



EMKG - Leitfaden Modul Brand und Explosion

baua: Bericht

Forschung Projekt F 2265

I. Schweitzer-Karababa
A. Wilmes
T. Wolf
K. Wiechen
M. Berghaus

EMKG-Leitfaden Modul Brand und Explosion

3., überarbeitete Auflage 2020
Dortmund/Berlin/Dresden

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt „Feldstudie zu einem zukünftigen Modul Brand- und Explosionsgefährdung für das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG)“ – Projekt F 2265 – der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Autoren: Dipl.-Ing. Iris Schweitzer-Karababa
Dipl.-Ing. Annette Wilmes
Dr.-Ing. Torsten Wolf
Katharina Wiechen, M. Sc.
Dr. rer. nat. Melanie Berghaus
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Titelfoto: michaelz86/iStock.com

Umschlaggestaltung: Susanne Graul
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herstellung: Düssel-Druck & Verlag GmbH, Düsseldorf

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
Internet www.baua.de

Berlin: Nöldnerstraße 40 – 42, 10317 Berlin
Telefon 030 51548-0
Telefax 030 51548-4170

Dresden: Fabricestraße 8, 01099 Dresden
Telefon 0351 5639-50
Telefax 0351 5639-5210

Die Inhalte der Publikation 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.



ISBN 978-3-88261-265-3 (Print)
doi:10.21934/baua:bericht20200402.3 (online)

www.baua.de/dok/8657296

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung	5
2	Zusammenfassung	6
3	Hintergrundinformationen zum EMKG-Modul Brand und Explosion	7
3.1	Regelkonformität	7
3.2	Vorausgesetzte Kenntnisse von Anwendern	7
3.3	Tätigkeiten mit besonderer Brand- oder Explosionsgefährdung	8
3.4	Branchen mit besonderer Brand- oder Explosionsgefährdung	9
3.5	Wann können keine oder nur bedingt Maßnahmen abgeleitet werden?	9
3.6	Wie entstehen Brände und Explosionen?	10
3.7	Entwicklung des EMKG-Modul Brand und Explosion	11
3.7.1	Verlässliche Informationen	11
3.7.2	Allgemeine Vorgehensweise	11
3.7.3	Beurteilen von brennbaren Flüssigkeiten und Stäuben	13
3.7.4	Beurteilen von selbstzersetzlichen Stoffen und organischen Peroxiden	15
3.7.5	Beurteilen von starken Oxidationsmitteln	17
3.7.6	Beurteilen von chemischen Reaktionen als Zündquelle	17
4	Das EMKG-Modul Brand und Explosion	20
	Schritt 1: Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion	23
	Schritt 2: Mengengruppe	26
	Schritt 3: Freisetzungsguppe	27
	Schritt 4: Maßnahmenfestlegung	29
4.1	Beispiel zur Maßnahmenfestlegung	32
4.2	Reihe 100 = Maßnahmenstufe 1 = Schutzleitfäden 1xx	33
4.3	Reihe 200 = Maßnahmenstufe 2 = Schutzleitfäden 2xx	34
4.4	Reihe 300 = Maßnahmenstufe 3 = Schutzleitfäden 3xx	38
4.5	Beratung	39
	Schritt 5: Wirksamkeitsprüfung Brand und Explosion	41
Anhang 1	Hilfestellung zur Zündquellenidentifizierung und -vermeidung	44
Anhang 2	Dokumentation der Explosionsgefährdungen nach § 6 Absatz 9 GefStoffV	50

1 Einleitung

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) unterstützt seit 2005 Personen, die im Arbeitsschutz tätig sind, mit dem Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG). Ziel ist es, EMKG-Anwendern beim Umgang mit Gefahrstoffen geeignetes Werkzeug zum Einschätzen von Gefährdungen und Auswählen angemessener Schutzmaßnahmen an die Hand zu geben. Hierzu werden leicht zugängliche Informationen aus Sicherheitsdatenblättern und Betriebsbegehungen genutzt und mit den systematischen Maßnahmenempfehlungen des EMKG verknüpft. Ein konkretes Hilfsmittel bieten die Schutzleitfäden. Als zweiseitige Checklisten helfen sie, Basismaßnahmen für den Arbeitsplatz umzusetzen. Für Tätigkeiten mit höheren Gefährdungen gibt es spezifische Schutzleitfäden, die auf diese Basis aufbauend weitere Maßnahmen beschreiben. Zum Ableiten von adäquaten Schutzmaßnahmen für Gefährdungen durch Einatmen und Hautkontakt kann der EMKG-Anwender bereits auf ein breites Spektrum von EMKG-Produkten zugreifen.

Das aktuelle Modul Brand und Explosion wird hier vorgestellt. Grundlage für Modul und Schutzleitfäden sind die Technischen Regeln aus dem Gefahrstoff-, Betriebssicherheits- und Arbeitsstättenrecht.

2 Zusammenfassung

Das EMKG-Modul Brand und Explosion verknüpft zur Einschätzung der Gefährdung die gefährliche Eigenschaft des Gefahrstoffes mit der Wahrscheinlichkeit, dass ein Brand oder eine Explosion entstehen kann. Geeignete Parameter zur Einschätzung sind die Einstufung, Angaben zur Staubexplosionsfähigkeit, das Freisetzungsverhalten und die eingesetzte Menge. Dabei sind die Parameter für das Freisetzungsverhalten und für die verwendete Gefahrstoffmenge die gleichen, die zur Gefährdungseinschätzung beim Einatmen von Gefahrstoffen genutzt werden.

