

# Inhaltsverzeichnis

3.4 Brand- und Explosionsgefährdung	1
3.4.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen	2
3.4.2 Ermittlung und Beurteilung	5
3.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle	8
3.4.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	13
3.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	15
3.4.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin	16

### 3.4 Brand- und Explosionsgefährdung

Für einen Brand bzw. eine Explosion sind drei Komponenten erforderlich: ein Brennstoff, ein Oxidationsmittel und eine wirksame Zündquelle. Damit es tatsächlich zu einem Brand kommt, müssen Brennstoff und Oxidationsmittel in einem zündfähigen Gemisch vorliegen; die Zündquelle benötigt dann nur die notwendige Zündenergie. In den meisten Fällen reicht der Sauerstoff aus der Umgebungsluft als Oxidationsmittel aus. Aber auch bestimmte Gefahrstoffe können Sauerstoff freisetzen und so brandfördernd wirken. Oxidierende Stoffe sind z. B. in vielen Reinigungsmitteln und in Chlorbleichlauge enthalten.

Bei einer Explosion muss ein ausreichend hoher Dispersionsgrad vorhanden sein; das bedeutet, dass der Brennstoff gleichmäßig mit dem Oxidationsmittel durchmischt ist. Dieser Zusammenhang wird im Branddreieck frei nach EMMONS [1] veranschaulicht (siehe Abb. 3.4-1). Im Vergleich zu einem Brand ist das Ausmaß der Gefährdung bei einer Explosion durch den hohen Temperatur- und Druckanstieg deutlich größer.



Abb. 3.4-1 Branddreieck frei nach Emmons [1]; Grafik: BAuA

### 3.4.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Viele brennbare Gefahrstoffe lassen sich an ihrer Einstufung und Kennzeichnung erkennen (Tab. 3.4-1). Im betrieblichen Alltag werden vorwiegend brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe gehandhabt, deren Dämpfe bzw. Stäube im Gemisch mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Besonders gefährlich sind Gefahrstoffe, die auch ohne Luft explodieren können.

Auch nicht als gefährlich eingestufte und gekennzeichnete Gefahrstoffe können unter bestimmten Umständen brennen. Beispielsweise kann Speisefett in einer Fritteuse in Brand geraten, obwohl es nicht nach CLP-Verordnung als gefährlich eingestuft ist. Auch viele nicht als gefährlich eingestufte Feststoffe wie z. B. Mehl können brennbar oder gar explosionsfähig sein.

Schon eine sehr kleine Menge eines brennbaren Gefahrstoffs kann zu einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen. Aufgrund seiner hohen Freisetzung kann z. B. bereits ein Esslöffel Benzin ein 200-Liter-Fass mit explosionsfähiger Atmosphäre füllen. Häufig entstehen schwere Unfälle beim gewaltsamen Öffnen von Fässern mit Restmengen.

Besondere Vorsicht ist bei selbstzersetzlichen Gefahrstoffen und organischen Peroxiden geboten, die auch ohne Luftsauerstoff explosionsfähig sein können. Sie bilden selbstständig Gase und Dämpfe, die sich durch die dabei entstehende Reaktionswärme oder durch eine andere Zündquelle entzünden können. Neben Temperaturerhöhung können auch Erschütterungen, Reibung oder Schlag zu einer Aktivierung der Selbstzerersetzung führen. Gezielt genutzt werden solche Eigenschaften bei Sprengstoffen und Pyrotechnik. Weitere Informationen dazu finden sich im Kapitel Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände.

Tab. 3.4-1 Kennzeichnung von brand- und explosionsgefährdenden Gefahrstoffen (Auswahl)

Eigenschaft	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Entzündbar		Gefahr	H224 Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar
	—	Achtung	H226 Flüssigkeit und Dampf entzündbar
		Gefahr/ Achtung	H228 Entzündbarer Feststoff
Selbsterseztlich		Gefahr	H240 Erwärmung kann Explosion verursachen
		Gefahr	H241 Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
			
		Gefahr/ Achtung	H240 Erwärmung kann Brand verursachen
Oxidierend		Gefahr	H270 Kann Brand verursachen oder verstärken
		Gefahr	H271 Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
		Achtung	H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
Reaktiv: Reagiert mit Wasser		Gefahr	H260 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können.
		Gefahr Achtung	H261 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase
Reaktiv: Extremer pH		Gefahr	H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden

Bei der Verbrennung von Stoffen und Gemischen entsteht Feuer und Rauch. Besonders der Brandrauch gefährdet durch seine toxischen Bestandteile die Beschäftigten, siehe Tabelle 3.4-2. Aber auch die Wärmewirkung kann zu Personenschäden führen. Sowohl Feuer als auch Rauch verursachen darüber hinaus erhebliche Sachschäden.

