



Arbeitsgemeinschaft
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.

Fachausschuss 8: Sicherheit in Wärmebehandlungsbetrieben

Handlungshilfe für Härtereien bei der Gefährdungsbeurteilung

Gefährdung durch Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären (Explosionsschutzdokument)

**AWT - Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und
Werkstofftechnik e.V.**

AWT - Geschäftsstelle
Paul-Feller-Str.1
D - 28199 Bremen
Tel. + 49 - 0421 - 522 - 9339
Fax + 49 - 0421 - 522 - 9041
Email info@awt-online.org

1. Überarbeitung 2018

Grundsätzliches, Arbeitshinweise	3
1. Rechtliche Grundlagen und Umsetzungsfristen	4
1.1. Es können keine gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären vorliegen.....	4
1.2. Es können gefährliche explosionsfähige Atmosphären vorliegen.	4
2. Explosionsschutz Realisierung	4
3. Vorgehensweise bei der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung von explosionsfähigen Atmosphären	5
4. Hinweise für die praktische Umsetzung in Härtereien	7
4.1. Umsetzung	7
4.2. Störungen.....	7
4.3. Bildung von explosionsfähigen Atmosphären trotz Schutzmaßnahmen	8
4.4. Umfeld	8
4.5. Arbeitshilfen	8
Anhang	9
5. Umsetzungsbeispiel - Durchstoßofen "Gefährdungsbeurteilung: Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären"	9
6. Erläuterungen zum Explosionsschutz.....	12
6.1. Kenngrößen, die für Explosionen von Bedeutung sind.....	12
6.2. Zoneneinteilung.....	12
6.3. Zündquellen und Schutzmaßnahmen	14
6.4. Anforderungen an elektrische Geräte	14
6.5. Organisatorische Maßnahmen.....	17

Grundsätzliches, Arbeitshinweise

Die Mitglieder des FA8 der AWT haben sich unter anderem zur Aufgabe gemacht, den Betreibern von Wärmebehandlungsbetrieben Hilfen an die Hand zu geben, mit denen ein sicherer Organisationsablauf und sicheres Betreiben von Anlagen erreicht werden soll.

Sie soll helfen, den Sicherheitsstand abzufragen und ist durch den Betreiber an die betrieblichen Gegebenheiten anzupassen und zu ergänzen. Sicherlich sind für die einzelnen Wärmebehandlungsbetriebe nicht alle Punkte der Liste zutreffend; andererseits können Ergänzungen notwendig werden. Dazu ist für den verantwortlichen Ersteller eine ausreichende Sachkenntnis auf den einzelnen Gebieten Voraussetzung. Es wird nicht auszuschließen sein, dass in einigen Fällen externe Sachkundige Hilfestellung leisten müssen.

Die nachfolgende Arbeitshilfe erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Diese Anleitung soll dazu beitragen, die Arbeits- und Produktionssicherheit in den Wärmebehandlungsbetrieben zu verbessern.

Zu allen Punkten ist die Betriebsanleitung des Anlagenherstellers zu beachten, weiterhin sind zu allen Punkten die Restrisiken zu beurteilen und zu prüfen ob Maßnahmen abzuleiten sind.

Überarbeitung 2018

Bei der Überarbeitung wurde die Handlungshilfe an die geänderten rechtlichen Grundlagen, insbesondere die Verschiebung des Explosionsschutzdokuments von Betriebssicherheitsverordnung zur Gefahrstoffverordnung, angepasst. Des Weiteren wurden redaktionelle aber keine inhaltlichen Änderungen gemacht.

1. Rechtliche Grundlagen und Umsetzungsfristen

Auf Grund des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG), der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und der Arbeitstättenverordnung (ArbStättV) ist jeder Arbeitgeber zur Gefährdungsbeurteilung verpflichtet. Die Gefährdungsbeurteilung kann hinsichtlich explosionsfähiger Atmosphären folgende Ergebnisse haben:

1.1. Es können keine gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären vorliegen.

Die Grundlagen für die Einschätzung sind in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Es muss kein Explosionsschutzdokument erstellt werden

1.2. Es können gefährliche explosionsfähige Atmosphären vorliegen.

Unabhängig von der Zahl der Beschäftigten ist eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Insbesondere ist zu beurteilen:

- die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre
- das Vorhandensein von wirksamen Zündquellen oder Verfahrensbedingungen die Brände oder Explosionen auslösen können
- das Ausmaß zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen

Zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung sind die Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Gemische besonders auszuweisen. Hierfür ist ein Explosionsschutzdokument zu erstellen. Daraus muss unter anderem hervorgehen,

1. dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
2. dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen (Explosionsschutzkonzept),
3. Die betroffenen Bereiche in EX-Zonen eingeteilt wurden
4. welche Explosionsschutzmaßnahmen getroffen wurden,
5. wie die Vorgaben nach § 15 umgesetzt werden und
6. welche Überprüfungen hinsichtlich Funktion und Wirksamkeit der Technischen Schutzmaßnahmen sowie welche Prüfungen (gemäß BetrSichV) der Arbeitsmittel regelmäßig durchzuführen sind.

