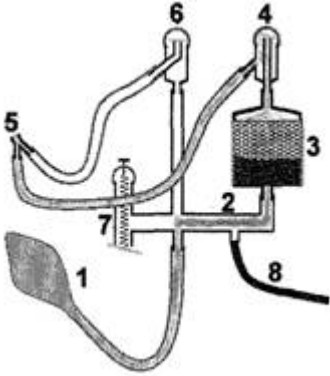
$$\dot{M}_{rein} = 0,0003 \cdot 4\,500 \frac{\text{g}}{\text{h}} = 1,35 \frac{\text{mg}}{\text{h}}$$

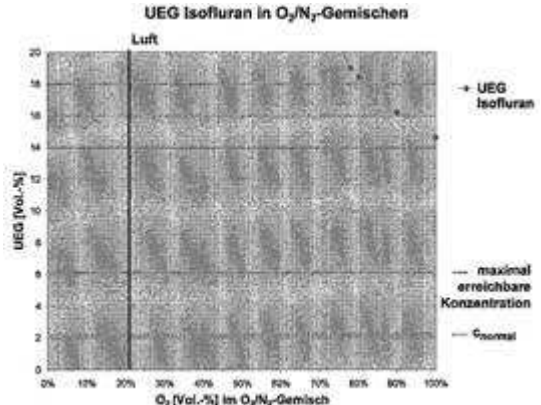
Ergebnis:

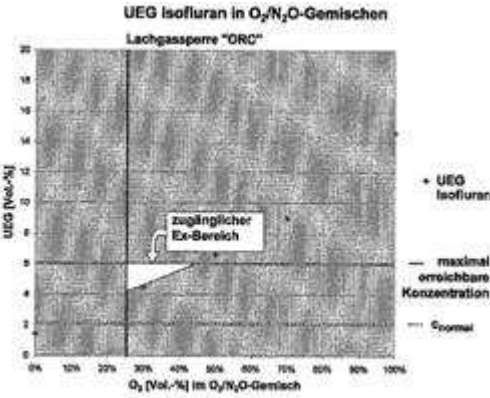
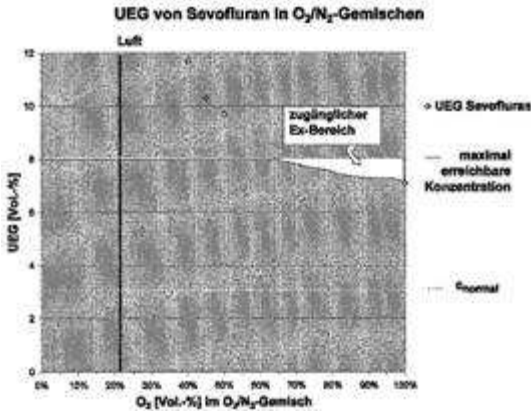
$C_{rein} = 0,1125 \text{ mg/m}^3$ ist kleiner als 1 % der UEG (200 mg/m³). **Danach liegt auf der Reingasseite des letzten Filters Zone 22 vor.** (siehe 4.5.5.2 b))

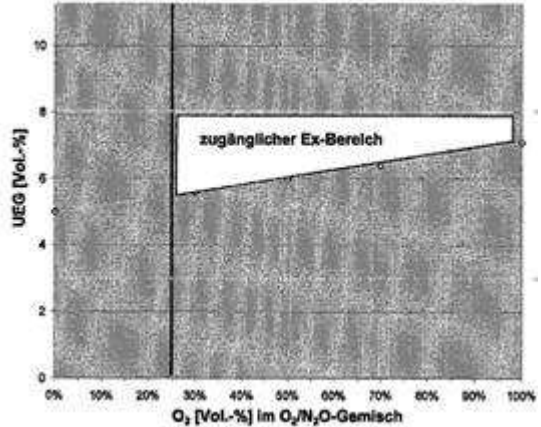
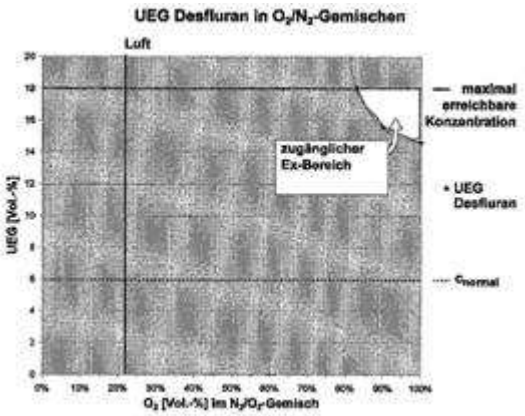
4.6	Medizinisch genutzte Räume im Sinne DIN VDE 100 Teil 710	In medizinisch genutzten Räumen werden brennbare Desinfektionsmittel vor allem für <ul style="list-style-type: none"> • die Hautantiseptik beim Patienten, • die Händedesinfektion 			
-----	--	--	--	--	--

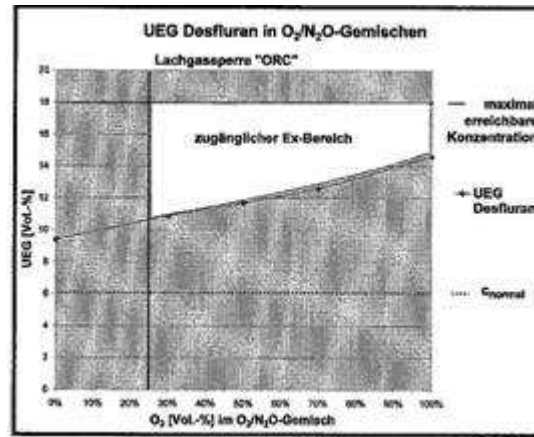
		<p>sowie in seltenen Fällen zur Flächendesinfektion verwendet.</p> <p>Die primär wirksamen Komponenten stellen dabei die Alkohole</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ethanol, • 1-Propanol und • 2-Propanol <p>dar.</p> <p>Grundsätzlich ist aus Gründen des Gesundheits- und Explosionsschutzes Scheuer- bzw. Wischdesinfektion der Sprühdesinfektion vorzuziehen, damit die Bildung von Aerosolen möglichst vermieden wird.</p>			
4.6.1	Anwendung von brennbaren Desinfektionsmitteln				
4.6.1.1	Hautdesinfektion beim Patienten	Die Hautdesinfektion am Patienten vor einem chirurgischen Eingriff erfolgt in der Regel mit wässriger alkoholischer Lösung.			
		a) Das Auftragen des Desinfektionsmittels erfolgt im Wischverfahren mit einem getränkten Tupfer (nicht sprühen!). Vor Beginn des Eingriffs trocknet das Desinfektionsmittel mehrere Minuten an der Haut des Patienten an. Die Abdeckung der desinfizierten Eingriffsstelle erfolgt erst nach dem Antrocknen, damit keine Akkumulation des Desinfektionsmittels erfolgt.	2.4.4.2	keine Zone Jedoch sind Zündquellen im Nahbereich der desinfizierten Stelle während des Aufbringens und Eintrocknens zu vermeiden.	keine
		b) Falls a) nicht in allen Punkten erfüllt.		Zone 2: Nahbereich	keine
4.6.1.2	Händedesinfektion	Die Händedesinfektion erfolgt in der Regel mittels Einreibepreparaten mit einem Alkoholgehalt von mind. 60 %. Das Desinfektionsmittel tritt als Strahl aus dem Spender aus und wird	2.4.4.2	keine Zone Jedoch sind Zündquellen im Nahbereich des Desinfektionsmittelspenders sowie des Anwenders während des Aufbringens und Eintrocknens zu vermeiden.	keine
		<ul style="list-style-type: none"> • bei der hygienischen Händedesinfektion mind. 30 s (1 - 2 Hübe à 2 ml) in die Hände bzw. • bei der chirurgischen Händedesinfektion (ca. 15 Hübe à 2 ml) in die Hände und Unterarme eingerieben. 			
4.6.1.3	Flächendesinfektion	a) Flächendesinfektion mit nicht brennbaren VAH-gelisteten Desinfektionsmitteln.		keine Zone	keine
		b) Verwendung alkoholischer Desinfektionsmittel, aber Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten, weil			

		<p>b1) Flammpunkt liegt ausreichend über der Verarbeitungstemperatur (siehe TRBS 2152 Teil 1 Punkt 3.2 (3)), Temperaturerhöhungen liegen nicht vor und Versprühen oder Vernebeln ist ausgeschlossen.</p> <p><i>Hinweis:</i> Die Verarbeitungstemperatur entspricht der Raumtemperatur, sofern die Flächen vor der Desinfektion entsprechend abgekühlt sind.</p>	2.3.2	keine Zone	keine
		<p>b2) Menge an ausgebrachter Gebrauchslösung ist auf maximal 50 ml je m² zu behandelnder Fläche begrenzt oder Gesamtmenge pro Raum ist auf maximal 100 ml je m² Raumgrundfläche begrenzt.</p> <p><i>Hinweis:</i> Alkoholische Desinfektionsmittel dürfen zur Flächendesinfektion nur noch eingesetzt werden, wenn eine schnell wirkende Desinfektion notwendig ist und ein Ersatzstoff nicht zur Verfügung steht.</p>	2.3.2	<p>keine Zone</p> <p>Jedoch sind wirksame Zündquellen während der Desinfektion zu vermeiden.</p>	keine
4.6.2	<p>Anwendung von volatilen Anästhetika</p>	<p>In der Human- sowie Veterinärmedizin kommen aktuell bei stationären sowie ambulanten Eingriffen nahezu ausschließlich folgende Inhalationsanästhetika zur Anwendung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sevofluran • Desfluran • Isofluran <p>Diese Inhalationsanästhetika sind unter atmosphärischen Bedingungen nicht entflammbar und bilden mit Luft keine explosionsfähigen Dampf/Luft-Gemische. Unter den Rahmenbedingungen der medizinischen Anwendung, d.h. bei erhöhtem O₂ - und / oder N₂O - Anteil, können diese volatilen Anästhetika dagegen durchaus ein explosionsfähiges Gemisch ausbilden. Die Durchführung der Inhalationsanästhesie erfolgt mittels halbgeschlossener bzw. geschlossener Rückatemnarkosesysteme.</p> <p>Bild 1: Rückatemnarkosesystem</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>1 Beatmungsbeutel</p> <p>2 Narkosearm</p> <p>3 CO₂ - Absorber</p> <p>4 Dom - Ventil</p> <p>5 Y - Stück</p> <p>6 Dom - Ventil</p> <p>7 Überdruckventil</p> <p>8 Frischluftzuleitung</p> </div> </div> <p>Die Begriffe "halbgeschlossenes System" bzw. "geschlossenes System" beziehen sich auf die Art der Atemkreislaufführung und nicht auf die Dichtheit des Atemkreislaufs.</p>			