Die Maßnahmenempfehlungen sind in Abhängigkeit von der Höhe der Gefährdung einer von drei Maßnahmenstufen zugeordnet. In besonderen Fällen ist „Beratung“ erforderlich. Die erste Stufe enthält Mindestanforderungen an Lüftung, Organisations- und Hygienemaßnahmen, Brandschutzmaßnahmen sowie an das Lagern und Bereitstellen von Gefahrstoffen. Als guter Organisations- und Hygienestandard sind diese immer umzusetzen. Alle weiteren zusätzlichen Maßnahmen sind nur wirksam, wenn sie auf diesen Mindestanforderungen aufbauen können.

In der zweiten Stufe empfiehlt das Modul erweiterte Brandschutzmaßnahmen. Für den Explosionsschutz ist die Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre durch emissionsmindernde Maßnahmen zu reduzieren. Die restliche Gefährdung wird durch Schutzmaßnahmen zur Zündquellenvermeidung weiter minimiert. Bisher wurden spezifische Schutzleitfäden für Tätigkeiten mit brennbaren Flüssigkeiten entwickelt. Für staubende Tätigkeiten sind grundsätzliche Maßnahmenempfehlungen im Schutzleitfaden „Staubarbeitsplätze“ beschrieben.

Bei hohen Brand- und Explosionsgefährdungen verweist das Modul auf die Maßnahmenstufe 3 oder direkt auf Expertenberatung. Gefahrstoffe, die ohne Luft explosionsfähig sind, wie z. B. selbstzersetzliche Stoffe, organische Peroxide und Sprengstoffe führen direkt in die Expertenberatung.

Sind die beschriebenen Schutzmaßnahmen nicht umsetzbar oder existiert kein Schutzleitfaden, können die Technischen Regeln und andere Handlungsempfehlungen, insbesondere der Unfallversicherungsträger und Länder, ergänzend herangezogen werden.

Interessierte EMKG-Anwender sind eingeladen, ihre Erfahrungen mit dem neuen Modul dem Projektteam mitzuteilen.

3 Hintergrundinformationen zum EMKG-Modul Brand und Explosion

3.1 Regelkonformität

Bereits seit 1996 fordert das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) das Beurteilen aller Gefährdungen am Arbeitsplatz. Seit 2005 wird dies für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) für Gesundheits-, Brand- und Explosionsgefährdungen umgesetzt.

Weiter konkretisiert werden diese Anforderungen in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) und in den Technischen Regeln der Betriebssicherheit (TRBS). Die grundsätzliche Vorgehensweise der Gefährdungsbeurteilung bei Gefahrstoffen wird in der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ beschrieben. Seit 2010 beurteilt die TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“ Brandschutzgefährdungen und führt zu notwendigen Brandschutzmaßnahmen. Weitere technische Regeln enthalten eine Anleitung zur Beurteilung von Explosionsgefährdungen (TRGS 721/TRBS 2152 Teil 1) und zum Vermeiden bzw. Einschränken der Bildung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphären (TRGS 722/TRBS 2512 Teil 2).

Den Stand der Technik zur Zündquellenvermeidung bieten die TRGS 723 sowie TRGS 727. Für Arbeiten mit besonders kritischen Gefahrstoffen müssen die Forderungen der TRGS 724 berücksichtigt werden. Anforderungen an die befähigte Person zur Prüfung von Explosionsschutzeinrichtungen und den Prüfungen überwachungsbedürftiger Anlagen werden in der TRBS 1203 und TRBS 1201 Teil 1 bis Teil 4 beschrieben. Weitere Anforderungen bei Instandhaltungsarbeiten beschreibt die TRBS 1201 Teil 3.

Bei Tätigkeiten mit Stoffen, die auch ohne Luft explosionsfähig sind, sind Anforderungen unter anderem aus dem Sprengstoffgesetz (SprengG), der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie den Technischen Regeln und den Vorschriften und Regeln der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen zu berücksichtigen.

Zur einfacheren Umsetzung dieser Forderungen bietet das EMKG Unterstützung bei der Ermittlung des Maßnahmenbedarfs. Das neue EMKG-Modul Brand und Explosion hilft bei der Ermittlung und erfüllt die Kriterien der rechtlichen Vorgaben.

3.2 Vorausgesetzte Kenntnisse von Anwendern

Grundsätzlich ist der Arbeitgeber verpflichtet alle Gefährdungen, die während einer Tätigkeit entstehen, zu beurteilen, zu bewerten und in einer Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Er kann diese Aufgabe an Mitarbeiter übergeben, solange er sicherstellt, dass die Beurteilung fachkundig durchgeführt wird.

Für die Einschätzung von Brand- und Explosionsgefährdungen muss die fachkundige Person mit den Tätigkeiten im Betrieb vertraut sein. Sie sollte über genügend Erfahrung und Kenntnisse in der Brand- und Löschlehre sowie im Gefahrstoff-, Arbeitsstätten- und Betriebssicherheitsrecht haben. Grundsätzlich geht das Gefahrstoffrecht davon aus, dass Sicherheitsfachkräfte oder Brandschutzbeauftragte fachkundig sind.

Durch ihre Ausbildung können sie Gefährdungen beurteilen und gleichzeitig abschätzen, an welcher Stelle zusätzliche Beratung erforderlich ist. In Abhängigkeit von der Höhe der Gefährdung und den daraus resultierenden Maßnahmen können die Anforderungen an die Fachkenntnisse unterschiedlich sein. Der Gesetzgeber verlangt, dass fachkundige Personen ihre Kenntnisse durch Fachzeitschriften und spezifischen Fortbildungen regelmäßig auffrischen und vertiefen.

HINWEIS:

- Um einen Einblick über die Gefährdungssituation zu bekommen, ist es empfehlenswert, interne Berater, wie z. B. Meister, Sicherheitsbeauftragte und Fachkräfte mit einzubeziehen. Aber auch externe Berater, wie z. B. die Unfallversicherungsträger, Bundesländer und andere Akteure im Arbeitsschutz unterstützen besonders bei hohen Gefährdungen durch Handlungsempfehlungen, Datenbanken und Beratung. Eine besonders hohe Expertise ist bei Schutzmaßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes erforderlich.