2. Explosionsschutz Realisierung

Der Explosionsschutz arbeitet grundsätzlich mit folgenden Prinzipien:

- Maßnahmen, welche eine Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (primärer Explosionsschutz)
- Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (sekundärer Explosionsschutz)
- Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (tertiärer Explosionsschutz)

3. Vorgehensweise bei der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung von explosionsfähigen Atmosphären

Es empfiehlt sich hier eine systematische Vorgehensweise mit folgenden Schritten:

1. Die im Betrieb vorhandenen brennbaren Stoffe mit den zugehörigen „Explosionskenngrößen“ sind zu ermitteln. Sinnvoll ist hierbei die Dokumentation in einer Stoffliste. Dies kann auch im Gefahrstoffkataster geschehen, welches nach der Gefahrstoffverordnung geführt werden muss.
2. Die technischen sowie organisatorischen Maßnahmen zur Verhinderung der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre sind zu erfassen und zu dokumentieren.
3. Aufgrund der ergriffenen Maßnahmen ist zu bewerten, ob und wie häufig sich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann.
- 4a. **Es kann keine explosionsfähige Atmosphäre auftreten**
Die Einteilung in Zonen kann entfallen. Ein spezielles Explosionsschutzdokument ist nicht zu erstellen. Die Gefährdungsbeurteilung sowie die ergriffenen Maßnahmen sind zu dokumentieren.
- 4b. **Es können explosionsfähige Atmosphären auftreten**
Entsprechend der Auftrittshäufigkeit ist eine Einteilung in Explosionszonen (siehe Anhang) vorzunehmen.
Anhand der Zoneneinteilung und den damit verbundenen Gefahren sind die Schutzmaßnahmen einzuleiten und zu überprüfen. Die Zoneneinteilung sowie die ergriffenen Maßnahmen sind im Explosionsschutzdokument zu dokumentieren. Weder die Form der Gefährdungsbeurteilung noch die des Explosionsschutzdokumentes ist vorgegeben.
Beispiele für Explosionsschutzdokumente finden sich zum kostenfreien Download auf den Internetseiten von verschiedenen Berufsgenossenschaften (z.B. BGHM – Webcode 425, BGBAU – Webcode WCYTky, BGRCI - Seiten ID: #2BK8)