		<p>Bei einem halbgeschlossenen System wird nur ein Teil der ausgeatmeten Luft in das Kreissystem zurückgeführt, gleichzeitig wird das Überschussgas aus dem System abgeleitet. Diese Abluft muss gem. TRGS 525 über eine Narkosegasabsaugung erfasst werden, die sie über eine Schlauchleitung mit Wandanschluss in das Abluftsystem führt (s. 4.6.2.3), und darf nicht in den Raum entweichen.</p> <p>Ein Narkosesystem wird als geschlossen bezeichnet, wenn die gesamte Expirationsluft dem Patienten nach CO₂ - Elimination in der folgenden Inspiration wieder zugeleitet wird.</p>			
4.6.2.1	Innerhalb des Atmungskreislaufes	<p>Der Atmungskreislauf umfasst die Anästhesieeinheit als umschlossenes medizinisches Gassystem sowie die Atmungsorgane des Patienten. Innerhalb des Atmungskreislaufes ist aufgrund des erhöhten O₂- und/oder N₂O-Anteils mit der Bildung eines explosionsfähigen Gemisches zu rechnen.</p>	Da keine atmosphärischen Bedingungen vorliegen, ist innerhalb des Atmungskreislaufes keine Zoneneinteilung vorzunehmen. Wohl aber müssen Zündquellen entsprechend von Häufigkeit und Dauer des Auftretens explosionsfähiger Gemische vermieden werden		
4.6.2.1.1	Anwendung von Isofluran	<p>a) Im Sauerstoff-Luft-Gemisch Die gerätetechnisch maximal mögliche* Isofluran-Konzentration von 6 Vol-% liegt immer unterhalb der UEG, folglich kann bei keiner Sauerstoffkonzentration explosionsfähiges Gemisch vorliegen.</p>  <p>* Bei älteren Verdampfern kann es durch unsachgemäße Handhabung, z. B. Kippen, zu deutlich höheren Konzentrationen kommen.</p>		Beim Einsatz von Isofluran ohne Lachgas sind keine Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung erforderlich, da ein explosionsfähiges Gemisch nicht auftreten kann	keine
		<p>b) Im Sauerstoff-Lachgas-Gemisch Bei der gerätetechnisch maximal möglichen* Isofluran-Konzentration von 6 Vol-% liegt unterhalb einer Sauerstoffkonzentration von ca. 45 % explosionsfähiges Gemisch vor. In bestimmten Phasen der Anästhesie (z. B. beim Vertiefen der Narkose) kann der Ex-Bereich durchlaufen werden. Die UEG wird bei einer Isofluran-Konzentration im typischen Anwendungsbereich erst bei Sauerstoffkonzentrationen unter ca. 10 Vol-% (entsprechend > ca. 90 Vol-% Lachgas) überschritten. Dies wird in der Praxis durch die Lachgassperre verhindert.</p>		<p>Tätigkeiten mit Zündquellen, die im Normalbetrieb oder bei zu erwartenden Störungen wirksam werden können, sind zu vermeiden Eine Zündquellenbetrachtung der Betriebsmittel bei den vorliegenden Gemischen ist erforderlich</p> <p>Sollen während der laufenden Narkose Tätigkeiten ausgeführt oder Betriebsmittel eingesetzt werden, bei denen wirksame Zündquellen auftreten können, darf dies nur erfolgen, wenn sichergestellt wird, dass eine Konzentration von 2 Vol-% Isofluran nicht überschritten wird</p>	keine

		 <p>* Bei älteren Verdampfern kann es durch unsachgemäße Handhabung, z. B. Kippen, zu deutlich höheren Konzentrationen kommen.</p>			
4.6.2.1.2	Anwendung von Sevofluran	<p>a) Im Sauerstoff-Luft-Gemisch Bei der gerätetechnisch maximal möglichen* Sevofluran-Konzentration von 8 Vol-% liegt oberhalb einer Sauerstoffkonzentration von ca. 60 Vol-% explosionsfähiges Gemisch vor. In bestimmten Phasen der Anästhesie (z. B. beim Einleiten) wird der Ex-Bereich durchlaufen. Der typische Anwendungsbereich während der laufenden Narkose befindet sich unterhalb der UEG.</p>  <p>* Bei älteren Verdampfern kann es durch unsachgemäße Handhabung, z. B. Kippen, zu deutlich höheren Konzentrationen kommen.</p>		<p>Tätigkeiten mit Zündquellen, die im Normalbetrieb oder bei zu erwartenden Störungen wirksam werden können, sind zu vermeiden Eine Zündquellenbetrachtung der Betriebsmittel bei den vorliegenden Gemischen ist erforderlich Sollen während der laufenden Narkose Tätigkeiten ausgeführt oder Betriebsmittel eingesetzt werden, bei denen wirksame Zündquellen auftreten können, darf dies nur erfolgen, wenn sichergestellt wird, dass eine Konzentration von 3 Vol-% Sevofluran nicht überschritten wird</p>	
		<p>b) Im Sauerstoff-Lachgas-Gemisch Bei der gerätetechnisch maximal möglichen* Sevofluran-Konzentration von 8 Vol-% liegt unabhängig von der Sauerstoffkonzentration explosionsfähiges Gemisch vor. In bestimmten Phasen der Anästhesie (z. B. beim Einleiten) wird der Ex-Bereich durchlaufen. Der typische Anwendungsbereich während der laufenden Narkose befindet sich unterhalb der UEG.</p>		<p>Tätigkeiten mit Zündquellen, die im Normalbetrieb oder bei zu erwartenden Störungen wirksam werden können, sind zu vermeiden Eine Zündquellenbetrachtung der Betriebsmittel bei den vorliegenden Gemischen ist erforderlich Sollen während der laufenden Narkose Tätigkeiten ausgeführt oder Betriebsmittel eingesetzt werden, bei denen wirksame</p>	

		 <p>* Bei älteren Verdampfern kann es durch unsachgemäße Handhabung, z. B. Kippen, zu deutlich höheren Konzentrationen kommen.</p>	<p>Zündquellen auftreten können, darf dies nur erfolgen, wenn sichergestellt wird, dass eine Konzentration von 5 Vol-% Desfluran nicht überschritten wird.</p> <p>Ist bei der Planung des Eingriffs abzusehen, dass Betriebsmittel eingesetzt werden müssen, bei denen wirksame Zündquellen im Normalbetrieb auftreten, ist vorrangig ein anderes Narkosegassystem (z. B. Insofluran, ohne Lachgas) oder ein medizinisches Ersatzverfahren (z. B. i. v. Narkose) zu wählen</p>	
4.6.2.1.3	Anwendung von Desfluran	<p>a) Im Sauerstoff-Luft-Gemisch Bei der gerätetechnisch maximal möglichen Desfluran-Konzentration von 18 Vol-% liegt oberhalb einer Sauerstoffkonzentration von 82 % explosionsfähiges Gemisch vor. In bestimmten Phasen der Anästhesie (z. B. beim Einleiten) wird der Ex-Bereich durchlaufen. Der typische Anwendungsbereich während der laufenden Narkose befindet sich unterhalb der UEG.</p> 	<p>Tätigkeiten mit Zündquellen, die im Normalbetrieb oder bei zu erwartenden Störungen wirksam werden können, sind zu vermeiden Eine Zündquellenbetrachtung der Betriebsmittel bei den vorliegenden Gemischen ist erforderlich Sollen während der laufenden Narkose Tätigkeiten ausgeführt oder Betriebsmittel eingesetzt werden, bei denen wirksame Zündquellen auftreten können, darf dies nur erfolgen, wenn sichergestellt wird, dass eine Konzentration von 7 Vol-% Desfluran nicht überschritten wird</p>	keine
		<p>b) Im Sauerstoff-Lachgas-Gemisch Bei der gerätetechnisch maximal möglichen Desfluran-Konzentration von 18 Vol-% liegt unabhängig von der Sauerstoffkonzentration explosionsfähiges Gemisch vor.</p> <p>In bestimmten Phasen der Anästhesie (z. B. beim Einleiten) wird der Ex-Bereich durchlaufen.</p> <p>Der typische Anwendungsbereich während der laufenden Narkose befindet sich unterhalb der UEG.</p>	<p>Tätigkeiten mit Zündquellen, die im Normalbetrieb oder bei zu erwartenden Störungen wirksam werden können, sind zu vermeiden Eine Zündquellenbetrachtung der Betriebsmittel bei den vorliegenden Gemischen ist erforderlich.</p> <p>Sollen während der laufenden Narkose Tätigkeiten ausgeführt oder Betriebsmittel eingesetzt werden, bei denen wirksame Zündquellen auftreten können, darf dies nur erfolgen, wenn sichergestellt wird, dass eine Konzentration von 5 Vol-% Desfluran nicht überschritten wird</p> <p>Ist bei der Planung des Eingriffs abzusehen,</p>	keine



				dass Betriebsmittel eingesetzt werden müssen, bei denen wirksame Zündquellen im Normalbetrieb auftreten, ist vorrangig ein anderes Narkosegassystem (z. B. Isofluran, ohne Lachgas) oder ein medizinisches Ersatzverfahren (z. B. i. v. Narkose) zu wählen	
4.6.2.2	Außerhalb des Atemkreislaufes	<p>Das Narkosegerät wird nach TRGS 525 betrieben. Die geräteseitige Leckage wird auf < 150 ml/min begrenzt. An der Schnittstelle zwischen Narkosesystem und Patient sowie an Schlauchverbindungen, die geöffnet werden können ("Diskonnektion"), können potenziell relevante Leckagen auftreten:</p> <p>a) Intubationsnarkose mit geblocktem Endotrachealtubus. Unbeabsichtigte Diskonnektion kann vernünftigerweise ausgeschlossen werden. Austretendes Inhalationsgemisch wird unmittelbar an der Austrittsstelle mit Luft verdünnt, so dass keine explosionsfähige Atmosphäre in gefahrdrohender Menge vorliegt.</p> <p><i>Hinweis:</i> Auch kleine Leckagen können zu einer Gefährdung des Patienten führen, wenn in der unmittelbaren Nähe der Leckagestelle im Atemtrakt Zündquellen wirksam werden, z. B. bei Eingriffen im Atemwegsbereich.</p> <p>b) Wie a), aber Diskonnektion kann erforderlich werden oder unbeabsichtigte Diskonnektionen können nicht ausgeschlossen werden. Bei einer Diskonnektion kann eine größere Menge an Inhalationsgemisch austreten, wodurch explosionsfähige Atmosphäre in gefahrdrohender Menge im Nahbereich vorliegen kann.</p> <p>c) andere Narkoseverfahren, z. B. Maskennarkosen, Narkosen mit Larynxmaske oder ungeblocktem Endotrachealtubus. Da bei diesen Narkoseverfahren keine wirksame Abdichtung des Atemkreislaufs erfolgen kann, kann am Rand der Maske bzw. des Tubus eine größere Menge an Inhalationsgemisch austreten, wodurch gelegentlich explosionsfähige Atmosphäre in gefahrdrohender Menge im Nahbereich vorliegen kann.</p>		<p><i>Hinweis:</i> Unabhängig vom Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre führen erhöhte Sauerstoff-Konzentration und/oder der Einsatz von Lachgas zu einer stark erhöhten Brandgefahr</p>	
			2.2	keine Zone	keine
			2.4.3.2	Zündquellen im Nahbereich um den Endotrachealtubus sind auszuschließen oder es ist Isofluran im Sauerstoff-Luft-Gemisch anzuwenden	
			2.2	Zone 2: im Nahbereich der Diskonnektionsstelle Bei der Anwendung von Isofluran im Sauerstoff-Luft-Gemisch entsteht kein explosionsgefährdeter Bereich	keine
			2.4.3.3		
				Zone 1: im Nahbereich um den Kopf des Patienten und ggf. um die Diskonnektionsstelle	keine
				Bei der Anwendung von Isofluran im Sauerstoff Luft-Gemisch entsteht kein explosionsgefährdeter Bereich	
4.6.2.3	Narkosegasabführung				