Das EMKG-Modul Brand und Explosion klassifiziert die Gefährdungen. Dadurch können hohe Gefährdungen direkt identifiziert und die zu treffenden Maßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden. Zudem kann eingeschätzt werden, ob zusätzliches Expertenwissen benötigt wird.

3.3 Tätigkeiten mit besonderer Brand- oder Explosionsgefährdung

- **Großflächige Stoffverteilungen, wie z. B. Versprühen, Streichen, Beschichten oder Tränken**

Aufgrund großer Verdunstungsoberfläche oder fein verteilte Aerosolteilchen bildet sich sehr leicht eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.

- **Öffnen von dicht verschlossenen Behältern, Fässern und Anlagenteilen mit entzündbar, leicht entzündbar und extrem entzündbaren Gefahrstoffen**

Bereits nach kurzer Lagerung können sich in geschlossenen Behältern gefährliche explosionsfähige Atmosphären bilden. Dies gilt vor Allem bei geringen Restmengen.

- **Ab- und Umfüllvorgänge von brennbaren Flüssigkeiten und brennbaren Schüttgütern**

Ohne besondere Maßnahmen besteht hier die Zündgefahr durch elektrostatische Entladungen.

- **Tätigkeiten, bei denen Stäube mit einer hohen Freisetzungsgeschwindigkeit (feine Stäube) entstehen**

Hier bilden sehr kleine Partikel eine große Oberfläche, die leicht zu einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führt.

- **Tätigkeiten mit Zündquellen**

Beispiele sind hier Tätigkeiten mit offenem Feuer, Schweiß-, Schneide-, Schleifgeräten oder energiereichem Licht.

- **Instandhaltungsarbeiten**

Hier ändern sich meist die Betriebszustände und ggf. die vorhandenen Zündquellen. Damit diese nicht ungeachtet bleiben, sind Instandhaltungsarbeiten separat zu beurteilen.

3.4 Branchen mit besonderer Brand- oder Explosionsgefährdung

- Chemische, Holzverarbeitende, Pharma-, Nahrungsmittel-, Textil- und Futtermittelindustrie sowie Raffinerien
- Entsorgungs-, Gasversorgungs- und Energie erzeugende Unternehmen
- Lackier-, Recycling-, und metallverarbeitende Betriebe
- Landwirtschaft (z. B. Biogasanlagen oder Getreidesilos), Deponien, Klärwerke, Gießereien und Tiefbauarbeiten

3.5 Wann können keine oder nur bedingt Maßnahmen abgeleitet werden?

Das EMKG ermöglicht keine Maßnahmenermittlung für stoffbedingte Umweltgefährdungen und zur Lagerung von Gefahrstoffen. Diese Maßnahmen sind zusätzlich zu ermitteln. Eine Hilfestellung zur Umsetzung der Mindeststandards für das Bereitstellen und Lagern bietet der Schutzleitfaden La-101. Darauf aufbauende zusätzliche Schutzmaßnahmen können den Technischen Regeln zur Lagerung (TRGS 509 und 510) entnommen werden.

Gefahrstoffbedingte Gefährdungen bei Maschinen, Anlagen und Anlagenteilen werden nicht vom EMKG-Modul Brand und Explosion abgedeckt und sind gemäß Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) zusätzlich zu beurteilen. Das gleiche gilt für bauliche Anforderungen. Diese sind über die Landesbauordnungen geregelt und parallel zu berücksichtigen. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die auch ohne Luft explosionsfähig sind, führen direkt zu einer Beratung durch Experten.

Für die Handhabung von Gasen wurde das EMKG-Modul Brand und Explosion noch nicht explizit auf Praxistauglichkeit erprobt. Die Ableitung von Schutzmaßnahmen wird in der TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen“ beschrieben. Eine große Auswahl an Merkblätter und Handlungsanleitungen stellt der Industriegaseverband e. V. auf seiner Internet Seite www.industriegaseverband.de zur Verfügung.

Gefährdungen die durch eine exotherme chemische Reaktion entstehen, werden nur Ansatzweise vom EMKG-Modul Brand und Explosion erfasst.

Entstehen brennbare Gefahrstoffe bei Tätigkeiten oder werden sie aus Erzeugnissen freigesetzt, können sie nur bewertet werden, wenn Angaben zu den EMKG-Parametern vorliegen.

Das Modul Brand und Explosion liefert bisher keine Schutzleitfäden für den konstruktiven Explosionsschutz in der Maßnahmenstufe 3.

3.6 Wie entstehen Brände und Explosionen?

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. Bei einer Explosion muss ein ausreichend hoher Dispersionsgrad vorhanden sein; das bedeutet, dass der Brennstoff gleichmäßig mit dem Oxidationsmittel durchmischt ist. Im Vergleich zu einem Brand ist das Ausmaß der Gefährdung bei einer Explosion durch den hohen Temperatur- und Druckanstieg deutlich größer.

Dieser Zusammenhang wird im Branddreieck frei nach Emmons veranschaulicht (siehe Abb. 3.1).