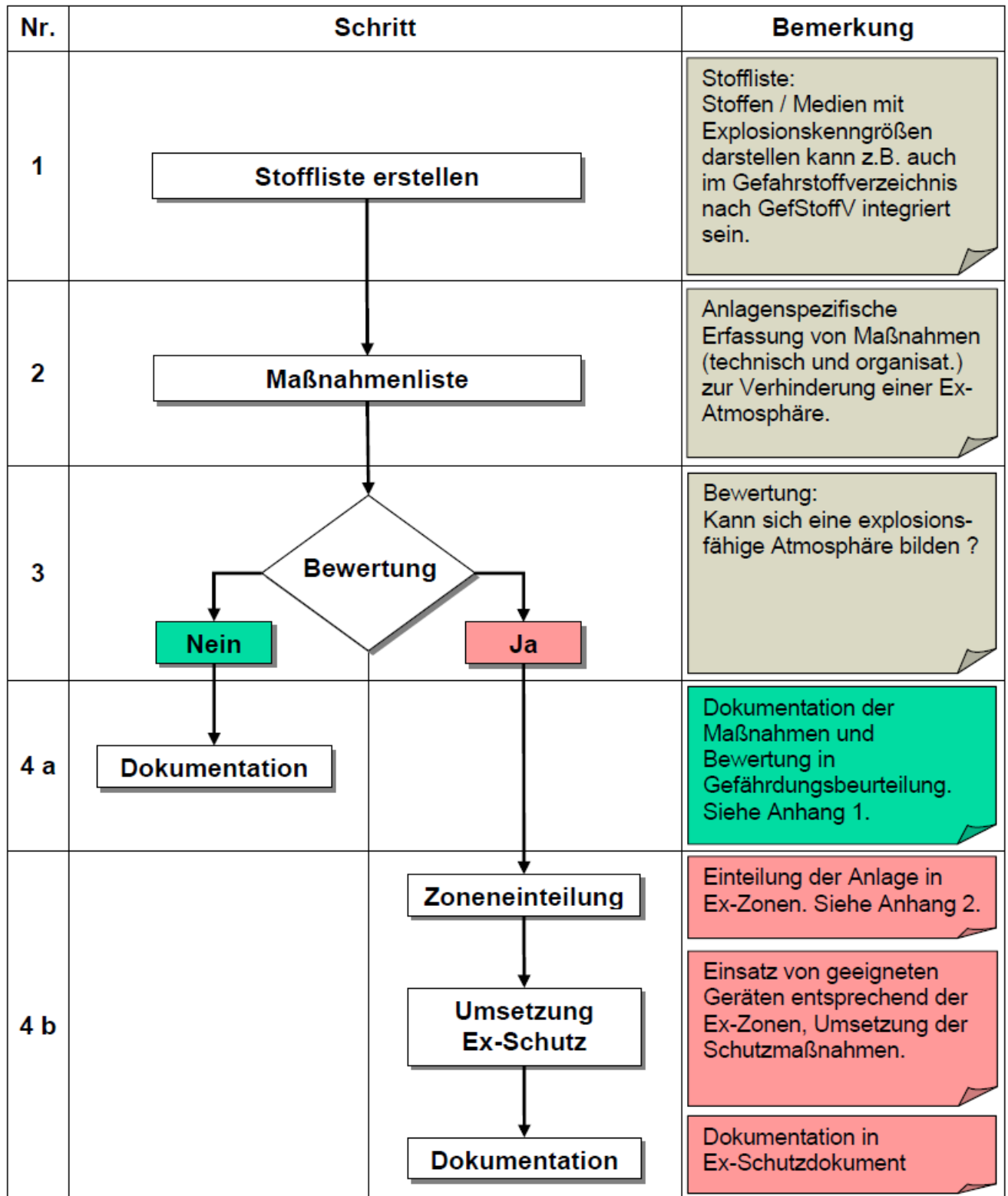


Abbildung1: Vorgehensweise bei der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung von explosionsfähigen Atmosphären

4. Hinweise für die praktische Umsetzung in Härtereien

Bei Härteöfen, die mit zündfähigen Gasen betrieben werden, sind Maßnahmen zur Verhinderung der Entzündung (sekundärer Explosionsschutz) aufgrund der Anlagentechnik und Umgebungsbedingungen (heiße Teile und Oberflächen, Zündflammen) nur eingeschränkt möglich bzw. sinnvoll. Deswegen wird normal bei Härteöfen die Anlagensicherheit über folgende Prinzipien des primären Explosionsschutzes gewährleistet:

1. An Stellen, wo sich brennbares Gas und Luft (Sauerstoff) betriebsbedingt vermischen, wird Zündenergie bereitgestellt. Dies geschieht z.B. durch Zündflammen, Zündelektroden oder Überschreiten der Sicherheitstemperatur von 750°C. Eine Vermischung von Gas und Luft, somit die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre, ist nicht mehr möglich. Das Gas verbrennt sofort kontrolliert (Ausbrennen der Thermoprozessanlage, Öffnen einer Schleuse). Wenn nun über technische und organisatorische Maßnahmen sicher gewährleistet ist, dass an den Stellen einer Thermoprozessanlage, an denen sich Gas und Luft mischen können, Zündenergie vorhanden ist, kann die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre sicher ausgeschlossen werden.
2. Mit einem Inertgas (normal Stickstoff) wird bei einem Atmosphärenwechsel das brennbare Gas bzw. der Sauerstoff (Spülen der Thermoprozessanlage) verdrängt. Ist dieses mit einer ausreichenden Menge (min. 5-faches Ofenvolumen) sicher gewährleistet, kann ebenfalls die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre sicher ausgeschlossen werden.

4.1. Umsetzung

Die Umsetzung des primären Explosionsschutzes mittels technischer Schutzeinrichtungen kann von Thermoprozessanlage zu Thermoprozessanlage unterschiedlich sein. Die technischen Schutzeinrichtungen müssen durch Wartung, Instandhaltung und Prüfung in einem Zustand gehalten werden, in dem sie sicher die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären verhindern. Dies gehört zu den organisatorischen Schutzmaßnahmen und ist Aufgabe des Betreibers. Anhaltspunkte für die Wartung, Instandhaltung und Prüfung der technischen Schutzmaßnahmen sind in der Betriebsanleitung des Herstellers zu finden. Ob die technischen Schutzeinrichtungen die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären sicher verhindern muss vom Betreiber beurteilt werden. Eventuell sind ergänzende organisatorische Schutzmaßnahmen erforderlich.

4.2. Störungen

Bei Störungen im Betrieb können manuelle Eingriffe des Bedienpersonals erforderlich sein. Diese manuellen Eingriffe dürfen das technische Schutzkonzept in seiner Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigen. Eine gute Ausbildung des Bedienpersonals, eine entsprechende Einweisung in Funktion und Abläufe der Thermoprozessanlage sind hierfür unabdingbar (siehe Dokument „Bausteine zur Qualifizierung von Mitarbeitern in Härtereien“ des AWT FA08). Für vorhersehbare Störungen können Betriebsanweisungen gute Dienste erweisen. Die Qualifikation des Bedienpersonals sowie die mindestens einmal jährlich durchzuführenden Unterweisungen über die Gefährdungen am Arbeitsplatz sind Bestandteil der organisatorischen Schutzmaßnahmen. Dementsprechend sind sie zu planen, durchzuführen und zu dokumentieren.

4.3. Bildung von explosionsfähigen Atmosphären trotz Schutzmaßnahmen

Kann trotz der vorhandenen primären Explosionsschutzmaßnahmen sich eine explosionsfähige Atmosphäre in gefahrbringender Menge bilden, sind zusätzlich Maßnahmen des sekundären Explosionsschutzes zu ergreifen. Aus dem gefährdeten Bereich sind potentielle Zündquellen zu entfernen bzw. die Betriebsmittel in einer Ausführung entsprechend der ermittelten Ex-Zone zu wählen.

4.4. Umfeld

Bei der Ermittlung der Explosionsgefährdung muss die Thermoprozessanlage ganzheitlich betrachtet werden, d.h. hierzu zählen auch die peripheren Anlagenbestandteile z.B. Härtebäder und Gasversorgungs- oder Verteileinrichtungen für die Heiz- und Prozessmedien.