4.6.2.3.1	Öffnungen im Verlauf der Narkosegasabführung	Um zu verhindern, dass die Absaugung den Atemkreislauf beeinträchtigt, ist eine Öffnung in der Narkosegasabführung erforderlich, durch die während des normalen Absaugbetriebs Raumluft eingesaugt und ins Abluftsystem fortgeleitet wird. Bei bestimmten Betriebszuständen, z. B. bei Betätigung des Sauerstoff-Flush, kann durch diese Öffnung maximal das Volumen des Atemkreislaufs in die Umgebung austreten. Die dabei an der Austrittsöffnung freigesetzte Menge führt in der Regel nicht zu einer gefährdenden Menge explosionsfähiger Atmosphäre.		Zone 2: im Nahbereich der Austrittsöffnung	keine
4.6.2.3.2	Narkosegasabsaugung	Nach TRGS 525 ist die Narkosegasabsaugung vor Beginn des OP-Betriebs anzuschließen und zu überprüfen. Nach Ende des OP-Betriebs wieder aus dem Wandanschluss zu nehmen.			
		a) durch unbelastete Luft im Abluftsystem erfolgt eine schnelle Verdünnung, so dass keine g. e. A. auftreten kann.		keine Zone	keine
		b) keine relevante Verdünnung durch unbelastete Luft im Abluftsystem		Zone 1: im Abluftsystem	keine
4.7	Umgang mit Acetylen	Bei Acetylen wird als Niederdruck ein Überdruck $\leq 0,2$ bar, als Mitteldruck ein Überdruck $0,2 < p_{\bar{u}} \leq 1,5$ bar und als Hochdruck ein Überdruck $1,5 < p_{\bar{u}} \leq 25$ bar bezeichnet. Acetylen riecht carbid- bzw. knoblauchartig und ist weit unter der unteren Explosionsgrenze per Geruch gut wahrnehmbar, sofern nicht dauerhaft vorhanden, weil bei längerer Exposition die Wahrnehmung eines Geruchs abnimmt. Diese Aussage trifft auch für das petrochemische Acetylen zu, das von der Geruchsintensität etwas weniger stark in Erscheinung tritt.			
4.7.1	Acetylenwerke				
4.7.1.1	Calciumcarbidlager	Verschlossene Gefäße, die nicht geöffnet werden.			
		a) Luft- und wasserdichte Gefäße, die auch zur Lagerung im Freien bestimmt sind, z. B. Container (Turn bin oder IBC). Beschädigung ausgeschlossen. Bildung von g. e. A. aufgrund der Bauweise nicht zu erwarten.	2.4.4.2 2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) wasserdichte Gefäße, z. B. Trommeln, Fässer, müssen unter Dach gelagert werden, Transportschäden nicht ausgeschlossen.			
		b1) in Räumen, Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.	2.4.4.2 2.4.3.3	Zone 2: 5 m um die Gefäße	keine
		b2) unter Überdachungen im Freien	2.4.3.3	Zone 2: 3 m um die Gefäße	keine

4.7.1.2	Umfüllung von Calciumcarbid aus Gebinden (z. B. Trommeln, Bigbag) in Turnbin Container	Bildung von g. e. A. um Gebindeöffnung bei Eindringen von Feuchtigkeit in die Gebinde, z. B. durch Beschädigung bei Lagerung und/oder Transport in seltenen Fällen möglich.			
		a) Umfüllung aus Gebinden bis 200 kg, Objektabsaugung unmittelbar an der Umfüllstelle, die unmittelbar beim Öffnen der Gebinde (z. B. Fässer) wirksam wird.	2.4.4.4	keine Zone	keine
		b) Umfüllung aus Gebinden größer 200 kg, Objektabsaugung unmittelbar an der Umfüllstelle, die sofort beim Öffnen der Gebinde (z. B. Big Sag) wirksam wird.	2.4.4.4	Zone 2: Nahbereich um die Gefäßöffnung	keine
		c) Technische Lüftung.	2.4.4.3	Zone 2: 2 m um die Gefäßöffnung	keine
		d) Natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 2: 5 m um die Gefäßöffnung	keine
4.7.1.3	Acetylenentwickler				
4.7.1.3.1	In Räumen	Vor dem Beschickungsvorgang werden die Beschickungsbehälter und die Schleuse mit Stickstoff gespült. Acetylen liegt im Entwickler unter Überdruck (Niederdruck oder Mitteldruck) vor. Damit wird der Eintrag von Luft vermieden.	2.3.2 2.3.3.2 2.4.2	keine Zone: im Entwickler und in der Schleuse	keine
		Bildung von g. e. A. durch Freisetzung geringer Gasmengen in den Raum bei Entleerungsvorgängen der nicht vergasbaren Karbid-Bestandteile möglich. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.	2.4.4.2	Zone 1: Zylinder 1 m um Entwickler vom Boden bis zum Dach Zone 2: üR	keine
4.7.1.3.2	Lagerung von Entwicklerrückständen	Bildung von g. e. A. durch Ausgasen möglich			
4.7.1.3.2.1	In Räumen	a) Technische Lüftung.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden. Raum ständig gut durchlüftet.	2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.7.1.3.2.2	Im Freien	Wie 4.7.1.3.2.1, 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.			
4.7.1.4	Behandlung von Kalkschlamm				
4.7.1.4.1	Kalkmilchkanäle	Im Kanal Bildung von g. e. A. möglich			
		a) mit Platten abgedeckter Kanal.	2.4.4.2 2.4.3.3	Zone 0: im Kanal Zone 2: 1 m über der Kanalabdeckung	keine
		b) Rohrleitung.	2.4.4.2	Zone 0: im Rohr	keine
			2.4.3.2	keine Zone: außerhalb der Rohre	
4.7.1.4.2	Offener Kalkschlamm-pufferbehälter im Freien	Bildung von g. e. A. möglich.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Einlauföffnung	keine

				Zone 2: bis 1 m über Behälteroberkante	
4.7.1.4.3	Kalkschlammgruben im Freien	Bildung von g. e. A. durch Ausgasen möglich.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Einlauföffnung Zone 2: Bis Grubenoberkante	keine
4.7.1.4.4	Aufstellräume für Kalkschlamm- und Klärwasserpumpen	Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden. Bildung von g. e. A. nicht zu erwarten.	2.4.4.2	keine Zone	keine
4.7.1.5	Lagerung von Kalkrückständen in Räumen, z. B. Filterkuchen aus Filterpressen	Bildung von g. e. A. durch Ausgasen möglich.			
		a) Technische Lüftung.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden. Raum ständig gut durchlüftet.	2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.7.1.6	Acetylenkühler, -trockner, -reiniger und Druckerhöhungsgebläse in Räumen				
4.7.1.6.1	Acetylenkühler, -trockner und -reiniger	Geschlossene Anlagen, Bildung von g. e. A. durch Undichtheiten möglich. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden. Bei Probenahme- und Entwässerungsstellen siehe 4.7.1.10.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: gR	keine
4.7.1.6.2	Lagerung von Altsäure in Behältern	a) Inertisierung des freien Behältervolumens mit Stickstoff mit Entlüftung ins Freie.	2.3.3.2	Zone 2: im Nahbereich um die Entlüftungsöffnung	keine
		b) Bildung von g. e. A. durch Ausgasen von Acetylen aus Altsäure mit Entlüftung ins Freie.	2.4.4.2	Zone 0: im Behälter Zone 1: 1 m um Entlüftungsöffnung Zone 2: weitere 2 m	keine
4.7.1.6.3	Druckerhöhungsgebläse und Filterkästen	Geschlossene Anlagen, Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.			
		a) Inertisierung vor Öffnen der Anlage z. B. zur Reinigung der Filterelemente	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: im Nahbereich um die Verbindungsstellen und Wartungsöffnungen	keine
		b) Bildung von g. e. A. durch Undichtheiten bzw. bei Reinigung der Filterelemente möglich.	2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Einrichtung, nach oben bis zum Dach Zone 2: üR	keine
4.7.1.7	Acetylen Speicher	Acetylen liegt unter Niederdruck oder Mitteldruck vor.			
4.7.1.7.1	In Räumen	Bildung von g. e. A. durch Ausgasen aus der Wassersperre möglich. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden. Bei Überfüllung Abblasen über Dach.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: 1 m um den Acetylen Speicher, nach oben bis zum Dach Zone 2: 5 m um die Abblaseöffnung	keine
4.7.1.7.2	Im Freien	Bildung von g. e. A. durch Abblasen bei Überfüllung möglich.	2.4.3.3	Zone 2: 5 m um die Abblaseöffnung	keine

4.7.1.8	Acetylenverdichter in Räumen	Acetylen liegt unter Hochdruck vor. Bildung von g. e. A. durch Undichtheiten möglich. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: 2 m um Verdichter Zone 2: üR	keine
4.7.1.9	Abfüllung				
4.7.1.9.1	Abfüllstellen (einschließlich Entleerstände für überfüllte Gebinde)	Bildung von g. e. A. betriebsmäßig möglich. In Rohrleitungen enthaltene Restmenge Acetylen kann austreten. Gasrücktritt- oder Absperrventil befindet sich in unmittelbarer Nähe der Anschlussstelle.			
4.7.1.9.1.1	In Räumen	Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 3 m um Füll- und ggf. Entleerungsanschluss Zone 2: üR	keine
4.7.1.9.1.2	Im Freien (z. B. Trailerabfüllung)	Wie 4.7.1.9.1.1, 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.			
4.7.1.9.2	Nach-Acetonierung	Bildung von g. e. A. durch technisch bedingte Acetonfreisetzung am Flaschenventil.	2.4.4.2	Zone 1: 0,5 m um die Flasche	keine
4.7.1.9.3	Lösemittelpumpen	Siehe 2.2.9.10.			
4.7.1.9.4	Lagerung von Aceton und DMF	Siehe 2.2.7 und 2.2.8.			
4.7.1.10	Vorgesehene Austrittsmöglichkeiten von Acetylen in die Umgebung				
4.7.1.10.1	Probenahmeeinrichtungen in Räumen	Bildung von g. e. A. durch Freisetzung geringer Mengen unter ständiger Mitarbeiterkontrolle.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Probenahmeeinrichtung Zone 2: weitere 2 m	keine
4.7.1.10.2	Entwässerungseinrichtungen (Kondensatablass) in Räumen	Beim Ablassen unter ständiger Mitarbeiterkontrolle Bildung von g. e. A. durch Freisetzen geringer Mengen von Acetylen, die beim Entleeren der Entwässerungseinrichtung mitgerissen werden.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um die Ablassöffnung Zone 2: weitere 2 m	keine
4.7.1.10.3	Entlüftungs- und Abblaseleitungen ins Freie, z. B. betriebliche Entspannungs- oder Spüleinrichtungen und regelmäßig zu prüfende Notentspannungseinrichtungen	Bildung von g. e. A. um Leitungsmündung zu erwarten.		Zone 1: 5 m seitlich und oberhalb und 1 m unterhalb der Leitungsmündung	keine
4.7.1.10.4	Entlüftungs- und Abblaseleitungen von Acetylen speichern ins Freie	Siehe 4.7.1.7.2.			
4.7.1.10.5	Entspannungsleitungen (von Notentspannungseinrichtungen) ins Freie	Acetylen liegt unter Niederdruck und Hochdruck vor. Bildung von g. e. A. durch Freisetzen von größeren Mengen nach Außen. Entspannungsleitungen werden über Dach geführt.		Zone 1: 3 m um die Entspannungsöffnungen Zone 2: weitere 2 m	keine
4.7.1.11	Flaschenprüfung	Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen werden z. B. folgende Vorgänge durchgeführt:			

		<ul style="list-style-type: none"> • Flaschen entleeren • Innenbesichtigung • Ventilwechsel <p>Die Voraussetzung für die weiteren Schritte Entlocken, Prägung, Korrosionsschutz, ist die technische Dichtheit der Flaschen.</p>			
4.7.1.11.1	Flaschenentleerungsstand	Flaschen werden an Entleerungsbügel angeschlossen und Acetylen-Restmengen gezielt aus dem Raum geführt. Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre betriebsmäßig beim Abklemmen möglich.			
4.7.1.11.1.1	In Räumen	Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden, Ansammlungen im Deckenbereich ausgeschlossen.			
		a) Es ist ein Absperrventil im Bügel integriert, das bei korrekter Arbeitsweise verhindert, dass die austretende Gasmenge zu g. e. A. führt. Bei Fehlfunktion oder Fehlbedienung des Absperrventils kann es kurzzeitig zum Auftreten von g. e. A. im Nahbereich kommen.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 2: im Nahbereich um Entleerungsanschluss	keine
		b) Ein Rückströmen aus Schlauchleitungen nicht sicher verhindert. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden. Ansammlungen im Deckenbereich ausgeschlossen.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 1 m um Entleerungsanschluss, Zone 2: weitere 2 m zylinderförmig	keine
4.7.1.11.1.2	Im Freien	Durch die Konstruktion der Vordächer oder Überdachungen sind Ansammlungen im Deckenbereich ausgeschlossen.			
		a) Ein Rückströmen aus Schlauchleitungen verhindert, z. B. durch Absperrventil im Bügel integriert. Freigesetzte Acetylenmenge führt nicht zu gefahrdrohender Menge.	2.4.3.3	Zone 2: im Nahbereich um Entleerungsanschluss	keine
		b) Wie a), jedoch ist ein Rückströmen aus Schlauchleitungen nicht sicher verhindert.		Zone 1: im Nahbereich um Entleerungsanschluss Zone 2: 3 m bzw. bis zur Überdachung	keine
4.7.1.11.2	Innenbesichtigung, Ventilwechsel	Bildung von g. e. A. durch Ausgasung geringer Mengen aus geöffneten drucklosen Flaschen möglich. Lüftungsöffnungen insbesondere im Dachbereich vorhanden.			
		a) Objektabsaugung.	2.4.4.4	Zone 2: im Nahbereich um Flaschenöffnung	keine
		b) Technische Lüftung.	2.4.4.3	Zone 2: 0,5 m um Flaschenöffnung	keine
		c) Natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1: im Nahbereich um Flaschenöffnung Zone 2: 2 m bzw. bis zur Decke	keine