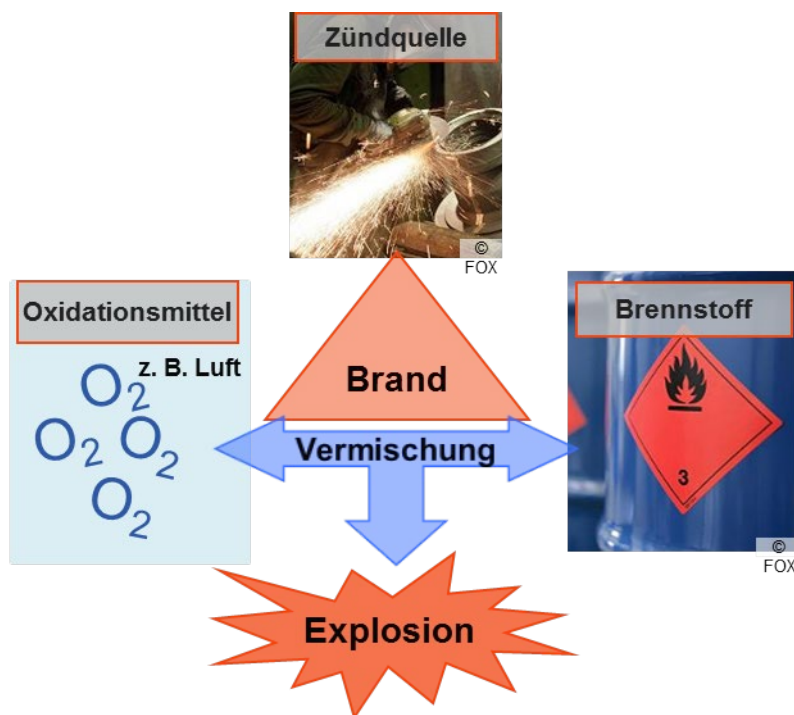


Abb. 3.1 Branddreieck frei nach Emmons (1973)

Im betrieblichen Alltag werden vorwiegend brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe gehandhabt, deren Dämpfe bzw. Stäube im Gemisch mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Staubexplosionsgefahr besteht nur dann, wenn aus brennbarem Staub eine Staubwolke gebildet wird und gleichzeitig eine wirksame Zündquelle vorhanden ist.

Besondere Vorsicht ist bei selbstzersetzenden und oxidierenden Gefahrstoffen geboten. Sie bilden selbstständig Gase und Dämpfe, welche 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 Selbstersetzung führen. Zu den selbstzersetzenden Stoffen gehören u. a. organische Peroxide.

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

1. Das Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre ist zu vermeiden. Dies kann unter anderem durch Austausch von brennbaren Gefahrenstoffen mit nicht brennbaren, Mengen- oder Konzentrationsbegrenzung von brennbaren Stoffen unter die untere Explosionsgrenze, Absaugung von brennbaren Stoffen an der Entstehungsstelle oder Inertisierung erreicht werden.
2. Zündquellen oder Bedingungen, die Brände oder Explosionen auslösen, sind grundsätzlich zu vermeiden. Wirksame Zündquellen sind:
 - 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 funkenreißendes Werkzeug)
 - Elektrostatische Aufladung (Schuhe)
 - Strahlung: ionisierende, elektromagnetische (Handy, Funkgerät)
 - Ultraschall
 - Chemische Reaktionen
3. Schädliche Auswirkungen von Bränden oder Explosionen auf die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten und anderer Personen sind so weit wie möglich zu verringern.

3.7 Entwicklung des EMKG-Modul Brand und Explosion

3.7.1 Verlässliche Informationen

Wie auch für die Beurteilung von Gesundheitsgefährdungen müssen die Informationen der Tätigkeitsbeschreibung und der Sicherheitsdatenblätter richtig sein. Die Qualität der einfließenden Informationen ist maßgeblich für die Güte der Gefährdungsbeurteilung. Wie der EMKG Anwender die Angaben eines Sicherheitsdatenblatts auf Vollständigkeit überprüfen kann, ist im Leitfaden des Einfachen Maßnahmenkonzeptes Gefahrstoffe 2.2 beschrieben. Bei fehlenden oder unvollständigen Angaben sollte er sich grundsätzlich an den Ersteller des Sicherheitsdatenblatts wenden. Alternativ kann er fehlende Informationen selbst ermitteln und ergänzen.

3.7.2 Allgemeine Vorgehensweise

Das Modul verknüpft zur Einschätzung der Gefährdung die gefährliche Eigenschaft des Gefahrstoffes mit der Wahrscheinlichkeit, dass ein Brand oder eine Explosion entstehen kann. Hierzu werden leicht zugängliche Informationen aus den Sicherheitsdatenblättern, Betriebsbegehungen und Stoffdatenbanken genutzt.

Zu den am meisten verwendeten brennbaren Gefahrstoffen zählen die entzündbaren Flüssigkeiten und entzündbare Feststoffe, deren Dämpfe bzw. Stäube mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können. Das Entstehen einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre ist zum einen von der ureigenen Gefahrstoffeigenschaft und zum anderen von der Menge des freierwerdenden Gefahrstoffes abhängig.

Die Beurteilung erfolgt über die Einstiegsparameter:

Tab. 3.1 Einstiegsparameter zur Beurteilung von Gefahrstoffen

Einstiegsparameter	Beurteilung
Stoffeigenschaft/ Einstufung: H-Satz oder, falls nicht vorhanden, R-Satz	Bewertung auf Grund der gefährlichen Stoffeigenschaften und der damit verbundenen Reaktionsfähigkeit.
Freisetzungverhalten: Staubungsverhalten, Dampfdruck oder Siedepunkt	Bewertung, wie schnell sich brennbare und explosionsfähige Dämpfe/Stäube ausbreiten und zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen.
Menge während der Tätigkeit	Bewertung der Gefährdung auf Grund der Menge und dem damit verbundenen Schadensausmaß.

HINWEIS:

- Das Freisetzungverhalten und die Mengenabschätzung wird über dieselben Parameter wie im EMKG-Modul Einatmen von Gefahrstoffen bestimmt.