Tab. 3.4-2 Gefährdungen durch Brände

Brandwirkung	Gefährdung	Schäden
<b>Wärme</b>	- thermische Aufheizung - Brandausbreitung	- Verbrennung - Gebäudeschäden
<b>Rauch</b>	- Einatmen von Gefahrstoffen - Kontamination	- Stolpern - Vergiftung - Korrosion und Gebäudeschäden durch Kontamination

Bei Explosionen ergeben sich neben Wärme und Rauch zusätzliche Gefährdungen durch Druckwirkung. Diese können z. B. zum unkontrollierten Umherfliegen von Teilen führen. Gefährdet sind sowohl Beschäftigte und ggf. Dritte an den Arbeitsplätzen als auch Dritte in der Umgebung der Arbeitsstätte (Nachbarschaft: andere Betriebe, öffentliche Einrichtungen, Anwohner). Nicht zu unterschätzen ist auch der wirtschaftliche Schaden für das Unternehmen; viele Unternehmen gehen nach einem Brand in die Insolvenz.

Hinweise, ob ein Gefahrstoff brennbar oder explosionsfähig ist, können im Sicherheitsdatenblatt enthalten sein unter:

- Abschnitt 2: Mögliche Gefahren, 2.3 Sonstige Gefahren
- Abschnitt 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung
- Abschnitt 7: Handhabung und Lagerung
- Abschnitt 9: Physikalische und chemische Gefahren



### 3.4.2 Ermittlung und Beurteilung

#### Tätigkeiten mit besonderer Brand- oder Explosionsgefährdung

Bei den folgenden Tätigkeiten kommt es besonders häufig zu Bränden oder Explosionen:

- großflächige Verteilung des Gefahrstoffes, wie z. B. Versprühen, Streichen, Beschichten oder Tränken
- Öffnen von dicht verschlossenen Behältern, Fässern und Anlagenteilen mit entzündbar, leicht entzündbar und extrem entzündbaren Gefahrstoffen
- Ab- und Umfüllvorgänge von brennbaren Flüssigkeiten und brennbaren Schüttgütern
- Tätigkeiten, bei denen feine Stäube entstehen
- Tätigkeiten mit Zündquellen, Beispiele sind hier Tätigkeiten mit offenem Feuer, Schweiß-, Schneide-, Schleifgeräten oder energiereichem Licht
- Instandhaltungsarbeiten

#### Methode: Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe: Modul Brand und Explosion

Die Beurteilung von Brand und Explosionsgefährdungen kann mit dem Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) - Modul Brand und Explosion erfolgen. Um die Brand- und Explosionsgefährdung beurteilen zu können, nutzt das EMKG leicht zugängliche Informationen. Die Einstiegsparameter sind in Tabelle 3.4-3 zusammengefasst.

Tab. 3.4-3 Einstiegsparameter zur Beurteilung der Brand- und Explosionsgefährdung

Einstiegsparameter	Beurteilung
<b>Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion</b> Einstufung: H-Satz der Reihe 200	Die Einstufung ist ein Maß für die von dem Gefahrstoff ausgehende Gefährlichkeit.
<b>Freisetzungsguppe</b> Staubungsverhalten, Dampfdruck oder Siedepunkt	Bewertung, wie schnell sich brennbare und explosionsfähige Dämpfe und Stäube in der Luft ausbreiten.
<b>Mengengruppe</b> Menge während der Tätigkeit	Bewertung der Gefährdung aufgrund der Menge und dem damit verbundenen Schadensausmaß.

#### Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion

Die Gefährlichkeitsgruppe ergibt sich aus den H-Sätzen als Bestandteil der Einstufung und Kennzeichnung. Die H-Sätze finden sich auf dem Kennzeichnungsetikett und im Abschnitt 2 des Sicherheitsdatenblatts wieder.

Das Gefährlichkeitspotenzial ausgehend vom Gefahrstoff steigt von Gefährlichkeitsgruppe pc-A zur Gefährlichkeitsgruppe pc-E. In den Gefährlichkeitsgruppen pc-D und pc-E sind die Gefahrstoffe enthalten, die auch ohne Luft-sauerstoff zum Brand oder zur Explosion führen können. Aufgrund der hohen Gefährdung führen diese im EMKG direkt in die Maßnahmenstufe 4.

Für Flüssigkeiten ohne Einstufung bezüglich physikalischer Gefahren wird die Gefährlichkeitsgruppe pc-A gewählt. Für alle Feststoffe, insbesondere Stäube und Mischstäube, für die keine Einstufung vorliegt, ist grundsätzlich die Gefährlichkeitsgruppe pc-C zu wählen. Auch die Angabe einer Staubexplosionsklasse führt immer zur Gefährlichkeitsgruppe pc-C.