4.7.1.11.3	Entlocken, Prägung, Korrosionsschutz	<p>Wenn sichergestellt ist, dass kein Acetylen austritt und lösemittelfreie Lacke verwendet werden, ist keine g. e. A. durch Gase oder Dämpfe diesbezüglich zu erwarten.</p> <p>Die Staubzonenfreiheit beim Entlocken erfordert eine Einzelfallbetrachtung. Bürsten und Prägen stellen mechanische Zündquellen dar und dürfen nur ausgeführt werden, wenn keine explosionsfähige Atmosphäre durch Acetylen vorliegt.</p>	2.3.2	Keine Zone: bezüglich Gase/Dämpfe	keine
4.7.2	Kundenversorgungsanlagen	Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Anlagen, die nach DIN EN ISO 14114 errichtet worden sind (Flaschen-, Bündelbatterieanlagen sowie Traileranlagen). Unter Bereithalten wird verstanden, dass die Flaschen, Bündel bzw. Trailer an die Kundenversorgungsanlage angeschlossen und die Ventile der ortsbeweglichen Druckgasbehälter noch geschlossen sind mit Ausnahme automatischer Umschalteneinrichtungen bei denen die Ventile geöffnet sein müssen. (Vergleiche TRBS 3145/TRGS 745 Nummer 2, Absatz 7).			
4.7.2.1	Bereitstellung und Entleeren in Aufstellräumen	<p>Als Aufstellräume gelten Aufstellplätze, die an mehr als zwei Seiten von Wänden umgrenzt sind. Die Aufstellräume müssen eine wirksame natürliche oder technische Lüftung aufweisen. Der Abstand von Wärmequellen zu den Druckgasflaschen oder Bündeln muss mindestens so groß sein, dass eine Erwärmung des ortsbeweglichen Druckgasbehälters nur bis zu einer Temperatur von 50 °C erfolgen kann.</p> <p><i>Hinweis:</i> <i>Innerhalb der Aufstellräume dürfen Flurförderzeuge und Fördermittel normaler Bauart betrieben werden, soweit dies der Betrieb der Acetylenbatterieanlage erfordert und durch entsprechende Maßnahmen rz. B. körhing) dafür gesorgt ist, dass keine g. e. A. vorliegt.</i></p> <p>Bei selten auftretenden Betriebsstörungen, z. B. der Regeleinrichtung kommt es zu einer Acetylenfreisetzung in den Aufstellungsraum, die nicht schnell erkannt wird und beseitigt werden kann. In Abhängigkeit von der Länge der Hochdruckschlauchleitungen kann die beim An- und Abschließen freigesetzte Gasmenge zu g. e. A. führen.</p>			
		a) Selten auftretende Betriebsstörungen (siehe oben) können nicht ausgeschlossen werden. Freigesetzte Gasmenge beim An- und Abschließen führt nicht zu g. e. A.	2.4.3.4 2.4.4.2	Zone 1: 3 m um Regeleinrichtung Zone 2: üR und 0,5 m um die oberen Öffnungen im Bereich der Dachkonstruktion	
		b) Wie a), jedoch freigesetzte Gasmenge beim An- und Abschließen führt zu g. e. A.	2.4.3.4	Zone 1: 3 m um die Anschlussstelle und 3 m um Regeleinrichtung	keine

			2.4.4.2	Zone 2: üR und 0,5 m um die oberen Öffnungen im Bereich der Dachkonstruktion	
4.7.2.2	Bereithalten in Flaschenschränken bzw. Sicherheitsschränken	<p>a) Bereithalten und Entleeren in Flaschenschränken mit Abluft ins Freie ohne technische Lüftung.</p> <p><i>Hinweis 1:</i> In Flaschenschränken bzw. Sicherheitsschränken ohne technische Lüftung dürfen neben Druckgasbehältern für Acetylen zusätzlich nur Druckgasbehälter von Inertgasen - höchstens in der gleichen Anzahl - untergebracht sein. Druckgasbehälter mit verschiedenen, z. B. auch entzündbaren brandfördernden Gasen dürfen nur in Sicherheitsschränken nach DIN EN 14470 Teil 2 mit Abluft ins Freie mit technischer Lüftung bereitgehalten werden.</p> <p><i>Hinweis 2:</i> Flaschenschränke sind nicht geeignet für Bereiche mit erhöhter und hoher Brandgefährdung.</p>	2.4.4.2	<p>Zone 1: im Inneren des Flaschenschrankes</p> <p>Zone 2: 0,5 m um den Flaschenschrank</p>	keine
		b) Bereithalten und Entleeren in Sicherheitsschränken nach DIN EN 14470 Teil 2 mit Abluft ins Freie mit technischer Lüftung siehe Punkte 1.2.1.2 b) - e).			
4.7.2.3	Bereithalten und Entleeren im Freien		2.4.4.2	Zone 2: 1 m um die komplette Kundenversorgungsanlage inkl. der Hochdruckteile und der Druckregelstation	keine
4.7.2.4	Abblaseleitungen	<p><i>Hinweise:</i> Abblaseleitungen müssen so konstruiert und verlegt sein, dass austretendes Acetylen gefahrlos ins Freie geleitet wird. Abblaseleitungen müssen gegen das Eindringen von Regen geschützt sein. Der Gasstrom sollte nicht nach unten gerichtet sein. Abblaseleitungen dürfen nicht unterhalb, von Gebäudeöffnungen, z. B. Fenster und Ansaugöffnungen münden. Die nachfolgenden Zonenfestlegungen gelten für Abblaseleitungen, deren Ausblaseerichtung von der Waagerechten 10° nach unten bis senkrecht nach oben ausgerichtet ist.</p>			
		Druckregelstationen mit maximaler Abblaseleistung ≤ 40 m³/h.		Zone 2: 3 m seitlich und oberhalb, 1 m unterhalb der Rohrmündung	keine
		Druckregelstationen mit maximaler Abblaseleistung > 40 m³/h.		Zone 2: 5 m seitlich und oberhalb, 1 m unterhalb der Rohrmündung	keine
4.7.3	Rohrleitungen und Pipeline	Acetylenführende Rohrleitungen unter innerem Überdruck, geschlossene Leitungssysteme.			
4.7.3.1	Im Inneren	Bildung von g. e. A. im Inneren der Rohrleitung nicht zu erwarten.	2.4.3.2	keine Zone	keine <i>Hinweis:</i> Wegen der Möglichkeit des Acetylenzerfalls sind konstruktive

					<i>Maßnahmen erforderlich, um einen Selbstzerfall zu verhindern oder die Auswirkungen zu begrenzen.</i>
4.7.3.2	In der Umgebung	a) Rohrleitungsverbindungen sind auf Dauer technisch dicht ausgeführt.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Rohrleitungsverbindungen sind technisch dicht ausgeführt, durch regelmäßige Kontrollen werden bereits geringe Leckagen frühzeitig erkannt und behoben, so dass keine g. e. A. auftritt.	2.4.3.5	keine Zone	keine
		c) Rohrleitungsverbindungen sind technisch dicht ausgeführt, durch regelmäßige Kontrollen werden Leckagen frühzeitig erkannt und behoben, so dass g. e. A., nur selten und kurzzeitig auftritt.	2.4.3.3 2.4.3.5	Zone 2: Nahbereich in Abhängigkeit von der Freisetzungsrate und der Lüftung	keine
4.7.4	Entnahmestellen	Siehe 1.2.1.4			
4.7.5	Schläuche und Schlauchanschlusstellen	Siehe 1.2.1.5			
4.7.6	Flaschenwagen mit Einzelflaschen für Acetylen zum Bereithalten und Entleeren	Für autogene Anwendungen z. B. Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren. Dichtheitsprüfungen werden sowohl beim Anschließen als auch beim Trennen von Druckgasbehältern durchgeführt. Ein Gasaustritt aufgrund von Kleinstleckagen an Dichtungen kann aufgrund der bei Acetylen verwendeten Armaturen und Anschlüsse ausgeschlossen werden. Durch regelmäßige Kontrollen werden bereits geringe Leckagen, z. B. an Schläuchen, frühzeitig erkannt und behoben, so dass keine g. e. A. auftritt. Flaschenventil beim Bereithalten geschlossen, Flaschendruckregler nach ISO 2503 Schläuche und Brenner angeschlossen, an Arbeitsplätzen für den Handgebrauch aufgestellt.	2.4.3.5	keine Zone, jedoch sind Zündquellen im Nahbereich um die Anschlussstelle zu vermeiden	keine
4.7.7	Lagerung von Acetylenflaschen in Räumen	Siehe 1.2.1.1.1.			
4.7.8	Im Freien	Siehe 1.2.1.1.1.			

Nr.	Beispiel	Merkmale/ Bemerkungen/ Voraussetzungen/ Hinweise	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 2	Festlegung der Zonen zur Zündquellenvermeidung nach TRBS 2152 Teil 3	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 4
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.8	Biogasanlagen				

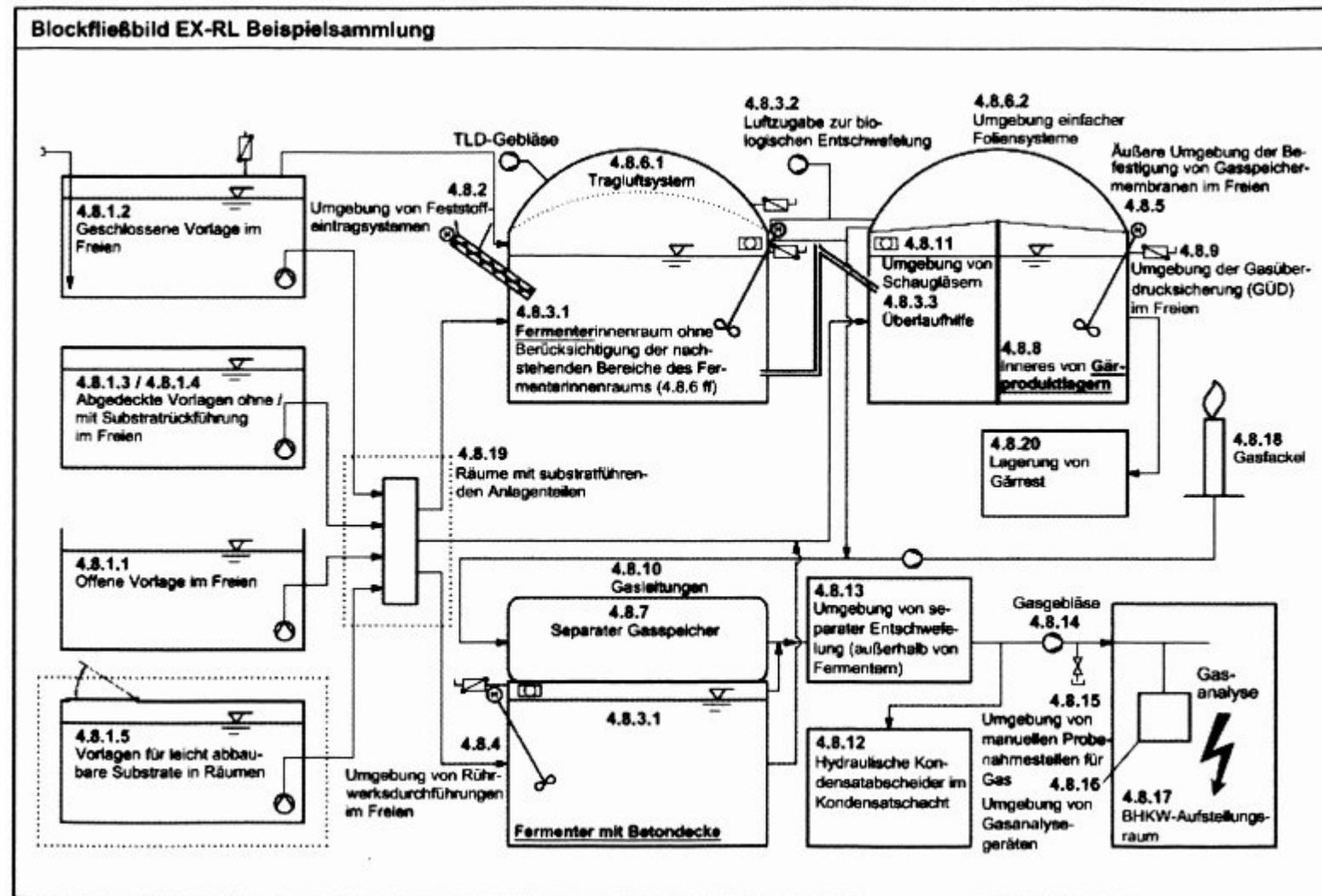
Explosionsgefahren bei An- und Abfahrvorgängen werden hier für die beispielhafte Festlegung von Zonen nicht betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass Biogasanlagen so konzipiert werden, dass diese Vorgänge seltener als alle zwei Jahre stattfinden. Für Instandhaltungsmaßnahmen sowie An- und Abfahrvorgänge sind Einzelfallbetrachtungen erforderlich.