Hierbei ist eine enge Abstimmung mit Anlagenherstellern und Gaslieferanten erforderlich.

Für die innere und äußere Dichtheit der nicht überwachungsbedürftigen Versorgungs- und Verteileinrichtungen ist bei Erstinbetriebnahme der Anlagenhersteller und während des Betriebes der Betreiber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung, Wartungen und Sicherheitsüberprüfungen verantwortlich. Für Gefährdungsbeurteilung und Sicherheitsprüfungen besteht eine Dokumentationspflicht.

Ferner ist auch die Dichtheit der mit brennbaren Gasen gefüllten Bereiche der Thermoprozessanlage unter Kontrolle zu halten, sofern es sich nicht um prozessbedingte Gasaustrittsöffnungen handelt, welche mit Zündeinrichtungen versehen sind.

Hinweis: Technisch dichte Systeme werden als dauerhaft technisch dicht betrachtet, wenn sie zusätzlich regelmäßig entsprechend einem Prüfplan auf Dichtheit geprüft werden. Dies ist Aufgabe des Betreibers und durch diesen zu dokumentieren.

Eine Thermoprozessanlage darf aufgrund ihrer diversen potentiellen Zündquellen nicht in einem Bereich aufgestellt werden, der als Ex-Zone ausgewiesen ist.

4.5. Arbeitshilfen

Eine Hilfe bei der Auflistung der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen, bietet das Dokument „Gefährdung an Ofenanlagen, Betrieb mit brennbaren Schutzgasen; Bauart Mehrzweckkammerofen“ des Fachausschusses 8 der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. (AWT).

Dieses Dokument ist eine Checkliste mit der unter anderem abgefragt wird, ob an den kritischen Stellen eines Mehrzweckkammerofens die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären verhindert wird.

Des Weiteren gibt es eine Musterdokumentation der Gefährdungsbeurteilung von explosionsfähigen Atmosphären an einer Ofenanlage.

Beide Dokumente können im Internet unter:

www.bghm.de – Webcode 589 oder

www.awt-online.org

heruntergeladen werden.

Anhang

5. Umsetzungsbeispiel - Durchstoßofen
 "Gefährdungsbeurteilung: Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären"

Gefährdungsbeurteilung: Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären
 nach §§ 5 und 6 ArbSchG in Verbindung mit § 6 BetrSichV

Allgemeine Angaben

Firma:	Mustermann
Bezeichnung der Anlage, Hersteller, Typ, Baujahr	Durchstoßanlage Fa. Kostnix Typ extraschnell, Baujahr 2000
Verantwortlich für Wartung:	Wartungsabteilung
Täglicher Betrieb durch:	Gruppenleiter, Ofenführer
Beschreibung der technologischen Verfahren <i>(einschließlich sicherheitsrelevanter Betriebsbedingungen, z. B. Druck, Temperatur)</i>	Verfahren: Einsatzhärten, Vergüten, Glühen, Carbonitrieren 1. Ofenanlage wird Strombeheizt 2. Anreicherungsgas ist Propan 3. Sicherheitsgas ist Stickstoff 4. Abschrecken im Ölbad 5. Anlassen
Hinweis:	Die Anlage steht in einem Bereich, in dem keine zündfähige Atmosphäre aufgrund anderer Anlagen vorhanden ist.

Zugehörige Dokumente und Organisationsanweisungen	Standort
- Gaslöschanlage (CO ₂ - Löschanlage)	Löschanlage
- Betriebsanleitung	Wartung
Prüfbescheinigungen sind vorhanden von:	

Eingesetzte brennbare bzw. explosionsfähige Stoffe:

Stoff-Art	Bezeichnung des Stoffes	Einsatz	Explosionstechnische Kennzahlen (Sicherheitsdatenblatt)						
			Flamm-punkt	Zündtemperatur (T1-T6) °C	UEG %	OEG %	Dichte g/cm ³	Dampfdruck hPa	Explosions-gruppe IIA, IIB, IIC
BF	xx Hartfix xx	Härteöl	195	-	0,6	10	0,866	-	-
BG	Propan	Anreicherungsgas	-	470	2,2	9,5	2,0	8,53	-
NG	Stickstoff	Sicherheitsgas	-	-	-	-	1,25	-	-
BG	Erdgas	Ofenbefeuerung	-	575-640	4	15	0,85	-	-
BF/BG	Methanol	Anreicherungsgas	11	455	5,5	44	0,79	128	-
BF/BG	Ammoniak	Anreicherungsgas	-	630	15	30	0,6-0,7	8,6 bar	-
BG	Wasserstoff	Anreicherungsgas	-	560	4	75	0,09	-	-
BG	CH ₄ + N ₂ = 20% CO + 40% H ₂ + 40% N ₂	Kohlungsgas	-	560	5	75	0,79	-	-

BF = Brennbare Flüssigkeit BG = Brennbares Gas NG = Nicht brennbares Gas

Sonstige eingesetzte Betriebsmittel:

Waschmittel Vorwäscher:

Blitzblank 0815 ⇔ nicht brennbar

Ist der Einsatz weniger gefährlicher Ersatzstoffe möglich? ja nein

Schutzmaßnahmen nach E 1.2 und 1.3 BGR 104	
Verhinderung oder Einschränkung der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Apparaturen und in der Umgebung von Apparaturen	
<input checked="" type="checkbox"/> Konzentrationsbegrenzung => <input checked="" type="checkbox"/> unter UEG <input checked="" type="checkbox"/> über OEG Technische Schutzeinrichtungen siehe unten	
Explosionsbereich wird <input checked="" type="checkbox"/> nie <input type="checkbox"/> gelegentlich <input type="checkbox"/> selten durchfahren	
Atmosphärenwechsel beim Begasen :	Ausbrennen bei Ofentemperatur über 750°C
Atmosphärenwechsel beim Entgasen:	Spülen mit Inertgas 5-faches Ofenvolumen
Inertgas (Inertisierung/Schutzgas):	Stickstoff
Analyse der Gefährdung bei Störfällen:	- Siehe Checkliste „Gefährdungen an Ofenanlagen“ AWT Fachausschuss 8 bearbeitete Version
Organisatorische Maßnahmen bei Ausfall technischer Einrichtungen zur Gewährleistung o.g. Schutzmaßnahmen:	- siehe Betriebsanweisung Betrieb, Störung, Wartung - Betriebsanleitung
Die Entstehung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären ist möglich bei:	<ul style="list-style-type: none"> Nur im nicht vorhergesehenen Störfall Fehlbedienung Ofenpersonal

Technische Schutzeinrichtungen:	Ja	Nein
Flammenschleier + Überwachung	X	
Übertemperaturregler	X	
Regler für Schutzgasfreigabe (>750°C)	X	
Doppelte Magnetventile für brennbare Gase	X	
Doppelte Magnetventile für brennbare Flüssigkeiten (Ammoniak + Methanol)	X	
Stickstoffspülung	X	
Magnetventil für Stickstoffspülung ohne Strom offen	X	
Sicherheitsbrenner für Abfackelung	X	
Flammenrückschlagsicherung	X	
Alarm für Über- und Untertemperatur	X	
Zusätzliche Sicherheiten bei neuen Anlagen	Ja	Nein
Doppelte Magnetventile für brennbare Gase	x	

Organisatorische Schutzmaßnahmen	Ja	Nein
Regelmäßige Schulung und Unterweisung der Mitarbeiter	X	
Regelmäßige Wartung und Prüfung der technischen Schutzeinrichtungen	X	
Betriebsanweisung für Betrieb, Störung, Wartung	X	

Handlungsbedarf	Bis wann	Durch wen

Schutzmaßnahmen nach E 2 BGR 104
=>Verhinderung der Zündung der explosionsfähigen Atmosphäre
<input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend da keine Explosionsgefahr nach E1.2-1.4 BGR 104 durch technische Einrichtungen

Schutzmaßnahmen nach E 3 BGR 104
=>Konstruktive Maßnahmen, welche die Explosionsauswirkung auf ein unbedenkliches Maß beschränken
<input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend da keine Explosionsgefahr nach E1.2-1.4 BGR 104 durch technische Einrichtungen

Handlungshilfe für Härtereien bei der Gefährdungsbeurteilung

Zoneneinteilung:			
<input type="checkbox"/> Zone 0	<input type="checkbox"/> Zone 1	<input type="checkbox"/> Zone 2	<input checked="" type="checkbox"/> Keine Explosionsgefahr
<input checked="" type="checkbox"/> nicht erforderlich			
Maßnahmen	Bis wann	Durch wen	

Zoneneinteilung	Bereich, Anlagenteil
Zone 0	Kein Bereich
Zone 1	Kein Bereich
Zone 2	Kein Bereich
Keine Ex-Zone	Gesamte Anlage

Erstellt am: 30.02.05	Von: Peter Mustermann	Unterschrift:	Geprüft Von: Karl Mustermann	Am: 31.02.05	Unterschrift:
--------------------------	--------------------------	---------------	---------------------------------	-----------------	---------------

6. Erläuterungen zum Explosionsschutz

6.1. Kenngrößen, die für Explosionen von Bedeutung sind

Die hier erläuterten Kenngrößen, können anhand der Sicherheitsdatenblätter der verwendeten Stoffe ermittelt werden.

Von Bedeutung sind:

- Untere Explosionsgrenze (UEG): Sie gibt die minimale Brennstoffkonzentration an, ab der eine Verbrennungsreaktion möglich ist
- Obere Explosionsgrenze (OEG): Sie charakterisiert die maximale Brennstoffkonzentration, bis zu der eine Verbrennungsreaktion ablaufen kann.
- Konzentrationsbereich zwischen UEG und OEG (Explosionsbereich): Eine Verbrennungsreaktion kann demzufolge nur dann auftreten, wenn die Brennstoffkonzentration innerhalb des Explosionsbereichs liegt
- Flammpunkt: Er stellt die Temperatur einer Flüssigkeit dar, bei der die Brennstoffkonzentration in der Dampfphase die UEG erreicht. Solange die Flüssigkeitstemperatur unter dem Flammpunkt liegt, kann eine Explosion nicht auftreten (Vorsicht: der Flammpunkt einer Mischung aus verschiedenen Flüssigkeiten kann tiefer liegen als der einer einzelnen Komponente)

Handelt es sich also um ein sehr mageres- (unter UEG) oder sehr fettes (über OEG) Gemisch oder liegt der Flammpunkt einer Flüssigkeit deutlich über den auftretenden Temperaturen, kann sich keine explosionsfähige Atmosphäre bilden.