Tab. 3.4-4 Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion für eingestufte Gefahrstoffe

H-Satz	GG
Kein H-Satz*	pc-A
H226, H252, H280, H281, H290, EUH206, EUH209A	pc-B
H222, H223, H224, H225, H228, H229, H251, EUH018, EUH209	pc-C
H242, H261, H270, H271, H272, EUH014, EUH044	pc-D
H200, H201, H202, H203, H204, H205, H206, H207, H208 H220, H221, H230, H231, H232, H240, H241, H250, H260, EUH001, EUH006, EUH019	pc-E

*Hinweis:* Für Altbestände mit Kennzeichnung nach Stoff- und Zubereitungsrichtlinie können die Zuordnungstabellen auf der EMKG-Internetseite genutzt werden.

Ist ein nicht eingestufte Feststoff nachweislich nicht brennbar und nicht explosionsfähig, reicht die Gefährlichkeitsgruppe pc-A aus. Nicht brennbare Feststoffe, sind z. B. Sand, Gestein, Glas oder gelöschter Kalk. Ist der Gefahrstoff nachweislich nicht explosionsfähig, aber brennbar, dann kann basierend auf der Brennzahl [2] Gefährlichkeitsgruppe pc-A oder pc-B gewählt werden, siehe Tabelle 3.4-5.

Tab. 3.4-5 Gefährlichkeitsgruppe für nicht eingestufte Feststoffe

Brennzahlen	Gefährlichkeitsgruppe
1,2,3	pc-A
4,5,6	pc-B

### Mengengruppe

Brand- und Explosionsgefährdungen werden durch die Menge des verwendeten Gefahrstoffs beeinflusst. Durch eine Betriebsbegehung kann die verwendete Menge anhand der ausgeführten Tätigkeit ermittelt werden. Anhand des verwendeten Gebindes ist die Zuordnung zur Mengengruppe bereits erkennbar. Das EMKG kennt drei Mengengruppen, die in Tabelle 3.4-6 aufgeführt sind. Es sind die gleichen Mengengruppen wie im Modul Einatmen.

Tab. 3.4-6 Zuordnung der Mengengruppen

	klein	mittel	groß
			
Feststoffe	g	kg	t
Flüssigkeiten	ml	l	m <sup>3</sup>

### Freisetzungsguppe

Um abzuschätzen, wie sehr der Gefahrstoff dazu neigt sich in die Luft auszubreiten und dort zu verweilen, werden Flüssigkeiten und Feststoffe in Freisetzungsguppen unterteilt, siehe Tabelle 3.4-7. Dieses sind die gleichen wie im Modul Einatmen. Bei flüssigen Gefahrstoffen ergibt sich die Freisetzungsguppe aus dem Siedepunkt oder dem Dampfdruck des Gefahrstoffs. Bei festen Gefahrstoffen kann die Freisetzungsguppe qualitativ abgeschätzt werden. Grundsätzlich gilt: Je feiner und trockener der Staub ist, desto eher bildet sich eine explosionsfähige Atmosphäre.

Beim Versprühen ist die Freisetzungsguppe aufgrund des entstehenden Sprühnebels immer hoch. Wässrige Lösungen, z. B. haushaltsübliche Reinigungsmittel, weisen eine geringe Flüchtigkeit auf; die Freisetzungsguppe ist niedrig. Erhöhte Anwendungstemperaturen begünstigen die Freisetzung. Wie man die Freisetzungsguppe für erhöhte Anwendungstemperaturen bestimmt, wird im Leitfaden zum EMKG-Modul Brand und Explosion [3] erklärt.

Bei einigen Tätigkeiten mit Feststoffen kann es zu feinem Staubabrieb kommen, z. B. durch das Fördern, Abwerfen

oder Abkippen von Materialien. Da die hierbei freigesetzten Stäube sehr fein sind, ist die Freisetzungsguppe "hoch" zu wählen. Dies gilt besonders bei Arbeiten mit Granulat oder körnigen Substanzen, die sonst der Freisetzungsguppe "niedrig" zuzuordnen wären. Bei einer Teilchengröße über 1 Millimeter besteht keine Gefahr einer Staubexplosion mehr.

**Tab. 3.4-7 Zuordnung der Freisetzungsguppe**

	niedrig	mittel	hoch
<b>Feststoffe</b>	 Granulat, Pellets, Wachs	 Körnig: Staub, der sich nach einiger Zeit wieder absetzt (z. B. Waschmittel, Zucker).	 Feinpulvrig: Staub, der einige Minuten in der Luft bleibt (z. B. Mehl, Toner).
<b>Flüssigkeiten</b>	mehr als 150 °C	50 bis 150 °C	weniger als 50 °C
<b>Siedepunkt</b>			
<b>oder Dampfdruck</b>	weniger als 5 hPa	5 bis 250 hPa	mehr als 250 hPa

### 3.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

#### Rangfolge der Maßnahmen im Explosionsschutz

Die Festlegung von Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen erfolgt auf Grundlage des Branddreiecks. Dabei ist nach Gefahrstoffverordnung folgende Rangfolge zu beachten.