Über die hier dargestellten Anlagenteile hinaus sind ggf. vorgeschaltete Läger (z. B. für staubende Stoffe unter Punkt 3) zu betrachten, die nicht Bestandteil des Punktes 4.8 sind.

Im Folgenden sind die Begriffe wie folgt zu verwenden:

Gasspeicher: Gasraum über dem Fermenter oder eigenständiger Behälter mit Volumenvariabilität.

Gassystem: Gesamtheit aller zusammenhängenden gasführenden Anlagenteile im Rahmen der Biogaserzeugung.



4.8.1	Vorlagen zur Substratennahme	Grube oder Behälter, offen oder geschlossen, zur Annahme, Zwischenspeicherung und Aufgabe von Substraten, ggf. unter Mischung, Rückführung von Substrat oder Gärresten, mit oder ohne Beheizung.			
4.8.1.1	Offene Vorlage im Freien	Grube oder Behälter für Gülle über den gesamten Querschnitt offen, mit oder ohne schwimmende Abdeckung (ohne Beheizung, ohne Substrat- und ohne Gärrestrückführung) Gasakkumulation nicht möglich.	2.4.4.2	keine Zone	keine
4.8.1.2	Geschlossene Vorlage im Freien	Grube oder Behälter mit technisch dichter Abdeckung, durch regelmäßige Kontrollen werden bereits geringe Leckagen			

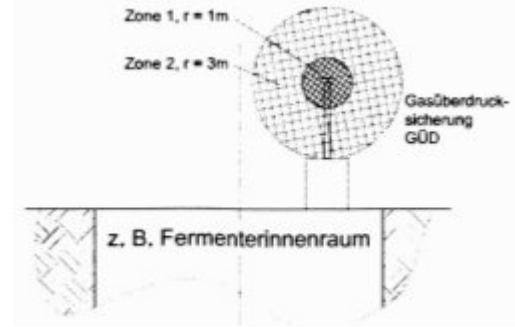
		frühzeitig erkannt, geeignete Gaspendelung zum Gassystem zur sicheren Verhinderung von Unterdruck und Überdruck, dichte Substratzufuhr durch Beschickung unter Substratspiegel. Zu diesen geschlossenen Vorlagen gehören auch Vorlagen mit Substratrückführung, Substratmischung und Beheizung.			
4.8.1.2.1	Inneres der geschlossenen Vorlage		2.4.3.3 2.4.3.5	Zone: wie die Zone mit höchsten Anforderungen des angeschlossenen Gassystems	keine
4.8.1.2.2	Umgebung der geschlossenen Vorlage		2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.2	keine Zone	keine
4.8.1.3	Abgedeckte Vorlagen ohne Substratrückführung und ohne Beheizung im Freien	Nicht technisch dichte Vorlagen, nicht an das Gassystem angeschlossen. Befüllöffnungen vorhanden.			
4.8.1.3.1	Vorlagen für leicht abbaubare Substrate	Leicht abbaubare Substrate sind z. B. flüssige und pastöse Bioabfälle. Ausreichender Volumenstrom (z. B. mindestens 5-facher Luftwechsel des Vorgrubenvolumens) durch überwachte Absaugung vorhanden.	2.4.3.4 2.4.4.3	Zone 2: im Inneren keine Zone: außen	keine
4.8.1.3.2	Vorlagen für Gülle	a) Technische Lüftung, mindestens 2-facher Luftwechsel.	2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Ausreichend große gegenüberliegende unver- schließbare Öffnungsflächen, z. B. nach Broschüre "Flüssigmist" des SVLFG 2016.	2.4.4.2	Zone 2: im Inneren Keine Zone: außen	keine
		c) Nicht ausreichend große Öffnungsfläche. Luftaustausch nur aufgrund von Beschickungs- und Entleerungsvorgängen.		Zone 1: im Inneren Zone 2: im Nahbereich um die Öffnungen	
4.8.1.3.3	Vorlagen für feste Stoffe unter Zumischung von Gülle (oder Wirtschaftsdünger)	Siehe 4.8.1.3.2			
4.8.1.4	Vorlagen mit Substrat-, Filtrat- oder Gärrestrückführung im Freien	Siehe 4.8.1.3.1.			
4.8.1.5	Vorlagen für leicht abbaubare Substrate in Räumen	Leicht abbaubare Substrate sind z. B. flüssige und pastöse Bioabfälle. Ausreichender Luftvolumenstrom im Inneren der Vorlage (z. B. mind. 5-facher Luftwechsel des Vorgrubenvolumens) durch überwachte Absaugung vorhanden und Raum technisch gelüftet.	2.4.3.4 2.4.4.3 2.4.4.4	Zone 2: im Inneren der Vorlage und 1 m um Befüllöffnung	keine
4.8.1.6	Hydrolysebehälter im Freien	Diskontinuierliche (tageweise) Beschickung mit festen und flüssigen Stoffen und Entnahme nach Versäuerungsphase mit bestimmungsgemäßer Bildung von Wasserstoff. Explosionsschutz für Wasserstoff ist erforderlich. Einzelfallbetrachtung erforderlich.			
4.8.2	Umgebung von Feststoffeintragssystemen	Rohrschneckensystem, das die Einsatzstoffe unter dem Flüssigkeitsspiegel des Fermenters einbringt.	2.4.2	keine Zone	keine

		Der mögliche Entnahmestrom wird begrenzt und der Füllstand wird täglich kontrolliert oder bei Unterschreitung des minimalen Füllstands wird automatisch Alarm mit Abschaltung der Entnahme ausgelöst, so dass das Schneckensystem sich sicher unter dem Flüssigkeitsspiegel befindet.	2.4.3.2		
4.8.3	Fermenterinnenraum	Äußere Umgebung siehe 4.8.5.			
4.8.3.1	Fermenterinnenraum ohne Berücksichtigung der nachstehenden Bereiche des Fermenterinnenraums (4.8.6 ff.)	Der Behälter ist ständig mit Gas gefüllt und unter Überdruck. Bei Druckabfall kann Luftsauerstoff ins Innere eintreten.			
		<p>a) Die Sauerstoffzufuhr ins Innere wird verhindert durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sicherstellung der Gasproduktion, z. B. durch regelmäßige Substratzugabe, • Dichtigkeit und Beständigkeit der Umschließung (Außenmembran), • Füllstandsüberwachung des Substrates und ggf. Abschaltung der Entnahmen aus der Flüssigphase (Gasabschluss) und • Sicherstellung der Überdruckfahrweise auch bei Temperatursturz, z. B. durch <ul style="list-style-type: none"> ◦ geeignete Gaspendingung zwischen den Gasspeichern bzw. zum Gasspeicher, ◦ ständige Überwachung von Gasüberdruck im Innern und Gasentnahme, Abschalten der Abnehmer (z. B. Gasmotor) bei zu geringem Überdruck/ Gasspeicherfüllstand, ◦ ausreichend veränderliches Volumen des Gasspeichers, ◦ Gasanalyse (Detektion von Sauerstoff). • Bei Tragluftdächern zusätzlich: Sicherstellung, dass Stützluftdruck kleiner als Druck im Gasspeicher, Dichtigkeit und Beständigkeit der Innenmembran. 	2.4.2	Keine Zone: im Inneren	keine
		b) Wie a), jedoch sind nicht alle Maßnahmen zur Überwachung und Sicherstellung von Gasüberdruck realisiert. Das Auftreten von g. e. A. wird jedoch erkannt, und durch Maßnahmen wird sichergestellt, dass g. e. A. nur selten und kurzzeitig auftritt.	2.4.2	Zone 2: über dem Substratspiegel im Inneren Bezüglich der Zoneneinteilung wird zusätzlich auf Abschnitt 4.8.10 verwiesen	keine
		c) Aufgrund zu erwartender Störungen oder gelegentlich auftretender verfahrensbedingter Betriebszustände kann Luft ins Innere eintreten und so die OEG unterschritten werden. Das Auftreten von g. e. A. ist gelegentlich möglich.	2.4.2	Zone 1: über dem Substratspiegel im Inneren Bezüglich der Zoneneinteilung wird zusätzlich auf Abschnitt 4.8.10 verwiesen	keine
4.8.3.2	Luftzugabe zur biologischen Entschwefelung	Luftzugabe ins Innere des Fermenters. Leitungsdurchführungen durch die Fermenterhülle auf Dauer technisch dicht.			
		Rückstromgesicherte Lufteinspeisung mit räumlich verteilter Zugabe; $V_{\text{Luft,max}} < 6 \% \text{ von } V_{\text{Biogas,nenn}}$ Begrenzung des Luftvolumenstroms wird durch technische Maßnahmen sichergestellt, z. B. maximale Kompressorkapazität. Außerdem erfolgt mindestens entweder:	2.5	Zone 0: nur im Nahbereich der Lufteinblaseöffnungen daran anschließend Zone des Gassystems	keine