- Zündtemperatur: Es ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, bei der das zündwilligste Gemisch gerade noch gezündet wird
- Mindestzündenergie: Sie ist die Energie eines Entladungsfunken, von dem das zündwilligste Gemisch gerade noch gezündet wird.

6.2. Zoneneinteilung

Ist man anhand der zuvor beschriebenen Kenngrößen und der Anlagentechnik zum Schluss gekommen, dass die Maßnahmen des primären Explosionsschutzes nicht ausreichen um die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären zu verhindern, ist eine Zoneneinteilung durchzuführen. Die Zoneneinteilung erfolgt anhand der Dauer und Wahrscheinlichkeit des Vorliegens von explosionsfähigen Atmosphären.

Für die Einteilung ist es sinnvoll einen Gebäudeplan bzw. Anlagenplan als Grundlage zu verwenden und darauf die Explosionszonen festzuhalten. Dabei gelten die in Tabelle 1 und 2 beschriebenen Kriterien.

Der Umfang der einzuleitenden Schutzmaßnahmen richtet sich dabei nach dieser Zoneneinteilung. In der Regel sind hier die Angaben aus Tabelle 3 zu berücksichtigen. Die dort gezeigte Tabelle gilt für alle Arten von Zündquellen. Speziell die Eignung elektrischer Geräte für die verschiedenen Zündquellen wird später näher beschrieben.

Da die Zoneneinteilung oftmals mit Schwierigkeiten verbunden ist, empfiehlt es sich hier auf technische Regeln, Merkblätter und Bespielsammlungen zurückzugreifen.

Zone	Brennstoffart	Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, Existenzdauer
0 20	Gase, Dämpfe, Nebel Staubwolken	ständig, häufig, über längere Zeit
1 21	Gase, Dämpfe, Nebel Staubwolken	gelegentlich bei Normalbetrieb
2 22	Gase, Dämpfe, Nebel Staubwolken	im Normalbetrieb nicht zu erwarten; bei Abweichung davon, kurzzeitiges Auftreten möglich

Tabelle 1: Zoneneinteilung nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre [1]

Gefähr- dungsgrad	Intervall des Auftretens der Gemische (jährl.)	Intervall des Auftretens der Gemische (differenziert)	Verweilzeit der Gemische
Zone 0	Höher als bei Zone 1, z.B. über 1000 mal	Höher als bei Zone 1 z.B. über 3 mal/Tag	Länger als bei Zone 1
Zone 1	≥ 10 mal; < 1000 mal	≥ 1 mal/Monat; <3 mal/Tag	Länger als 0,5 Stunden bis 10 Stunden
Zone 2	≥ 1 mal; < 10 mal	≥ 1 mal/Jahr; < 1 mal/Monat	Kürzer als 0,5 Stunden

Tabelle 2: Orientierungstabelle zur Auftrittshäufigkeit

Zoneneinteilung	Zündquellen* müssen sicher vermieden werden bei:
0 oder 20	→ störungsfreier Betrieb (Normalbetrieb) → vorhersehbaren Störungen und → bei selten auftretenden Betriebsstörungen
1 oder 21	→ störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) und → vorhersehbaren Störungen
2 oder 22	→ störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb)

* In den Zonen 20, 21 und 22 ist zusätzlich die Entzündung von abgelagertem Staub zu berücksichtigen

Tabelle 3: Festlegung der Schutzmaßnahmen nach Zone und „Betriebszustand“

6.3. Zündquellen und Schutzmaßnahmen

Um geeignete Schutzmaßnahmen nach erfolgter Zoneneinteilung entwickeln zu können, ist die Kenntnis der verschiedenen Arten von Zündquellen und deren Wirkungsweise entscheidend.

Folgende Arten von Zündquellen werden unterschieden:

- Heiße Oberflächen
Mögliche Schutzmaßnahmen wären hier z.B.: Verringerung von Drehzahlen, Temperaturüberwachung, Materialien mit hoher Wärmeleitung, Wärmeisolierung..
- Flammen oder heiße Gase
Mögliche Schutzmaßnahmen wären hier z.B.: Brandmelder, Temperaturüberwachung, Rauchverbot..
- Statische Elektrizität
Mögliche Schutzmaßnahmen sind technologisch bedingt (z.B. Erden um die Aufladung beim Trennprozess zu verhindern)
- Blitzschlag
Hier gilt als Schutzmaßnahme eine Sicherung gegen Zündung bzw. eine Einhaltung der entsprechenden Blitzschutzklassen nach VDE 0185/24
- Mechanisch und elektrisch erzeugte Funken
Hier besteht die Schutzmaßnahme in der Auswahl des geeigneten Arbeitsmittels.