Gefährliche Mengen oder Konzentrationen von Gefahrstoffen, die zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen können, sind zu vermeiden. Dies kann erfolgen durch

- Austausch von brennbaren Gefahrstoffen mit nicht brennbaren,
  - Mengen- oder Konzentrationsbegrenzung von brennbaren Stoffen, um die untere Explosionsgrenze einzuhalten,
  - Absaugung von brennbaren Stoffen an der Entstehungsstelle,
  - Inertisierung.
2. Zündquellen oder Bedingungen, die Brände oder Explosionen auslösen können, sind zu vermeiden.
  3. Schädliche Auswirkungen von Bränden oder Explosionen sind so weit wie möglich zu verringern.

#### Maßnahmenempfehlung nach EMKG

Mit den Eingangsparametern

1. Gefährlichkeitsgruppe (GG) Brand und Explosion
2. Freisetzungsgruppe
3. Mengengruppe

wird anhand von Tabelle 3.4-8 eine von drei Maßnahmenstufen ermittelt und abgeleitet, wann weitere Beratung erforderlich ist. Die Maßnahmenstufen des EMKG werden durch Schutzleitfäden [4] konkretisiert.

Tab. 3.4-8 Entscheidungstabelle – EMKG-Modul Brand und Explosion

GC	Menge	Freisetzungsguppe		
		niedrig	mittel	hoch
pc-A	klein			
	mittel			*
	groß		*	*
pc-B	klein			
	mittel		*	*
	groß	*	*	*
pc-C	klein			flüssig
				fest
	mittel	*		flüssig
				fest
groß	*			
pc-D				
pc-E				

**Maßnahmenstufe 1**

- Mindeststandards
- Schutzleitfäden der Reihe 100

**Maßnahmenstufe 2**

- technische Maßnahmen
- Schutzleitfäden der Reihe 200
- erweiterte Brandschutzmaßnahmen
- vorbeugender Explosionsschutz
- tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung

**Maßnahmenstufe 3**

- geschlossenes System
- Schutzleitfäden der Reihe 300
- hohe Brandschutzmaßnahmen
- anlagenbezogene/tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung
- konstruktiver Explosionsschutz

**Maßnahmenstufe 4**

- keine Schutzleitfäden

\* Bei Feststoffen reichen hier Brandschutzmaßnahmen aus.

Maßnahmenempfehlungen nach EMKG sind:

### Maßnahmenstufe 1

Für Maßnahmenstufe 1 reichen die konsequente Anwendung einer guten Arbeitspraxis und Hygienestandards aus. Diese sind im EMKG in den Schutzleitfäden Reihe 100 beschrieben. Sie beschreiben die notwendigen Basismaßnahmen zum Schutz vor Gefahrstoffen. Bei mangelnder Hygiene kann es leicht zu Staubablagerungen kommen. Ein guter Hinweis auf zu viel Staub sind sichtbare Hand- oder Fußabdrücke. Eine gleichmäßige Staubschicht von weniger als 1 mm Schichtdicke reicht aus, um beim Aufwirbeln einen Raum vollständig mit einem explosionsfähigen Staub-Luft-Gemisch auszufüllen.

Liegt ein fester Gefahrstoff mit der Freisetzungsguppe "mittel" oder "hoch" vor, sollte ab dem "kg-Bereich" auch der Schutzleitfaden 240 "Staubarbeitsplätze" beachtet werden. Empfehlenswert ist es, die Schutzleitfäden der Reihe 100 arbeitsbereichsbezogen für den gesamten Betrieb umzusetzen und zu dokumentieren. Alle weiterführenden Maßnahmen sind nur wirksam, wenn ein guter Organisations- und Hygienestandard im Betrieb etabliert ist.

### Maßnahmenstufe 2

Die Maßnahmen der Maßnahmenstufe 2 sind in den Schutzleitfäden der Reihe 200 beschrieben. Diese umfassen verschiedene Maßnahmenpakete.

#### Erweiterte Brandschutzmaßnahmen (Schutzleitfaden-Reihe pc-27X)

In diesen Schutzleitfäden sind bauliche Anforderungen beschrieben, wie feuerbeständige Trennwände und verkürzte Fluchtwege. Außerdem gehören dazu technische und organisatorische Maßnahmen, die für eine ständige Branderkennung und -meldung von Bränden sorgen. Das richtige Verhalten in einem solchen Fall wird in Alarm-, Flucht- und Rettungsplänen beschrieben.