Insgesamt führt das Modul zu einer von drei Maßnahmenstufen. Diese werden in der ersten und zweiten Stufe durch Schutzleitfäden konkretisiert. In der ersten Stufe werden Mindestanforderungen an Lüftung, Organisation- und Hygienemaßnahmen, Brandschutzmaßnahmen sowie an das Lagern und Bereitstellen von Gefahrstoffen beschrieben. Als guter Organisations- und Hygienestandard sind diese im gesamten Arbeitsbereich umzusetzen. Alle weiteren zusätzlichen Maßnahmen sind nur wirksam, wenn Sie auf diesen Mindestanforderungen aufbauen können.

Ab der zweiten Stufe werden Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung empfohlen. Dabei setzt das Modul voraus, dass es wahrscheinlich ist, dass Zündquellen auftreten. Bisher wurden spezifische Schutzleitfäden für Tätigkeiten mit brennbaren Flüssigkeiten entwickelt. Für staubende Tätigkeiten sind grundsätzliche Maßnahmenempfehlungen im Schutzleitfaden 240 „Staubarbeitsplätze“ beschrieben.

Für das Festlegen von Schutzmaßnahmen ist es weiterhin wichtig die Lüftungssituation am Arbeitsplatz zu berücksichtigen. Durch einen ausreichenden Luftwechsel und emissionsmindernde Maßnahmen, wie z. B. eine Absaugung, wird die Wahrscheinlichkeit einer explosionsfähigen Atmosphäre minimiert. Damit die Lüftungssituation ausreichend berücksichtigt wird, verweist das Modul auf die Schutzleitfäden der Reihe 200, die auch zum Schutz für das Einatmen von Gefahrstoffen empfohlen werden.




In der dritten Stufe verweist das Modul auf das geschlossene System, hohe Brandschutzmaßnahmen und konstruktiven Explosionsschutz. Zur Umsetzung des geschlossenen Systems greift das Modul auf Schutzleitfäden der Reihe 300 aus dem Gesundheitsschutz zurück. Ein weiterer Schutzleitfaden beschreibt Schutzmaßnahmen für den hohen Brandschutz. Schutzleitfäden für den konstruktiven Explosionsschutz wurden bisher noch nicht entwickelt.

Existiert kein Schutzleitfaden, können die Technischen Regeln oder andere Handlungsempfehlungen, insbesondere der Unfallversicherungsträger und Länder, zum Festlegen von Maßnahmen eine wertvolle Ergänzung sein.

3.7.3 Beurteilen von brennbaren Flüssigkeiten und Stäuben

Bei **brennbaren Flüssigkeiten** hängt die Gefährlichkeit des Stoffes im Wesentlichen vom Flammpunkt ab (siehe Tab. 3.2). Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der sich über einem Gefahrstoff ein zündfähiges Dampf-Luft-Gemisch bilden kann. Je niedriger der Flammpunkt ist, desto eher bilden sich brennbare Dämpfe. Aus Flammpunkt und dem Siedebeginn erfolgt die Einstufung als entzündbar, die das Modul über den H-Satz als Einstiegsparameter nutzt.

Tab. 3.2 Einstufung entzündbarer Flüssigkeiten

Einstufung		Einstufungskriterien
Flam. Liq. 1  Gefahr H224: Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar Flam. Liq. 2		Flammpunkt < 23 °C und Siedebeginn ≤ 35 °C
 Gefahr H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar		Flammpunkt < 23 °C und Siedebeginn > 35 °C
Flam. Liq. 3  Achtung H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar		Flammpunkt 23 °C - 60 °C

Wie schnell sich eine explosionsfähige Atmosphäre bildet ist abhängig von dem Freisetzungspotenzial des Gefahrstoffes. Hierzu nutzt das Modul den Siedepunkt oder Dampfdruck. Je höher der Siedepunkt bzw. je kleiner der Dampfdruck ist, desto weniger besteht die Gefahr, dass sich innerhalb kurzer Zeit eine explosionsfähige Atmo-

sphäre bildet. Bei erhöhter Anwendungstemperatur ändert sich das Freisetzungsverhalten. Das wird im Modul berücksichtigt, sodass auch nicht eingestufte Gefahrstoffe über das Freisetzungspotenzial erfasst werden. Ein weiterer Parameter ist die verwendete Menge des Gefahrstoffs während der Tätigkeit.


HINWEISE:

- Sehr gefährlich sind Tätigkeiten mit einem sehr geringen bis gar keinen Luftwechsel. Hier kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Durchmischung mit dem verbleibenden Luftsauerstoff für einen Brand oder eine Explosion ausreicht. Das Modul verweist bei diesen Tätigkeiten auf eine höhere Maßnahmenstufe. Zu Bereichen mit ungenügendem Luftwechsel zählen Tanks, Apparate, Silos, Inneres von Rohrleitungen und Abwasserbehandlungsanlagen, Auffangräume (Tanktassen), Schächte, Gruben, Kanäle, Hohlräume/Hohlkörper in Bauwerken und Maschinen (z. B. Schwimmergefäße), nicht ausreichend belüftete Räume, Räume unter Erdgleiche.
- Eine häufige Unfallursache ist das Öffnen von Fässern, die noch geringe Mengen an brennbaren Restflüssigkeiten enthalten. Schon wenige Milliliter reichen aus, um eine explosionsfähige Atmosphäre zu bilden, die durch gewaltsames Öffnen z. B. mit einem Schneidbrenner gezündet wird.
- Bei Arbeitsverfahren bei denen es zur Aerosolbildung kommt, z. B. beim Versprühen von Flüssigkeiten, geht das Modul immer von einer hohen Freisetzung aus.