6.4. Anforderungen an elektrische Geräte

Besonders häufig treten Explosionen durch mechanisch oder elektrisch erzeugte Funken auf. Als Schutzmaßnahme hat der Arbeitgeber hier sicherzustellen, dass nur geeignete Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden. Geeignet bedeutet, dass die Arbeitsmittel den Anforderungen der Richtlinie 2014/34/EU entsprechen müssen (bestehende Konformitätserklärungen und Kennzeichnungen nach RL 94/9/EG behalten ihre Gültigkeit). Das heißt, dass hauptsächlich Geräte und Schutzsysteme der Gerätegruppe II zu verwenden sind. Gerätegruppe I wäre für grubengasführende Bauwerke einzusetzen. Entsprechend der Zoneneinteilung ist ferner die Gerätekategorie wie in Tabelle 4 dargestellt zu berücksichtigen. Für Gasatmosphären sind die Zonen 0,1 und 2 von Bedeutung. Die Zonen 20, 21 und 22 sind für Staubexplosionen.


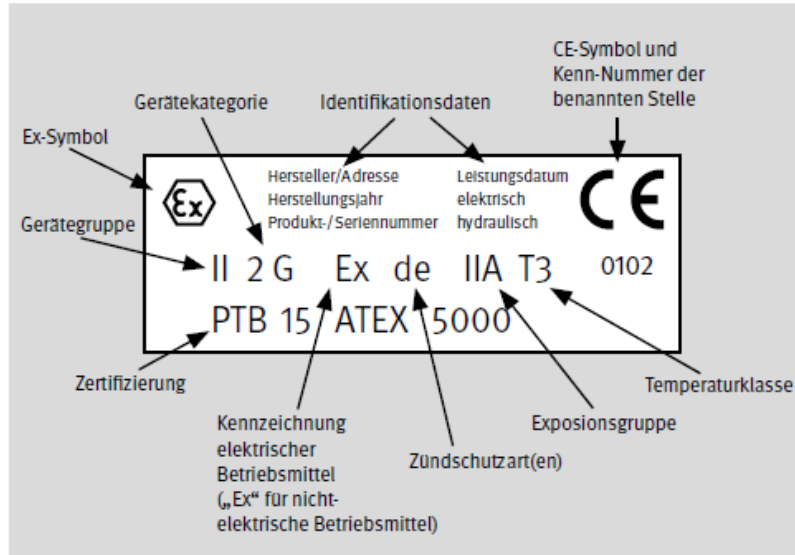
Kennzeichnung		Beschreibung
„Ex im Hexagon“		Spezielle Explosionsschutzkennzeichnung für Geräte, Schutzsysteme und Komponenten
Gerätegruppe	I	Für den Betrieb in Bergwerken
	II	Für den Betrieb in allen anderen Bereichen
Gerätekategorie	1	Für den Einsatz in Zone 0 oder 20
	2	Für den Einsatz in Zone 1 oder 21
	3	Für den Einsatz in Zone 2 oder 22
	G	Für explosionsfähige Atmosphären, verursacht durch Gase, Dämpfe oder Nebel
	D	Für explosionsfähige Atmosphären, verursacht durch Staub (D = Dust)

Tabelle 4: Kennzeichnung von Geräten und Komponenten nach EG-Richtlinie 94/9/EG

Eine Bestätigung des Herstellers zur Übereinstimmung mit der Richtlinie 94/9/EG und der entsprechenden Kategorieinteilung findet man am Gerät selbst bzw. in der Betriebsanleitung oder Konformitätserklärung. Das Beispiel einer solchen Gerätekennezeichnung zeigt Bild 1.



Zu einer vollständigen Kennezeichnung gehören darüber hinaus Angaben

- zur Temperaturklasse;
- zur Explosionsgruppe;
- ggf. zu der/n angewendeten Zündschutzart(en);
- ggf. Zertifizierung durch eine benannte Stelle.

Bild 1: Beispiel einer vollständigen Kennezeichnung

Explosionsschutzgeschützte Betriebsmittel älterer Bauart (bis 30.06.2003) sind unter anderem erkennbar durch das umrandete Zeichen „EX“. Zusätzlich mussten Elektromotoren sowohl in Zone 1 als auch in Zone 2 die Schutzart IP 44 aufweisen (Schutz vor Spritzwasser und Fremdkörpern bis 1mm). Leuchten, Klemmkästen und andere elektrische Betriebsmittel wie Schalter und Steckvorrichtungen etc., mussten in beiden Zonen mindestens in der Schutzart IP 54 (Spritzwasser- und Staubschutz) ausgeführt sein.