#### Emissionsmindernde Maßnahmen (Schutzleitfaden-Reihe 200 aus Modul Einatmen)

Die Freisetzung der Gefahrstoffe bzw. die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre ist auf ein unbedenkliches Maß zu reduzieren. Dafür können die Maßnahmen eingesetzt werden, die auch beim Einatmen die Freisetzung von Ge-

fahrstoffen begrenzen, z. B. eine Absaugung.

#### **Vorbeugender Explosionsschutz und Zündquellenvermeidung (Schutzleitfadenreihe pc-28X)**

Nur in wenigen Fällen kann eine Absaugeinrichtung den Gefahrstoff vollständig erfassen und somit eine explosionsfähige Atmosphäre verhindern. Deshalb enthält das Modul zusätzliche Vorgaben zum vorbeugenden Explosionsschutz und zur Zündquellenvermeidung. Die Schutzmaßnahmen zum vorbeugenden Explosionsschutz sind im Schutzleitfaden pc-28o für alle Tätigkeiten zusammengefasst. Spezifische Schutzleitfäden zur Zündquellenvermeidung enthält die Reihe pc-28x, in denen in Abhängigkeit von der Tätigkeit und der Gefahrstoffeigenschaft die Schutzmaßnahmen beschrieben sind.

Eine Zündquelle liefert die notwendige Startenergie; der Brennstoff reagiert mit dem Sauerstoff. Zündquellen, die Brände oder Explosionen auslösen, sind zu vermeiden. Das EMKG bietet neben den Schutzleitfäden eine Hilfestellung zur Zündquellenidentifizierung und -vermeidung [4].

Häufige Zündquellen sind z. B.:

- Flammen (offenes Feuer, Zigaretten, Glutnester, Schweißfunken, Brenner)
- heiße Oberflächen (Motoren, Heizungen, Heizstrahler, Fön)
- elektrische Energie (Licht, Lichtschalter, Klingel, elektrische Geräte)
- Lichtbögen (Schweißen)
- mechanisch erzeugte Funken (durch funkenreisendes Werkzeug)
- elektrostatische Aufladung (Schuhe)
- Strahlung: ionisierende, elektromagnetische (Handy, Funkgerät)
- Ultraschall
- chemische Reaktionen

Flammen zählen zu den wirksamsten Zündquellen, da sie eine sehr hohe Temperatur von mehr als 400 °C aufweisen. Daher sind sie ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen in allen explosionsgefährdeten Bereichen verboten. Dies muss vor allem bei Instandhaltungs- oder Feuerarbeiten mit Bunsenbrennern, Feuerzeugen oder Schweiß- und Schneidgeräten berücksichtigt werden. Solche Arbeiten sind grundsätzlich in einem Freigabeverfahren zu regeln, z. B. durch einen Heißeislaubbischein.

Kommt eine explosionsfähige Atmosphäre mit einer heißen Oberfläche in Berührung, kann diese entzündet werden. Beispiele für heiße Oberflächen sind Heizplatten, Gehäuse von bewegten Teilen, Heizungen, Reibungskupplungen, Lampen oder Motorenhäuser.

Entladung statischer Elektrizität kann zur Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen. Ein Beispiel hierfür ist die Entladung aufgeladener Teile oder Personen; z. B. reicht die Aufladung über nicht ableitfähige Schuhe als Zündquelle aus. Diese Entladung tritt insbesondere bei Um- oder Abfüllvorgängen, Schüttgüterentladungen oder schnellen Trennvorgängen, wie dem Abziehen von Folie auf. In explosionsgefährdeten Bereichen ist darauf zu achten, dass keine isolierten Materialien verwendet werden und ableitfähige Materialien immer geerdet sind. Weitere Hinweise zur Vermeidung von statischer Elektrizität werden in Kapitel 2.2 Statische Elektrizität behandelt. In diesem Kapitel wird auf ihre direkte personengefährdende Wirkung eingegangen, z. B. durch elektrischen Schlag und sekundäre Unfälle durch Schreckreaktionen.

Bei den chemischen Reaktionen als Zündquelle sind vor allem selbsterhitzungsfähige und pyrophore Stoffe, organische Peroxide, aber auch Gefahrstoffe, die mit Wasser reagieren, zu nennen. Auch Stoffe mit extremen pH-Werten wie starke Säuren und Basen können unter starker Wärmeentwicklung reagieren. Zu erkennen sind solche Gefahrstoffe daran, dass sie wegen ihrer Ätzwirkung auf die Haut eingestuft sind.

Ein nützliches Instrument zur Verhinderung der Zündung explosionsfähiger Atmosphäre kann bei stationären Arbeitsplätzen und Anlagen die Zoneneinteilung sein. Nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre wird die Zone festgelegt und eine Gerätekategorie zugeordnet. Darüber können geeignete geschützte Geräte beschafft werden, siehe Tabelle 3.4-9.