Das Modul leitet auch Maßnahmen für **brennbare und explosionsfähige Stäube** ab (siehe Tab. 3.3). Stäube können freigesetzt werden (z. B. beim Absacken, Mischen, Fördern, Abwerfen) oder auch bei der mechanischen Be- und Verarbeitung von kompakten Materialien entstehen (z. B. beim Schneiden, Sägen, Fräsen, Schleifen, Zerkleinern, Mahlen, Schweißen, Brennschneiden, Abrieb beim Fördern und Abladen). Eine Staubexplosionsgefahr besteht nur dann, wenn aus einem brennbaren Staub eine Staubwolke entstehen kann. Das ist von der zur Verfügung stehenden Menge und davon wie leicht der Staub freigesetzt wird abhängig.

Bei **explosionsfähigen Stäuben** erfolgt der Einstieg in das Modul, falls vorhanden, über die Einstufung.¹

Tab. 3.3 Einstufung entzündbarer Feststoffe

Gefahrenklasse und -kategorie	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Flam. Sol. 1 / Flam. Sol. 2		Gefahr/Achtung	H228: Entzündbarer Feststoff

¹ Es werden zwei Kategorien unterschieden. Kategorie I unterscheidet sich durch den Gefahrenhinweis „Gefahr“ statt „Achtung“ von der Kategorie II. Das Modul Brand und Explosion unterscheidet nicht zwischen den Kategorien sondern nutzt nur den H-Satz als Parameter.

Ist kein H-Satz vorhanden, kann der Staub oder Mischstaub trotzdem explosionsfähig sein. Deshalb bewertet das Modul grundsätzlich bei staubenden Gefahrstoffen und bei Angabe einer Staubexplosionsklasse den Feststoff wie einen als entzündbar eingestuft Feststoff.

Nicht alle brennbaren Feststoffe sind explosionsfähig. Dabei gilt der Grundsatz je kleiner der Feststoff ist desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Staubwolke bildet. Besonders kritisch sind feine Stäube mit einer Partikelgröße kleiner 0,5 mm. Ab einer Partikelgröße von 1 mm ist nicht mehr mit einer Staubexplosion zu rechnen. Im Modul wird die Freisetzungsguppe von Stäuben über das Staubungsverhalten bestimmt. Die Abschätzung kann über die Korngrößenverteilung erfolgen. Liegt diese nicht vor, beschreibt das Modul anhand von Beispielen, in welche Kategorie das Staubungsverhalten einzuordnen ist. Bei der Maßnahmenfestlegung sind neben Brandschutzmaßnahmen auch Schutzmaßnahmen des Explosionsschutzes zu treffen. Wichtigste Maßnahme zur Vorbeugung von Staubexplosionen ist regelmäßiges Reinigen der Arbeitsplätze und das Vermeiden von Staubablagerungen.

Bei nachweislich **nicht explosionsfähigen aber brennbaren Stäuben sind nur Brandschutzmaßnahmen** notwendig. Dies kann z. B. durch eine Prüfung der Staubprobe in einem Prüfinstitut abgeklärt werden. Ist der Staub nicht explosionsfähig, aber brennbar, nutzt das Modul die Brennzahl (Tab. 3.4) zur Ableitung von Brandschutzmaßnahmen. Diese ist nicht immer im Sicherheitsdatenblatt angegeben, kann aber über Stoffdatenbanken wie GESTIS und GSBL recherchiert werden. Nicht brennbare Stäube sind z. B. Sand, Gestein, Glas oder gelöschter Kalk. Ob die Mindestschutzmaßnahmen für den Brandschutz ausreichen wird über die Freisetzungs- und Mengengruppe bestimmt.

Tab. 3.4 Brennzahlen

BZ	Entzündung und Brennverhalten
BZ 1	kein Anbrennen, kein Entzünden
BZ 2	kurzes Anbrennen, rasches Auslöschten
BZ 3	örtliches Brennen oder Glimmen (keine oder sehr geringe Ausbreitung)
BZ 4	Ausbreiten eines Glimmbrandes oder langsames flammenloses Zersetzen
BZ 5	Ausbreiten eines offenen Brandes (Brennen unter Flammenerscheinung)
BZ 6	sehr rasches Durchbrennen unter Flammenerscheinung

3.7.4 Beurteilen von selbstzersetzlichen Stoffen und organischen Peroxiden



Organische Peroxide unterscheiden sich von anderen selbstzersetzlichen Gefahrstoffen nur in ihrer funktionellen Gruppe —O—O— (z. B. Persäuren, Percarbonate, Diacylperoxide, Ketonperoxide, Perketale und andere). Beispiele für andere selbstzersetzliche Stoffe sind aliphatische Azoverbindungen, organische Azide, Diazoniumsalze, N-Nitrosoverbindungen und aromatische Sulfohydrazide. Die Gefahreneigenschaften und die daraus resultierende Einstufung sind bis auf die Bezeichnung der Gefahrenklasse gleich. Es können flüssige, feste oder pastöse Substanzen sein.

Bei der Zersetzung entstehen entzündliche Gase und Dämpfe. Auslöser können Wärme, Kontakt mit Verunreinigungen (z. B. Säuren, Schwermetallverbindungen, Amine), Reibung oder Stoß sein. Durch die dabei entstehende Reaktionswärme kann durch eine Selbstentzündung ein Brand oder eine Explosion entstehen. Eine für die Maßnahmenfestlegung entscheidende Kenngröße ist die SADT; dies ist Abkürzung für den englischen Begriff „Self Accelerating Decomposition Temperature“ (Temperatur der selbstbeschleunigenden Zersetzung). Die SADT stammt aus dem Transportrecht und ist auch von Art und Größe der Verpackung abhängig.

Das EMKG-Modul Brand und Explosion führt bei diesen Gefahrstoffen immer zur Expertenberatung, ordnet diese aber anhand ihrer Einstufung in explosionsfähige bzw. explosionsgefährliche Gefahrstoffe ein.