		<ul style="list-style-type: none"> • regelmäßige Überprüfung des Sauerstoffanteils über Messung des Sauerstoffvolumenstroms (mindestens 2 x / Tag) und Plausibilitätsprüfung des Gasertrags oder • regelmäßige Messung des Sauerstoffanteils über Gasanalysegerät (mindestens 2 x/Tag). 			
4.8.3.3	Überlaufhilfe	a) Überlaufhilfe durch Schnecke.	2.4.3.3 2.4.2	Zone: wie im nachfolgenden Gasraum	keine
		b) Druckstoßüberlaufhilfe mit physikalischer Begrenzung der eingeblasenen Luft (Volumen- und Volumenstrombegrenzung).	2.4.2	Zone 0: im Rohr und im Nahbereich des Überlaufs	keine
		c) Wie b), jedoch ohne physikalische Begrenzung der eingeblasenen Luft.	2.4.2	Zone 0:im Rohr und im Fermenter	keine
4.8.4	Umgebung von Rührwerksdurchführungen im Freien	Durchführungen für Rührwerkswellen und Verstelleinrichtungen für Rührwerke, z. B. Seilzüge.			
		a) Durchführungen technisch dicht in Verbindung mit regelmäßiger Kontrolle und Wartung oder Rührwerksdurchführung unter Flüssigkeits-/Substratspiegel.	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
		b) Durchführungen technisch dicht und über dem Flüssigkeits-/Substratspiegel.	2.4.3.3	Zone 2: 1 m um Durchführung	keine
4.8.5	Äußere Umgebung der Befestigung von Gasspeichermembranen im Freien	Gilt für Fermenter, Gärproduktlager usw. Das Innere wird unter 4.8.3 betrachtet.			
		a) Befestigung ist technisch dicht mit ausreichenden organisatorischen Maßnahmen kombiniert, Befestigung wird regelmäßig auf technische Dichtheit geprüft. Die Klemmverbindung wird nur selten gelöst. Die technische Dichtheit wird insbesondere durch der Druckstufe entsprechende Dichtungen, Verhindern von Druckverlust in den Klemmschlauchverbindungen, Auslegung gegen Niederschlags- und Windlasten und organisatorische Schutzmaßnahmen auf Dauer gewährleistet. Maximales Druckniveau $p_{max} = 5$ mbar (abhängig vom Befestigungssystem). Biogasbeständige Dichtungen (z. B. NBR). Die technische Dichtheit wird erstmalig, nach Wiederverschließen und wiederkehrend nach Prüfplan mittels repräsentativer nachvollziehbarer und reproduzierbarer Messverfahren, beispielsweise mit schaubildenden Mitteln oder geeignetem Gasspürgerät geprüft. Zwischenzeitlich wiederkehrende Kontrolle auf Leckagen, z. B. durch Ortung mittels methansensitiver Gaskamera.	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone: außen	keine
		b) Wie a), jedoch wird die Befestigung nicht nur selten gelöst.	2.4.3.3 2.4.3.5	Zone 2: 2 m um die Befestigung	keine

4.8.6	Gasspeicher ohne Trennung zum Fermenter oder Gärproduktlager im Freien	Auslegung gegen Niederschlags- und Windlasten auf Dauer gewährleistet.			
4.8.6.1	Tragluftsystem	Zum Tragluftsystem gehören der Zwischenraum, der Tragluftein- und -auslass und das Stützluftgebläse.			
		a) Der Tragluftauslass wird durch eine geeignete Gaswarneinrichtung mit Alarmierung überwacht.	2.5.2	Zone 2: im Inneren des Tragluftsystems und 3 m um Zu- und Abluftöffnungen	keine
		b) Wie a), jedoch ohne Gaswarneinrichtung.	2.4.3.5	Zone 1: im Inneren des Tragluftsystems Zone 2: 3 m um Zu- und Abluftöffnungen	keine
		c) Stützluftgebläse mit Überschussluftabgang (keine Querdurchströmung des Zwischenraumes, damit gelegentliches Aufkonzentrieren von diffundieren- dem Biogas und schlagartiges Freisetzen bei Anheben der Gasmembran oder Gebläsestillstand möglich). Durch die Atmung aufgrund der Druckschwankungen wird zeitlich überwiegendes Aufkonzentrieren verhindert.	2.4.3.5	Zone 0: im Zwischenraum Zone 1: 3 m um Öffnungen Zone 2: Gebläse bis Lufteintritt Zwischenraum	keine
4.8.6.2	Umgebung einfacher Foliensysteme	a) Die technische Dichtheit mit ausreichenden organisatorischen Maßnahmen kombiniert. Die technische Dichtheit wird erstmalig, nach Wiederverschließen und wiederkehrend nach Prüfplan mittels repräsentativer, nachvollziehbarer und reproduzierbarer Messverfahren, beispielsweise mit schaubildenden Mitteln oder geeignetem Gasspürgerät geprüft. Zwischenzeitlich wiederkehrende Kontrolle auf Leckagen, z. B. durch Ortung mittels methansensitiver Gaskamera.	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch keine ausreichenden organisatorischen Maßnahmen wie ohne wiederkehrende Kontrolle.	2.4.3.3	Zone 2: 3 m um Folie und 2 m nach unten mit 45° (siehe Bild)	keine
4.8.7	Separate Gasspeicher	Weitere externe Gasspeicher sind unter 4.1.4.3 beschrieben.			
4.8.7.1	Gassack	Gassack liegt auf dem Boden und wird durch eine feste Einhausung gegen Witterungseinflüsse geschützt. Die Einhausung ist auch bei befülltem Sack rundum zugänglich.			
4.8.7.1.1	In Räumen	a) konstante Durchlüftung des Zwischenraumes zwischen Gassack und Einhausung und Strömungs- und Konzentrationsüberwachung und Installation einer Gasüberdrucksicherung sowie Installation eines Gasunterdruckschalters.	2.4.3.3 2.4.4.3 2.5.3	Zone 2: in der Einhausung und 3 m um alle Öffnungen zu anderen Räumen, sowie im Nahbereich um Öffnungen ins Freie mit Ausnahme der Gasüberdrucksicherungen (siehe 4.8.9) Im Innern gleiche Zone wie angeschlossenes Gassystem.	keine

		b) Wie a), jedoch nur natürliche Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.2 2.5.3	Zone 1: in der Einhausung Zone 2: 3 m um alle Öffnungen Im Innern gleiche Zone wie angeschlossenes Gassystem.	keine
4.8.7.1.2	Im Freien	Wie 4.8.7.1.1, 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.			
4.8.8	Inneres von Gärproduktlagern				
4.8.8.1	Gärproduktlager mit Verbindung zum Gassystem	a) Verhindern von Lufteinbrüchen durch <ul style="list-style-type: none"> • Sicherstellung der Überdruckfahrweise auch bei Gärproduktentnahme, z. B. durch ständige Überwachung von Gasüberdruck im Inneren und Absperrung von Gasentnahmeleitungen sowie der Entnahmen aus der Flüssigphase, • geplante, kontrollierte Gärproduktentnahme, insbesondere durch • Sicherstellung der Gaszufuhr, • Sichtkontrolle bei EPDM Folien bzw. Gasfüllstandsüberwachung bei Doppelfoliensystemen bzw. unelastischen Gasspeichern, • Drosselung des BHKW und • Abbrechen der Gärproduktentnahme bei minimalem Gasfüllstand, • Gewährleistung der technischen Dichtheit mit Hilfe erstmaliger und wiederkehrender Kontrollen, z. B. durch Ortung mit Gaskamera und Kontrolle mit schaubildenden Mitteln oder geeignetem Gasspürgerät, • Bei Tragluftdächern zusätzliche Maßnahmen siehe 4.8.6.1. 	2.4.3.3 2.4.2	Im Inneren gleiche Zone wie Gassystem	keine
		b) Wie a), jedoch Überdruckfahrweise bei Gärproduktentnahme nicht sichergestellt.		Zone 1: im Inneren des Gärrestelagers und im Inneren des angeschlossenen Gassystems	keine
4.8.8.2	Gärproduktlager ohne Verbindung zum Gassystem	Gärprodukt mit geringem Gasproduktionspotenzial, wie z. B. nach VDI 3475 Blatt 4.			
		a) Offenes Gärproduktlager: kein Gasraum.	2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Gärproduktlager mit Gasraum, Be- und Entlüftungsöffnungen.	2.4.4.2	Zone 2: im Inneren und 1 m um die Öffnungen	keine
		c) Wie b), jedoch natürliche Lüftung nicht gewährleistet.		Zone 1: im Inneren und 1 m um die Öffnung	keine
4.8.9		Austrittsstelle der GÜD ist mindestens 3 m über Bedienstandplatz (Begehungsebene) und 1 m über Behälteroberkante mit einer			

	Umgebung der Gasüberdrucksicherung (GÜD) im Freien	Abblaseleistung bis 250 m ³ /h, freies gefahrloses Abströmen nach oben oder seitlich. Die GÜD wird zur Sicherstellung der Funktion regelmäßig (z. B. täglich) überprüft.			
		a) Die gemäß EEG vorhandene zusätzliche Gasverbrauchseinrichtung, z. B. Fackel, hat mindestens die Kapazität wie die maximale Gasproduktionsrate der Biogasanlage. Die GÜD spricht daher nur in sehr seltenen Fällen an. Für den Fall des Ansprechens sind Bereiche mit möglicher Gefährdung nach TRGS 407 festzulegen.	2.4.2	keine Zone	keine
		b) Einschränken des Ansprechens der GÜD und Begrenzen einer Emission durch automatische Gasfüllstandsüberwachung zur Fahrweise mit Restvolumenreserve oder lastvariablen Verbrauch, z. B. BHKW mit Leistungsreserve, und Verbrennen durch zusätzliche und ständig verfügbare Gasverbrauchseinrichtung vor Ansprechen der GÜD.	2.4.2	Zone 2: 3 m um Abblaseöffnung	keine
		c) Wie b), jedoch nicht alle Punkte erfüllt.	2.4.2	Zone 1: 1 m Zone 2: weitere 2 m um Abblaseöffnung der GÜD"	keine
					
	d) Mit einer Abblaseleitung über 250 m ³ /h.		Eine Einzelfallbetrachtung ist erforderlich.		
4.8.10	Gasleitungen	Inneres von Biogas führenden Rohrleitungen.			
		a) Biogas führende Rohrleitungen technisch dicht; wiederkehrende Prüfung der Anlagenteile auf Dichtheit.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.2	Gleiche Zone wie angeschlossene Anlagenteile	keine
		b) Wie a), jedoch wird das Eindringen von g. e. A. in die Rohrleitungen durch automatische Abtrennung vom angeschlossenen Gassystem verhindert.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.2	keine Zone	keine
4.8.11	Umgebung von Schaugläsern	Weitere gasführende Anlagenteile unter 4.1.4.1.2 beschrieben.			
4.8.11.1	In Räumen	a) Schauglas gemäß Herstellererklärung auf Dauer technisch dicht.	2.4.3.2	keine Zone	keine
		b) Schauglas technisch dicht, regelmäßige Dichtheitskontrolle nach Herstellerangaben.	2.4.3.3	keine Zone	keine

			2.4.3.5 2.4.4.2		
		c) Wie b), jedoch keine regelmäßige Dichtheitskontrolle.	2.4.3.3 2.4.4.2	Zone 1: im Nahbereich Zone 2: üR	keine
4.8.11.2	Im Freien	Wie 4.8.11.1, 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.			
4.8.12	Kondensatabscheider im Kondensatschacht	Die Kondensatabscheider befinden sich in der Regel zwischen Erzeugung und Gasdruckerhöhungsgebläse. Der Sperrflüssigkeitsspiegel entspricht mindestens einem Druck von 15 hPa (150 mm Wassersäule) über dem maximalen Ansprechdruck von Sicherheitseinrichtungen.			
		a) Die Füllhöhe wird messtechnisch überwacht mit automatischen sicherheitsgerichteten Folgehandlungen. Das Unterschreiten des Flüssigkeitsspiegels der Flüssigkeitsvorlage und somit ein Leerlaufen oder Leersaugen (Austreten von Gas oder Einsaugen von Luft) ist zuverlässig verhindert, z. B. durch <ul style="list-style-type: none"> • Abschalten des Gasdruckerhöhungsgebläses oder • Schließen der automatischen Gasklappe zum BHKW • oder automatisches Schließen des Kondensatablasses. 	2.4.2	keine Zone: innen und außen	keine
		b) Keine messtechnische Überwachung. Natürliche Lüftung gewährleistet. <i>Hinweis: Bei Kondensatabscheidern in Flussrichtung nach dem Gasdruckerhöhungsgebläse ist die Abhängigkeit von der Gebläsedruckkennlinie zu berücksichtigen und daher eine Einzelfallbetrachtung erforderlich. Bei Kondensatablässen, die nicht regelmäßig geöffnet werden, sind Herstellerangaben zu beachten, weitere Hinweise siehe 4.8.15.</i>	2.4.4.2	Zone 1: im Kondensatschacht Zone 2: 1 m um die Entlüftungsöffnungen	keine
		c) wie b), jedoch unterirdisch und in geschlossenem Schacht. Akkumulation aufgrund der Lüftungsverhältnisse im Schacht.		Zone 0: im Schacht Zone 1: 1 m um die Schachtabdeckung	keine
4.8.13	Umgebung von separater Entschwefelungsanlagen und Aktivkohlefiltern in Räumen und im Freien	Die Anlagen befinden sich außerhalb von Fermentern. Die Gasreinigungsmasse, z. B. Aktivkohle oder Eisenmasse, wird nicht im laufenden Betrieb entnommen und zugeführt. Anlage technisch dicht kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen, wiederkehrende Prüfung auf Dichtheit.	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine

		<p><i>Hinweis:</i> An Anlagen, die manuell entleert und befüllt werden, tritt eine g. e. A. im Bereich der Befüll- und Entleerungsöffnungen während der Behilf- und Entleervorgänge auf. In diesem Fall sind individuelle Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich. Die Vorgaben des Herstellers sind zu beachten. Beim Wiederbefüllen kann es zu Staubablagerungen kommen. Zusätzlich ist 4.8.15 zu betrachten. Anlagen, bei denen die Gasreinigungsmasse im laufenden Betrieb über Schleusen entnommen und zugeführt wird, siehe 4.1.4.5.1 a).</p>			
4.8.14	Gasgebläse				
4.8.14.1	Inneres von Gasgebläsen	<p>Automatische Abschaltung bei minimalem Gasfüllstand im vorgeschalteten Gasspeichersystem. Die Zuleitung zum Gasgebläse kann unter Unterdruck stehen. Bei Tragluftdächern zusätzlich: Sicherstellung, dass Stützluftdruck kleiner als Druck des Gasspeichers, Dichtigkeit und Beständigkeit der Innenmembran.</p>			
		<p>a) Für Gasspeichersysteme: In den vorgeschalteten Anlagen ist das Entstehen von g. e. A. durch Gewährleistung des Überdrucks, auch in den Gasleitungen sicher verhindert. Die Anlagenteile, z. B. auch Kondensatabscheider, Kompensatoren und Rohrleitungen, sind technisch dicht ausgeführt, wiederkehrende Prüfung des Gasgebläse und der vorgeschalteten Anlagenteile auf Dichtheit.</p>	2.4.3.3 2.4.3.5	keine Zone	keine
		<p>b) Wie a), jedoch nicht alle Bedingungen erfüllt, aber die Anlagenteile, z. B. auch Kompensatoren und Rohrleitungen sind technisch dicht ausgeführt und werden mit ausreichend organisatorischen Maßnahmen kombiniert, wiederkehrende Prüfung des Gasgebläses und der vorgeschalteten Anlagenteile auf Dichtheit und kontinuierliche Sauerstoffmessung im unmittelbaren Bereich des Gasgebläses mit automatischer Abschaltung des Gasgebläses bei 3 % Sauerstoffkonzentration.</p>	2.4.3.3 2.4.3.5 2.5.3	keine Zone	keine Zone
		<p>c) Wie b), jedoch diskontinuierliche Überwachung maximal alle 30 Minuten der Sauerstoffkonzentration mit automatischer Abschaltung bei 3 % Sauerstoffkonzentration.</p>	2.4.3.3 2.4.2	Zone 2	keine
		<p>d) Mit der Bildung von g. e. A. durch Einsaugen von Luft ist gelegentlich zu rechnen.</p>	2.4.3.3	Zone 1	keine
4.8.14.2	Umgebung von Gasgebläsen	Siehe 4.1.4.7.2 Umgebung von Gebläsen und Verdichtern.			
4.8.15	Umgebung von manuellen Probenahmestellen für Gas in Räumen und im Freien	<p>Manuelle Probenahmestelle technisch dicht, da Absperreinrichtung gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert. Zusätzlicher Verschluss, z. B. zweite Absperreinrichtung oder gedichtete Schraubkappe, natürliche Lüftung.</p>	2.4.3.3 2.4.4.2	keine Zone	keine
4.8.16	Umgebung von Gasanalysegeräten	<p>Gasanalysegerät technisch dicht kombiniert mit ausreichenden organisatorischen Maßnahmen (regelmäßige Dichtheitskontrolle) sowie ausreichende Lüftung im Raum.</p>	2.4.3.3 2.4.3.5 2.4.4.3	keine Zone: im Raum Zone 2: im Nahbereich um die Ableitöffnung	7.2 am Eintritt des Gasanalysegerätes

		Nach der Gasanalyse wird das Gas aus dem Analysegerät ins Freie abgeleitet.			
4.8.17	BHKW-Aufstellungsraum	a) Gasführende Anlagenteile auf Dauer technisch dicht durch eine technisch dichte Bauweise kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen, wiederkehrende Prüfung auf Dichtheit. Keine zusätzlichen Einbauten im Aufstellungsraum wie Verdichter, Aktivkohlefilter, Gasfilter o. ä. Überwachung des Aufstellungsraumes auf g. e. A.: z. B. bei 20 % der UEG Alarmierung und Maximierung der Lüfterleistung (mindestens 5facher Luftwechsel), bei 40 % der UEG automatische Abschaltung des Verdichters und der Gaszufuhr am BHKW (Doppelmagnetventil), Manuelle Absperrung außerhalb des BHKW-Aufstellraumes.	2.4.3.3 2.4.3.5 2.5.4 2.4.4.3	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch nur technisch dicht aufgrund zusätzlicher Einbauten bis zur ersten sicherheitsgerichteten Absperrarmatur (z. B. Verdichter, Aktivkohlefilter, Gasfilter o. ä., deren dauerhafte Dichtheit nicht über die gesamte Betriebsdauer gegeben ist), aber zusätzliche automatische Abschaltung der Gaszufuhr außerhalb des BHKW-Aufstellraumes (z. B. pneumatische Gasklappe)	2.4.3.3 2.4.3.5 2.5.4 2.4.4.3	keine Zone	keine
		c) Wie a), jedoch bei Gasalarm ist ein Gasdruck unter 5 mbar nicht gewährleistet (z. B. keine Abschaltung des Gasgebläses), aber zusätzliche automatische Abschaltung der Gaszufuhr außerhalb des BHKW-Aufstellraumes (z. B. pneumatische Gasklappe)	2.4.3.3 2.4.3.5 2.5.4 2.4.4.3	keine Zone	keine
4.8.18	Gasfackel	Siehe 4.1.4.8 (Gasfackel).			
4.8.19	Räume mit substratführenden Anlagenteilen	Substratführende Anlagenteile sind z. B. Leitungen, Pumpen oder Schieber.			
		a) Bodenniveau des Raumes über Erdgleiche, Anschlüsse von Installationen technisch dicht und natürliche Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.2	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch Bodenniveau des Raumes unter Erdgleiche, aber technische Lüftung.	2.4.3.3 2.4.4.3	keine Zone	keine
		c) Wie a), oder b), jedoch ohne ausreichende Lüftung.	2.4.3.3	Zone 2: gR	keine
4.8.20	Lagerung von Gärrest	Lagerung von nicht aerobisiertem und nicht getrocknetem festem Gärrest. Freisetzung von Biogas möglich.			
4.8.20.1	In einer Halle	a) Technische Lüftung und Überwachung des Lagerraumes auf g. e. A.: bei 20 % der UEG Alarmierung und Zuschalten eines weiteren Lüfters.	2.4.4.3 2.5.3	keine Zone	keine
		b) Wie a), jedoch nur Maximierung der Lüfterleistung (mindestens 5facher Luftwechsel).	2.4.4.3	Zone 2 gR	keine

			2.5.3		
		c) Wie a), jedoch natürliche Lüftung.	2.4.4.2	Zone 1	keine
4.8.20.2	Im Freien			keine Zone	keine
4.9	Bedrucken, Verarbeiten und Veredeln von Papier und ähnlichen Stoffen sowie Bedrucken von Textilien unter Verwendung von brennbaren Flüssigkeiten als Lösemittel oder Lösemittelgemisch	Weitere Informationen siehe auch DIN EN 1010-1:2011-06 "Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs-maschinen, Teil 1: Gemeinsame Anforderungen - Anhang A - Zoneneinteilung für Druck- und Veredlungsmaschinen".			
4.9.1	Abfüllräume für Farben, Lösemittel und dergleichen	Siehe 2.2.1.1 Abfüllen in verschließbare Behälter mit maximal 1 m ³ in Räumen und 2.2.2. Umgebung von Füllstellen bei offener Befüllung.			
4.9.2	Räume mit Druckmaschinen	Bedrucken und Lackieren (Flächendruck) von Stoffen wie z. B. Papier, Kunststoffen, Textilien, Folien. Vorräte an brennbaren Farben und/oder Lösemitteln im Arbeitsraum zur gelegentlichen Entnahme für den Fortgang der Arbeit (Tagesbedarf) nur in geschlossenen, bruchsicheren und unbrennbaren, ortsveränderlichen Vorratsbehältern.			
4.9.2.1	Rollen-Rotations-Tiefdruckmaschinen	Flammpunkt nicht ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Objektabsaugung an den Druckwerken über die Trockner. Siehe auch DIN EN 1010-1:2011-06, Anhang A. Regelmäßige Reinigung mit lösemittelhaltigen Reinigungsmitteln.	2.4.4.4	Zone 0: im Vorratsbehälter; Zone 1: 1) Der Bereich des Druckwerkes zwischen den Druckwerk-Seitenwänden einschließlich der Farbwanne bis zum Boden. 2) Der Bedienungsgang zwischen den Druckwerken bis zu einer Höhe von 2,0 m einschließlich des Bereiches zwischen den Seitenwänden. 3) Der Bereich des mit der Maschine verbundenen Farbtanks des Druckwerkes und der Bereich der Vorratsbehälter in einem Umkreis von 0,5 m bis zum Boden. 4) Der Bereich des bahnförmigen Materials in einem Umkreis von 0,25 m allseitig, bezogen auf die größtmögliche Druckbreite, bis zum Einlauf des bahnförmigen Materials in den Trocknerkanal, höchstens jedoch bis zu einer Länge von 2,0 m des frisch bedruckten bahnförmigen Materials	keine
4.9.2.2	Rollen-Rotations-Flexodruckmaschinen	Flammpunkt nicht ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Objektabsaugung an den Druckwerken über die Trockner. Siehe auch DIN EN 1010-1: 2011-06, Anhang A. Regelmäßige Reinigung mit lösemittelhaltigen Reinigungsmitteln.	2.4.4.4	Zone 0: im Vorratsbehälter Zone 1: 1) 0, 5 m um die Kontur der Druckwerke einschließlich der	keine

				<p>Farbwannen/Kammerrakeln und bis zum Boden.</p> <p>2) Um die mit der Maschine verbundenen Farbtanks des Druckwerkes und der Bereich der Vorratsbehälter 0,5 m bis zum Boden.</p> <p>3) Der Bereich des bahnförmigen Materials in einem Umkreis von 0,25 m allseitig, bezogen auf die größtmögliche Druckbreite, vom Einlauf des bahnförmigen Materials in das erste Druckwerk bis zum Einlauf des bahnförmigen Material in den Trocknerkanal bzw. bis 2 m nach Auslauf des bahnförmigen Materials aus dem letzten Druckwerk</p>	
4.9.2.3	Siebdruckmaschinen nach DIN EN 1010-1: 2011-06, Anhang A	Bogensiebdruckmaschinen/ Rollensiebdruckmaschinen/ Körpersiebdruckmaschinen. Flammpunkt der eingesetzten Farben bzw. Reinigungsmittel nicht ausreichend über Verarbeitungstemperatur, jedoch mindestens 40 °C. Technische Lüftung des Arbeitsraumes.	2.4.4.3	<p>Zone 0: im Vorratsbehälter Zone 1:</p> <p>1) Der Bereich um den Siebdruckrahmen bzw. Zylinder im Umkreis von 0,5 m allseitig und die senkrechte Projektion dieses Bereiches bis zum Boden</p> <p>2) Der Bereich der Vorratsbehälter in einem Umkreis von 0,5 m bis zum Boden</p> <p>3) Der Bereich der frischbedruckten Bogen bzw. des bahnförmigen Materials in einem Umkreis von 0,25 m allseitig, bezogen auf das größtmögliche Druckformat, vom Auslauf aus der Druckmaschine bis zu einer Länge von 2 m bzw. bis zum Einlauf in den Trocknerkanal</p>	keine
4.9.2.4	Beschichtungsmaschinen, Kaschiermaschinen, Imprägniermaschinen mit Walzenauftragwerken	Flammpunkt nicht ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Objektabsaugung an den Auftragswerken. Siehe auch DIN EN 1010-1: 2011-06, Anhang A. Regelmäßige Reinigung mit lösemittelhaltigen Reinigungsmitteln. Walzenauftragswerke mit geschlossenen und bis auf die Standfläche bzw. den Boden reichenden Gestellwänden.	2.4.4.4	<p>Zone 0: im Vorratsbehälter Zone 1:</p> <p>1.) Der Bereich des Walzenauftragswerkes zwischen den Auftragwerk- Seitenwänden bis zum Boden.</p> <p>2.) Der Bedienungsgang zwischen den Walzenauftragswerken bis zu einer Höhe von 2,0 m einschließlich des Bereiches zwischen den Seitenwänden bis zum Boden.</p> <p>3.) Der Bereich der Wanne für Beschichtungs-, Imprägnier- und Klebstoffe, der Bereich des mit der Maschine verbundenen Tanks des</p>	keine