Tab. 3.4-9 Zoneneinteilung und Einteilung der in ihnen zu verwendenden Geräte nach EU-Richtlinie 2014/34/EU

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	Zone Gase, Dämpfe	Geräteklasse	Zone Stäube	Geräteklasse	Zündquellenfreiheit
ständig, langfristig	0	1G	20	1D	Gerät stellt bei unvorhersehbaren, seltenen und vorhersehbaren Betriebsstörungen bei bestimmungsgemäßem Betrieb keine Zündquelle dar.
gelegentlich oder häufig	1	2G	21	2D	Gerät stellt bei vorhersehbaren Betriebsstörungen und bestimmungsgemäßem Betrieb keine Zündquelle dar.
selten und kurzzeitig	2	3G	22	3D	Gerät stellt bei bestimmungsgemäßem Betrieb keine Zündquelle dar.

### Maßnahmenstufe 3

Hier liegt ein hoher Maßnahmenbedarf zum Schutz vor Brand- und Explosionsgefährdungen vor. Empfohlen werden, aufbauend auf den allgemeinen Organisations- und Hygienemaßnahmen der Reihe 100:

- hohe Brandschutzmaßnahmen
- geschlossenes System
- konstruktiver Explosionsschutz
- anlagenbezogene oder tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung mit erhöhter Sicherheit

Das EMKG-Modul Brand und Explosion enthält einen Schutzleitfaden zu hohen Brandschutzmaßnahmen (pc-370), der mit den anderen Schutzleitfäden der Reihe 300 kombiniert werden kann. Geschlossene Systeme bieten zudem die Möglichkeit zur Druckabsenkung und Inertisierung. Dadurch kann die Gefährdung weiter verringert werden. Kann trotz aller Maßnahmen nicht sicher ausgeschlossen werden, dass eine Explosion auftritt, muss das Schadensausmaß mit Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes minimiert werden. Dazu ist in der Regel eine Beratung durch Experten notwendig.

### Maßnahmenstufe 4

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die auch ohne Luft explosionsfähig oder explosionsgefährlich sind, besteht eine besonders hohe Brand- und Explosionsgefährdung. Dazu gehören vor allem explosive Stoffe und Gemische, Erzeugnisse mit Explosivstoff (z. B. Sprengstoff, Pyrotechnik) sowie selbstzersetzliche Stoffe und Gemische und organische Peroxide. Im EMKG-Modul Brand und Explosion sind diese den Gefährlichkeitsgruppen pc-D und pc-E zugeordnet. Hier sind zusätzlich sowohl die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung und für explosionsgefährliche Gefahrstoffe (Gefährlichkeitsgruppe pc-E) auch die des Sprengstoffgesetzes zu beachten.

Da diese Gefahrstoffe auch ohne Luft explodieren können, hängt die Höhe der Explosionsgefährdung nicht von der Freisetzung, sondern nur von der Menge ab. Für die Gefährdungsbeurteilung ist ein spezielles Fachwissen erforderlich, das nicht über Schutzleitfäden abgedeckt werden kann. Als Hilfestellung gibt es Technische Regeln, Handlungsempfehlungen und Fortbildungsveranstaltungen der Unfallversicherungsträger und der Bundesländer. Emp-

fehlerhaft ist die Beratung durch Brand- und Explosionsschutz- und ggf. Sprengstoffexperten. Weitere Informationen zu diesen Gefahrstoffen finden sich im Kapitel Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände.

### Wirksamkeitskontrolle

Die Wirksamkeitskontrolle kann mithilfe der EMKG-Schutzleitfäden erfolgen. Außerdem sind regelmäßige Sicht- und Funktionskontrollen erforderlich, z. B. auf Störgeräusche und offensichtliche Mängel an Arbeitsmitteln.

Ab der Maßnahmenstufe 2 muss auch die Wirksamkeit der emissionsmindernden Maßnahmen wie raumlufttechnische Anlagen und Absaugungen regelmäßig überprüft werden. Nach Gefahrstoffverordnung ist dieses mindestens alle drei Jahre erforderlich, bei Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben z. B. Absauganlagen jährlich.

Für die getroffenen Maßnahmen zum Explosionsschutz stellt die Betriebssicherheitsverordnung weitere Anforderungen an die Wirksamkeitsprüfung. Gemäß BetrSichV Anhang 2, Abschnitt 3 ist durch eine befähigte Person zu prüfen, ob alle im explosionsgefährdeten Bereich vorgesehenen Arbeitsmittel und die Arbeitsumgebung sowie die Maßnahmen zum Schutz Dritter die Explosionssicherheit gewährleisten. Die Prüfungen haben das Ziel, den Schutz vor Explosionen und Bränden mindestens bis zur nächsten Prüfung sicherzustellen. Die befähigte Person hat

- eine einschlägige technische Berufsausbildung oder eine andere für die vorgesehenen Prüfungsaufgaben ausreichende technische Qualifikation
- mindestens eine einjährige Erfahrung mit der Herstellung, dem Zusammenbau, dem Betrieb oder der Instandhaltung der zu prüfenden Anlagen oder Anlagenkomponenten in Bezug auf Explosionsschutz
- Kenntnisse über Explosionsgefährdungen durch Teilnahme an Schulungen oder Unterweisungen und hält diese auf aktuellem Stand.