Explosionsgefährliche Stoffe unterliegen dem Sprengstoffgesetz und führen im Modul direkt zur Beratung. Neben den explosionsgefährlichen, selbstzersetzenden Gefahrstoffen und den Peroxiden der Typen A und B gehören zu dieser Gruppe auch andere als explosiv eingestufte Gefahrstoffe (siehe Tab. 3.5).

Tab. 3.5 Einstufung von explosionsgefährlichen Gefahrstoffen

Gefahrenklasse und -kategorie	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Self-react/Org. Perox A		Gefahr	H240: Erwärmung kann Explosion verursachen
Self-react/Org. Perox B		Gefahr	H241: Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen

Explosionsfähige selbstzersetzliche Stoffe und Peroxide sind so stabil, dass sie zwar explosionsfähig sind, aber noch nicht dem Sprengstoffgesetz unterliegen. Sie sind alle mit dem gleichen H-Satz gekennzeichnet und werden deshalb aufgrund ihrer Stoffeigenschaft einer Gruppe zugeordnet (siehe Tab. 3.6). Da in diesem Fall Sauerstoff (Luft) nicht als Oxidationsmittel benötigt wird, entfällt die Freisetzungsgruppe als Parameter. Die erforderlichen Maßnahmen hängen nur von der eingesetzten Menge ab. Das wird momentan im Modul noch nicht berücksichtigt. Auch für diese Stoffe führt das Modul direkt zur Beratung.


Tab. 3.6 Einstufung von selbstzersetzlichen Stoffen

Gefahrenklasse und -kategorie	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Self-react/Org. Perox C-F		Gefahr / Achtung	H242: Erwärmung kann Brand verursachen

3.7.5 Beurteilen von starken Oxidationsmitteln

Oxidierende Stoffe sind zwar nicht unbedingt selbst brennbar, können aber durch die Abgabe von Sauerstoff andere Stoffe oder Gemische in Brand setzen. Hierzu gehören u. a. anorganische Peroxide (z. B. Sauerstoff in Reinform, Wasserstoffperoxid, Natriumperoxid, Bariumchlorat, Kaliumbromat, Salpetersäure, Ammoniumdichromat, Kaliumpermanganat, Silbernitrat) und Halogene (siehe Tab. 3.7). Die Durchmischung mit dem Oxidationsmittel erfolgt aufgrund einer chemischen Reaktion und nicht durch eine Durchmischung mit Luftsauerstoff. Deshalb berücksichtigt das Modul bei der Ableitung der Gefährdung nur die Menge während der Tätigkeit. Das Modul führt zurzeit auch bei den oxidierenden Gefahrstoffen immer in die Expertenberatung.

Tab. 3.7 Einstufung von oxidierenden Gefahrstoffen

Gefahrenklasse und -kategorie	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Ox. Gas 1		Gefahr	H270: Kann Brand verursachen oder verstärken
Ox. Liq. 1 Ox. Sol. 1		Gefahr	H271: Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
Ox. Liq. 2 Ox. Sol. 2 Ox. Liq. 3 Ox. Sol. 3		Achtung	H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel

3.7.6 Beurteilen von chemischen Reaktionen als Zündquelle

Gefährdungen können auch dadurch entstehen, dass Gefahrstoffe miteinander reagieren und durch die daraus entstehende Wärmeentwicklung zu einer Zündquelle werden. Diese exotherme Reaktion kann beabsichtigt und unbeabsichtigt erfolgen. Hinweise zu Reaktivität und Stabilität liefert das Sicherheitsdatenblatt unter Abschnitt 10.

Da die Reaktivität nicht immer aus der Einstufung ersichtlich ist, werden diese Gefahrstoffe nicht mit dem Modul erfasst.


Zündquelle ist in diesen Fällen die Selbsterhitzung durch die entstehende Wärmeentwicklung bei der exothermen Reaktion. Zur Vermeidung sind Informationen im Abschnitt 7 Handhabung und Lagerung und Abschnitt 10 Stabilität und Reaktivität des Sicherheitsdatenblatts zu beachten.

Bei der Maßnahmenfestlegung ist darauf zu achten, dass die Gefahr einer Selbsterhitzung in Abhängigkeit von der Menge steigt. Bei der Wahl von größeren Apparaturen ist stets in kleinen Schritten vorzugehen; unter ständigem Beobachten von möglichen exothermen Effekten. Es müssen mindestens die Schutzmaßnahmen zur Zündquellenvermeidung getroffen werden. Die wichtigste Maßnahme ist dabei ein kontrollierter Abfluss von Wärme durch Kühlung.

ACHTUNG:


Bei Gefahrstoffen, die mit Wasser reagieren, ist Wasser als Kühlflüssigkeit nicht geeignet (siehe Tab. 3.8). Das EMKG-Modul Brand und Explosion führt bei diesen Gefahrstoffen immer zur Expertenberatung.

Tab. 3.8 Einstufung von Gefahrstoffen, die mit Wasser reagieren

Gefahrenklasse und -kategorie	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Water-react. 1		Gefahr	H260: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können.
Water-react. 2		Gefahr	H261: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.
Water-react. 3		Achtung	

Ein Beispiel für Gefahrstoffe mit erhöhter Reaktionsfähigkeit sind starke Säuren mit einem pH-Wert < 2 (z. B. Perchlorsäure, Iodwasserstoffsäure, Chlorsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure oder Bromwasserstoffsäure) oder starke Basen mit einem pH-Wert > 11 (z. B. Ammoniaklösung, Kalilauge, Natronlauge und Silbernitrat). Der pH-Wert ist im Sicherheitsdatenblatt und Abschnitt 9 angegeben und führt in diesen Fällen direkt zu einer Einstufung als stark ätzender Gefahrstoff (siehe Tab. 3.9). Tätigkeiten mit ätzenden Gefahrstoffen werden im Modul nicht berücksichtigt, sind jedoch als potentielle Zündquelle zu berücksichtigen.