Handlungshilfe für Härtereien bei der Gefährdungsbeurteilung





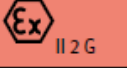
Rechtsgrundlage/Geltungsbereich	Explosionsgefährdeter Bereich – Zone 2	Explosionsgefährdeter Bereich – Zone 1
Altes Recht: ElexV		
Elektrische Betriebsmittel Bis 30.06.2003 in Verkehr gebracht	Anforderungen nach der <ul style="list-style-type: none"> Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen vom 01.07.1980 in Verbindung mit VDE 0165 Abschnitt 6.3 (Febr. 1991): Elektrische Betriebsmittel, für die die Herstell-firma erklärt, dass sie für Zone 2 geeignet sind. Zusätzlich müssen Elektromotoren mindes-tens in Schutzart IP 44, Leuchten mindestens in Schutzart IP 54 ausgeführt sein.	Anforderungen nach der <ul style="list-style-type: none"> Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen vom 01.07.1980 in Verbindung mit VDE 0165 Abschnitt 6.1 (Febr. 1991): Elektrische Betriebsmittel, für die eine Bau-musterprüfbescheinigung ³⁾ vorliegt und auf denen das Zeichen  angebracht ist. Zusätzlich müssen Elektromotoren mindes-tens in Schutzart IP 44, Leuchten mindestens in Schutzart IP 54 ausgeführt sein.
Aktuelles Recht: RL 94/9/EG, ab 20.04.2016 RL 2014/34/EU 11. ProdSV		
Elektrische Geräte und Komponenten Seit 01.07.2003 in Verkehr gebracht (bereits seit 01.03.1996 zulässig)	Geräte und Komponenten der Gerätegruppe II und mindestens der Geräte-kategorie 3G Mitgeliefert werden müssen: – EG-Konformitätserklärung ²⁾ – Betriebsanleitung Mindestkennzeichnung ³⁾ : 	Geräte und Komponenten der Gerätegruppe II und mindestens der Geräte-kategorie 2G Mitgeliefert werden müssen: – EG-Konformitätserklärung ²⁾ – Betriebsanleitung Mindestkennzeichnung ³⁾ : 
Nichtelektrische Geräte und Komponenten Seit 01.07.2003 in Verkehr gebracht (bereits seit 01.03.1996 zulässig)	Geräte und Komponenten der Gerätegruppe II und mindestens der Geräte-kategorie 3G Mitgeliefert werden müssen: – EG-Konformitätserklärung ²⁾ – Betriebsanleitung Mindestkennzeichnung ³⁾ : 	Geräte und Komponenten der Gerätegruppe II und mindestens der Geräte-kategorie 2G Mitgeliefert werden müssen: – EG-Konformitätserklärung ²⁾ – Betriebsanleitung Mindestkennzeichnung ³⁾ : 

Tabelle 5: Mindestanforderungen an explosionsgeschützte elektrische und nichtelektrische Geräte und Komponenten nach Rechtsgrundlagen

Neben der Auswahl der Gerätekategorie für die spezielle Zone muss der Betreiber auch die Zündbereitschaft des jeweiligen Brennstoffes berücksichtigen. Anhand der Zündtemperatur werden Gase und Dämpfe in Temperaturklassen eingeteilt und Grenzwerte für die Oberflächentemperatur von Arbeitsmitteln festgelegt (Tabelle 5).

Anhand der Mindestzündenergie erfolgt eine Einteilung in Explosionsgruppen (Tabelle 6).

Sowohl die Temperaturklasseneinteilung als auch die Explosionsgruppeneinteilung müssen bei der Geräteauswahl berücksichtigt werden und sind ebenfalls als Angabe auf dem Gerät bzw. in der Betriebsanleitung oder Konformitätserklärung zu finden.

Kann die Umgebungstemperatur unter -20°C oder über $+40^{\circ}\text{C}$ liegen, so sind speziell dafür geeignete Betriebsmittel auszuwählen. Diese sind mit „Ta“ oder „Tamb“ (dies steht für Umgebungstemperatur) und der Angabe des zulässigen Bereiches der Umgebungstemperatur gekennzeichnet. Ersatzweise kann auch das Symbol X angegeben sein, als Hinweis auf besondere in der Baumusterprüfbescheinigung angegebene Bedingungen.

Temperaturklasse	Zündtemperatur der Gase/Dämpfe in °C	Beispiel	Max. Oberflächentemperatur am Gerät in °C
T1	> 450	Styrol, Aceton, Ammoniak, Toluol, Methanol	450
T2	> 300 bis 450	Ethylalkohol, n-Butan, n-Butylalkohol	300
T3	> 200 bis 300	Benzine, n-Hexan	200
T4	> 135 bis 200	Acetaldehyd, Ethylether	135
T5	> 100 bis 135	–	100
T6	> 85 bis 100	Schwefelkohlenstoff	85

Tabelle 6: Temperaturklassen

6.5. Organisatorische Maßnahmen

Organisatorische Maßnahmen sind zu treffen, wo technische Maßnahmen alleine nicht den Explosionsschutz am Arbeitsplatz gewährleisten.

In der Praxis kommt es oft zu einer Kombination von technischem und organisatorischem Explosionsschutz. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen und gegebenenfalls anzuwenden:

- a. Erarbeitung von schriftlichen Betriebsanweisungen
- b. Unterweisung der Mitarbeiter
- c. Ausreichende Qualifikation der Beschäftigten
- d. Anwendung des Arbeitsfreigabesystems für gefährliche Arbeiten
- e. regelmäßige Durchführung von Instandhaltungsarbeiten
- f. regelmäßige Durchführung von Prüfungen und Überwachungen
- g. Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche [4]

Speziell die Kennzeichnung verdeutlicht jeder Person das Betreten eines Bereiches in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in gefährdender Menge auftreten kann. Hierzu wird das in Bild 2 dargestellte Warnzeichen verwendet.



Bild 2: Warnzeichen für Explosionsgefahr