Wenn Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen einer Gerätekategorie der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU entsprechen, sind diese vor Inbetriebnahme, nach prüfpflichtigen Änderungen, nach Instandsetzung und durch wiederkehrende Prüfung durch eine befähigte Person zu prüfen. Diese benötigt neben einer der Prüfaufgabe entsprechenden Qualifikation auch eine behördliche Anerkennung. Außerdem verfügt sie über die für die Prüfung erforderlichen Prüfeinrichtungen. Diese Prüfung kann nach der Instandsetzung durch den Hersteller durchgeführt werden. Der Hersteller muss bestätigen, dass das Gerät, das Schutzsystem oder die Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen der Explosionsschutzverordnung entspricht, die die ATEX-Richtlinie 2014/34/EU in Deutschland umsetzt.

Weitere Anforderungen an "Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen" sind in den Teilen 1 bis 4 der TRBS 1201 aufgeführt. Diese sind mit bestimmten Ausnahmen von zugelassenen Überwachungsstellen durchzuführen. Die BAuA hat eine Liste mit zugelassenen Überwachungsstellen auf ihrer Homepage veröffentlicht [5].

### 3.4.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

#### Gesetze, Verordnungen, EU-Richtlinien

[www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de); <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Explosionsschutzverordnung (11. ProdSV)
- ATEX-Richtlinie 2014/34/EU

#### Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

[www.baua.de](http://www.baua.de)

- TRGS 400 "Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen"
- TRGS 510 "Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern"
- TRGS 800 "Brandschutzmaßnahmen"
- TRGS 720 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines"
- TRGS 721 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung"
- TRGS 722 "Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische"
- TRGS 723 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische"
- TRGS 724 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken"
- TRGS 727 "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen"
- TRBS 1201 "Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen"
- TRBS 1201 Teil 1 "Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen"
- TRBS 1201 Teil 3 "Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU"
- TRBS 1203 "Zur Prüfung befähigte Personen"

#### DGUV Vorschriften, DGUV Regeln und DGUV Informationen

- DGUV Regel 113-001 (bisher BGR 104) Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- DGUV Information 213-106 Explosionsschutzdokument
- DGUV Information 213-057 (bisher BGI 518) Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz Einsatz und Betrieb
- DGUV Information 205-001 (bisher BGI 560) Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz
- DGUV Information 205-003 (bisher BGI 847) Aufgaben, Qualifikation und Ausbildung von Brandschutzbeauftragten
- DGUV Information 205-023 (bisher BGI/GUV-I 5182) Brandschutzhelfer - Ausbildung und Befähigung

#### Literatur

- [1] EMMONS, H. W.: HEAT Transfer in Fire. Journal of Heat Transfer. 95(2) 1973, S. 145–151
- [2] Erläuterungen Brennbarkeit, Gestis Staub-Ex Datenbank. IFA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen. [Online] [Zitat vom: 09.05.2023.] <https://staubex.ifa.dguv.de/HTML-Dokumente/erlt11.htm>
- [3] SCHWEIZER-KARABABA, I., WILMES, A., WOLF, T., WIECHEN, K., BERGHAUS, M.: *EMKG-Leitfaden – Modul Brand und Explosion*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2020
- [4] Schutzleitfäden konkretisieren die EMKG Maßnahmenstufe. Internetseite der BAuA. [Online] [Zitat vom: 09.05.2023.] <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html>
- [5] Liste Zugelassener Überwachungsstellen. [Online] BAuA. [Zitat vom: 09.05.2023.] <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Gesetzliche-und-hoheitliche-Aufgaben/Produktsicherheitsgesetz/Zugelassene-Ueberwachungsstellen.html>

#### Internetangebote/Links

Gefährdungsbeurteilungshilfen

- [Explosionsschutz - Katalog zum Erstellen von Gefährdungsbeurteilungen](#)  
ein Angebot der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

Fachliche Herstellerbroschüren

- [Grundlagen Explosionsschutz](#)  
Überblick über wesentliche Gesichtspunkte des Explosionsschutzes. (Hrsg.: Cooper Crouse-Hinds GmbH)
- [Grundlagen Explosionsschutz](#)  
Explosionsschutz im Zusammenhang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen. (Hrsg.: R. Stahl AG)
- Explosionsschutz - Richtlinien und Grundlagen  
Einführung und Übersicht zum Explosionsschutz - Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen. (Hrsg.: Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG)
- [Grundlagen Explosionsschutz](#)  
Explosionsschutz, Schutzprinzipien, Zündschutzarten, Kennzeichnung. (Hrsg.: BARTEC Top Holding GmbH)