				Walzenauftragewerkes und der Bereich der Vorratsbehälter in einem Umkreis von 0,5 m bis zum Boden 4.) Der Bereich des bahnförmigen Materials in einem Umkreis von 0,25 m allseitig, bezogen auf die größtmögliche Auftragebreite, bis zum Einlauf des bahnförmigen Materials in den Trocknerkanal, höchstens jedoch bis zu einer Länge von 2,0 m des frisch beschichteten bahnförmigen Materials	
4.9.2.5	Räume mit Siebwaschanlagen und Siebwaschplätzen				
4.9.2.5.1	Manueller Siebwaschplatz	a) Siebreiniger mit Flammpunkt ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Objektabsaugung, keine Aerosolbildung.	2.4.2 2.4.4.4	keine Zone	keine
		b) Siebreiniger mit Flammpunkt nicht ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Objektabsaugung, keine Aerosolbildung.	2.4.2 2.4.4.4	Zone 0: im Vorratsbehälter Zone 1: Inneres und unterhalb des Siebaufstellbereiches und mindestens 0,5 m vor dem Siebaufstellbereich horizontal und bis zum Boden, sowie in der Absaugung Zone 2: weitere 1 m horizontal und 0,5 m vertikal nach oben sowie bis zum Boden um die Anlage	keine
4.9.2.5.2	Siebwasch- und Entschichtungsanlage in getrennter Kammerbauweise	a) Siebreiniger mit Flammpunkt ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Versprühen möglich.	2.4.2 2.4.4.4	Zone 0: im Innern der Waschkammer und der Absaugung	keine
		b) Siebreiniger mit Flammpunkt nicht ausreichend über Verarbeitungstemperatur, Versprühen möglich.	2.4.2 2.4.4.4	Zone 0: im Innern der Waschkammer und der Absaugung Zone 1: 1 m horizontal um die Kontur des aus der Waschkammer herausgezogenen Siebes und 0,5 m vertikal sowie bis zum Boden Zone 2: 0,5 m um den Waschmitteltank und bis zum Boden	keine

Lfd.-Nr.:	Kurztitel	Vorschriften-Nr.:	Ausgabe
5	Hinweise auf weitere Beispiele in Regeln, Merkblättern und Informationen, die hinsichtlich des Explosionsschutzes mit dem Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sachgebiet "Explosionsschutz" abgestimmt sind		
5.1	Beispielsammlung Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit auf und in Deponien	Bundesverband der Unfallkassen DGUV Information 213-015 (früher: GU -I 842)	2001
5.2	Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter	TRGS 509	2014

5.3	Fassmerkblatt "Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden"	T 005 der BG RCI	2016
5.4	Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern	TRGS 510	2014
5.5	Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Füllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen	TRBS 3151/TRGS 751	2013
5.6	Elektrostatisches Beschichten	DGUV Information 209-052 (früher BGI 764)	2009/ Redaktioneller Stand 2014
5.7	Lackierräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe; Bauliche Einrichtungen, Brand- und Explosionsschutz, Betrieb	DGUV Information 209-046 (früher BGI 740)	2008
5.8	Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen deutsche Version (siehe auch 5.21)	DGUV Information 209-026 (früher BGI/GUV-I 719 D)	2012
5.9	Batterieladeanlagen für Flurförderzeuge	Sonderdruck der Grola BG, Bestell-Nr. FA2	2005
5.10	Gasverdichteranlagen	DVGW Arbeitsblatt G 497	2008
5.11	Sicherheitstechnische Hinweise über das Verwenden von Aluminiumpulver, -pellets und -pasten bei der Herstellung von Porenbeton	DGUV Information 213-003 (früher BGI 626)	2006
5.12	Kaltreiniger	BGI 880 (M 043)	2007
5.13	Warmlagerung von Bitumen	BGI 5041 (T 037)	2006
5.14	Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen	Berufsgenossenschaft Energie, Textil, Elektro, Medienerzeugnisse, DVGW-Regelwerk, Technischer Hinweis-Merkblatt DVGW G 442 (M)	2015
5.15	Lösemittel	DGUV Information 213-072 (früher BGI 621 (M 017 der BG RCI))	2014
5.16	Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium - Vermeiden von Staubbränden und Staubexplosionen	DGUV Regel 109-001 (früher BGR 109)	2008
5.17	Ladeeinrichtungen für Fahrzeugbatterien	DGUV Information 209-067 (früher BGI 5017)	2010
5.18	Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern	TRGS 507	2010
5.19	Praxisleitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Brennereien und Spirituosenbetriebe	FSA-Schriftenreihe Nr. F05-0501/05-08	12/2016
5.20	Gestaltungsregeln für Anlagen zur Behandlung von Siebdruckformen - Hinweise für Hersteller und Betreiber	DGUV Information 203-022 (früher BGI 801)	2009
5.21	Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen englische Version (siehe auch 5.8)	DGUV Information 209-027 (früher BGI/GUV-I 719 E)	2012
5.22	Arbeiten in engen Räumen	DGUV Information 213-001 (früher BGI 534)	2008
5.23	Flüssiggasanlagen, Flüssiggasflaschen - Beispiele zur Zoneneinteilung	Hinweise der BGN: www.bgn.de, Shortlink 1011	Letzte Einsicht 02/2015
5.24	Technische Regeln Flüssiggas	TRF 2012	03/2012
5.25	Leitfaden zur Vermeidung von Staubexplosionen bei der Gewinnung und Verarbeitung von Zucker	BG RCI (www.exinfo.de, Seiten ID: #2BC9)	10/2014
5.26	Praxisleitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Betriebe der Getreideverarbeitung, Getreidelagerung und des Handels	FSA-Schriftenreihe Nr. F05-0501/01-06	10/2014

Erläuterungen zu den in der Beispielsammlung benutzten Abkürzungen

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.).
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.
g. e. A.	gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.
gR	Schutzmaßnahmen nach TRBS 2152 Teil 3 sind im ganzen Raum durchzuführen.
keine	Schutzmaßnahmen TRBS 2152 Teil 4 sind nicht erforderlich.
OEG	Obere Explosionsgrenze
UEG	Untere Explosionsgrenze
üR	übriger Raum

TRBS 2152 Teil 2

Abschnitt	
2.2	Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen
2.3	Verhindern oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Anlagen und Anlagenteilen
2.3.2	Konzentrationsbegrenzung
2.3.3	Inertisierung
2.3.3.2	Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus brennbaren Gasen und Dämpfen
2.3.3.3	Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus brennbaren Stäuben
2.3.3.4	Inertisierung explosionsfähiger Atmosphäre aus hybriden Gemischen
2.3.4	Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch Druckabsenkung
2.4	Verhindern oder Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen und Anlagenteilen
2.4.2	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Anlagen und Anlagenteile
2.4.3	Dichtheit von Anlagenteilen
2.4.3.2	Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile
2.4.3.3	Technisch dichte Anlagenteile
2.4.3.4	Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe
2.4.3.5	Prüfen der Anlagenteile auf Dichtheit
2.4.4	Lüftungsmaßnahmen
2.4.4.2	Natürliche Lüftung
2.4.4.3	Technische Lüftung (Raumlüftung)
2.4.4.4	Objektabsaugung
2.5	Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen
2.5.2	Gaswarnanlagen mit Alarmierung
2.5.3	Gaswarnanlagen mit automatischen Schaltfunktionen
2.5.4	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen
2.6	Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter

www.bgchemie.de unter Prävention/Explosionsschutz

Änderungen - BGR 104 / DGUV Regel 113-001
03/2015; 02/2016; 12/2016; 04/2017; 06/2018

Abschnitt	Änderung 06/2018	
	von	bis
Vorbemerkungen		—●—
TRBS 1001		—●—
TRBS 1111		—●—
EmpfBS 1114		—●—
TRBS 1201 Teil 3		—●—
TRGS 725		—●—
Anlage 4		
1 Brennbare Gase, Dämpfe, Nebel	1.2	1.2.1.1.1
1 Brennbare Gase, Dämpfe, Nebel	1.2.1.2	1.2.2.1
2 Brennbare Flüssigkeiten	2.5	2.5.1.3.2
4 Spezielle Anlagen	4	4.1.1.2
4 Spezielle Anlagen	4.1.2	4.1.4.7.2.1
4 Spezielle Anlagen	4.1.5	4.2.1.1
4 Spezielle Anlagen	4.4.2	4.6.1.1
4 Spezielle Anlagen	4.7.1.3.1	4.7.1.6.1
4 Spezielle Anlagen	4.7.2.1	4.8.1.4
4 Spezielle Anlagen		4.8.3.1
4 Spezielle Anlagen	4.8.5	4.8.8
4 Spezielle Anlagen	4.8.9	4.9.2.5.2
5 Hinweise	5	5.26

April 2017	Änderung
------------	----------

Abschnitt	Änderung 04/2017	
	von	bis
Anlage 4 2 Brennbare Flüssigkeiten	2.5	2.5.1.3.2
4 Spezielle Anlagen	zu 4.5	4.6.1.1
4 Spezielle Anlagen	4.7	4.7.1.3.1
4 Spezielle Anlagen	4.7.1.6.2	4.7.8
5 Hinweise	5	5.26

Dezember 2016	Änderung
---------------	----------

Abschnitt	Änderung 12/2016	
	von	bis
Vorbemerkungen	—●—	
TRGS 725	—●—	
E Schutzmaßnahmen	E	E 6
Anlage 1 GefStoffV	—●—	
Anlage 2 BetrSichV	—●—	
Anlage 4	Vorbemerkungen	
4 Spezielle Anlagen	zu 4.5	4.6.1.1
5 Hinweis	5	5.26

Februar 2016	Änderung
--------------	----------

Abschnitt	Änderung 02/2016	
	von	bis
TRBS 3151/ TRGS 751	—●—	
TRGS 509	—●—	

TRGS 510		—●—
Anlage 2		
BetrSichV (neu)		—●—
Anlage 4		
1 Brennbare Gase	1.2	1.2.2.1
	1.2.6	1.3
5 Hinweise	5	5.26

März 2015	Änderung
-----------	----------

Abschnitt	Änderung 03/2015	
	von	bis
Vorbemerkungen		—●—
TRBS 1201		—●—
Anlage 1 (GefStoffV)		—●—
Anlage 2 (BetrSichV neu)		—●—
Anlage 2 (BetrSichV alt)		—●—
Anlage 4		
Vorbemerkung		—●—
1 Brennbare Gase	1	1.2.2.4
2 Brennbare Flüssigkeiten	2.2	2.2.1.1
	2.2.7.2	2.2.8
3 Brennbare Stäube	3.3.9	3.3.9.1.2
	3.3.10.1.1	3.3.10.1.3.2
4 Spezielle Anlagen	4.1.3.1.1	4.1.3.5
	4.4.2	4.5.7
	4.6.1.2	4.6.1.3
5 Hinweise	5	5.24
Erläuterungen		—●—

ENDE