Informationsportale Explosionsschutz

- [Gemeinsames Brand- und Explosionsschutzportal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt \(PTB\) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung \(BAM\)](#)
- [Explosionsschutzportal](#) der BG RCI

### 3.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

#### Prüffragen

Die Prüffragen gehen über die beschriebenen Schritte zur Ableitung von Maßnahmen nach dem EMKG hinaus und sind zusätzlich zu prüfen.

- Sind Feststoffe, die erfahrungsgemäß brennbar sind, wie z. B. Papier, Holz, Polyethylen, Polystyrol, vorhanden?
- Geht von den vorhandenen Arbeitsstoffen im Betrieb eine Staubbelastung aus?
- Werden Arbeitsstoffe im Betrieb mechanisch bearbeitet, zerkleinert oder auf Förderbändern transportiert (z. B. feiner Abrieb durch Förderbänder)?
- Werden Gefahrstoffe verwendet, von denen bekannt ist, dass sie bei der vorhandenen Anwendungstemperatur zum Brennen neigen oder deren Stoff/Luft-Gemische explosionsfähig sind (z. B. Ammoniak, Chlor oder Sprühnebel von Heizöl)?
- Werden Arbeitsverfahren angewendet, bei denen es zu gefährlichen chemischen Reaktionen kommen kann (z. B. beim Verdünnen von Salpeter- oder Flusssäure mit Wasser; bei der Ladung von Batterien mit Wasserstoffbildung oder Tätigkeiten mit Ammoniumnitrat bzw. ammoniumnitrat-haltigen Düngemitteln)?

#### Vorlagen für die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu Brand und Explosion

EMKG:

- [EMKG-Software](#)
- Dokumentation einer Gefährdungsbeurteilung - Für den Teil Brand- und Explosionsgefährdungen
- [Muster eines Explosionsschutzdokuments](#), Quelle: BG BAU
- [BGHM-Beispiele](#)
- [BG-RCI-Beispiele](#)
- [FSA-Beispiele](#)

#### Weitere Musterchecklisten

- [SUVA-Checkliste "Statische Elektrizität"](#)
- [SUVA-Checkliste "Explosionsrisiken"](#)

### **3.4.6 Autorinnen und Ansprechpartnerin**

#### **Autorinnen**

- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus  
Fachgruppe 4.1.1 Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP
- Dipl.-Ing. Annette Wilmes  
Fachgruppe 4.1.1 Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP

#### **Ansprechpartnerin**

- Dr. rer. nat. Melanie Berghaus  
Fachgruppe 4.1.1 Gefahrstoffe im Arbeitsschutz, Koordinierung CLP

#### **Kontakt**

## Impressum

### Zitiervorschlag:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer, Hrsg., 2023.  
Handbuch Gefährdungsbeurteilung  
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531  
[Bitte Zugriffsdatum einfügen]  
Verfügbar unter: [www.baua.de/gefaehrungsbeurteilung](http://www.baua.de/gefaehrungsbeurteilung)

### Fachliche Herausgeber:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer

### Herausgeber:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)  
Friedrich-Henkel-Weg 1–25, 44149 Dortmund  
Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund

Telefon: 0231 9071-2071  
Telefax: 0231 9071-2070  
E-Mail: [info-zentrum@baua.bund.de](mailto:info-zentrum@baua.bund.de)  
Internet: [www.baua.de](http://www.baua.de)

**Redaktion:** Strategische Kommunikation und Kooperation, BAuA

**Gestaltung:** Susanne Graul, BAuA; eckedesign, Berlin

**Fotos:** Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln; Kapitel "Biostoffe": Nancy Heubach, BAuA

Diese Handlungshilfe benutzt eine geschlechtergerechte Sprache. Dort, wo das nicht möglich ist oder die Lesbarkeit stark eingeschränkt würde, gelten die gewählten personenbezogenen Bezeichnungen für beide Geschlechter.

Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten. Die auf der Website der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hinterlegten Datenbankinhalte, Texte, Grafiken, Bildmaterialien, Ton-, Video- und Animationsdateien sowie die zum Download bereitgestellten Publikationen sind urheberrechtlich geschützt. Wir behalten uns ausdrücklich alle Veröffentlichungs-, Vervielfältigungs-, Bearbeitungs- und Verwertungsrechte an den Inhalten vor.

Die Inhalte dieser Handlungshilfe wurden mit größter Sorgfalt erstellt und entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die BAuA jedoch keine Gewähr.

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.