Tab. 3.9 Einstufung von ätzenden Gefahrstoffen

Gefahrenklasse und -kategorie	Piktogramm	Signalwort	Gefahrenhinweis
Skin Corr. 1, 1A, 1B, 1C		Gefahr	H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden

4 Das EMKG-Modul Brand und Explosion

Mit diesem EMKG-Modul können Sie die Gefährdung einschätzen, mit dem es während einer Tätigkeiten zu einem Brand oder eine Explosion kommen kann. Ausgewiesen wird die Gefährdung durch eine von drei Maßnahmenstufen, bei hohen Risiken führt das Modul in die Beratung. Je höher die Maßnahmenstufe ist desto höher ist die Gefährdung.


Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sind ein Mindestmaß an Organisations- und Hygienemaßnahmen sicher zu stellen. Diese beziehen sich auf den gesamten Arbeitsbereich und sind Voraussetzung für alle weiteren Maßnahmen.

Das EMKG setzt diese Anforderung in den Schutzleitfäden der Reihe 100 um. Sie beschreiben Mindestanforderungen an Lüftung, Organisations- und Hygienemaßnahmen, Brandschutzmaßnahmen sowie an das Lagern und Bereitstellen von Gefahrstoffen. Empfehlenswert ist es, diese für den gesamten Arbeitsbereich umzusetzen und zu dokumentieren. Darauf aufbauend kann der Anwender systematisch abschätzen, bei welchen Tätigkeiten weitere Maßnahmen erforderlich sind.

Nicht immer sind Schutzmaßnahmen, die über die Mindeststandards hinausgehen, notwendig. Mit den folgenden Fragen können Sie prüfen, ob ein tieferer Einstieg in die Schritte des Moduls Brand und Explosion notwendig ist.

1. Sind Gefahrstoffe, die mit **Gefahrenpiktogramme** oder **H-Sätzen** der Tab. 4.1 eingestuft sind, in Ihrem Betrieb vorhanden?

Tab. 4.1 Für das EMKG-Modul Brand und Explosion relevante Einstufung nach CLP


Gefahrenpiktogramme	H-Sätze
	<p>H200 bis H290 EUH001², EUH006³, EUH014, EUH018, EUH019, EUH044</p>

² Der EUH001 wurde mit Einführung der neuen H-Sätzen H206, H207 und H208 durch die 12. Änderungsverordnung der CLP-Verordnung gestrichen. Er ist hier nur für Restbestände aufgeführt.

³ Der EUH006 wurde durch die 4. Änderungsverordnung der CLP-Verordnung ersatzlos gestrichen und ist hier nur für Restbestände aufgeführt.

Sind Gefahrstoffe mit einem der Gefahrensymbolen oder R-Sätzen der Tab. 4.2 nach altem Recht im Betrieb vorhanden?

Tab. 4.2 Für das EMKG-Modul Brand und Explosion relevante Einstufung nach Stoffrichtlinie

Gefahrensymbole	R-Sätze
	R 1 bis R 19 R 30 R 44

2. Werden nicht eingestufte brennbare Flüssigkeiten bei erhöhter Anwendungstemperatur oberhalb ihres Flammpunktes verwendet?
3. Sind Feststoffe, die erfahrungsgemäß brennbar sind, wie z. B. Papier, Holz, Polyethylen, Polystyrol sowie deren aufgewirbelte Stäube, vorhanden?
4. Geht von den vorhandenen Arbeitsstoffen im Betrieb eine Staubbelastung aus?
5. Werden Arbeitsstoffe im Betrieb mechanisch bearbeitet, zerkleinert oder auf Förderbändern transportiert (z. B. feiner Abrieb durch Förderbänder)?
6. Gibt es Arbeitsverfahren bei denen Flüssigkeiten fein versprüht werden und es zur Aerosolbildung kommt? (z. B. Öle, Wasserlacke, brennbare Flüssigkeiten)
7. 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)
8. 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 (gefährliche Wasserstoffbildung) oder Tätigkeiten mit Ammoniumnitrat und ammoniumnitrat-haltigen Düngemitteln)
9. Kann bei Tätigkeiten mit reinen Kohlenwasserstoffen **nicht** sichergestellt werden, dass der Unterschied der Verarbeitungstemperatur zu jedem Zeitpunkt 5 °C niedriger ist, als der Flammpunkt.⁴

⁴ Nicht anwendbar bei halogenierten Kohlenwasserstoffen

HINWEIS:

- Kohlenwasserstoffe bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Es gibt mehrere Untergruppen wie Alkane, Alkene, Alkine und Aromaten (z. B.: Methan, Butan, Hepten, Benzol, Toluol, Xylol).

10. Kann bei Tätigkeiten mit Kohlenwasserstoffgemischen **nicht** sichergestellt werden, dass der Unterschied der Verarbeitungstemperatur zu jedem Zeitpunkt 15 °C niedriger ist, als der Flammpunkt⁵?

HINWEIS:

- Mineralölprodukte sind immer Kohlenwasserstoffgemische (z. B. Petroleum, Testbenzin, Solvent Naphtha, Benzin, Dieselkraftstoff oder Kerosin).

Falls Sie eine dieser Frage mit „JA“ beantwortet haben, können Sie mit den folgenden Schritten des Moduls prüfen, ob zusätzlich zu den Mindestanforderungen weitere Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen notwendig sind.

⁵ Nicht anwendbar, wenn halogenierte Kohlenwasserstoffe enthalten sind.

Schritt 1: Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion

Im ersten Schritt beurteilen Sie die Gefährlichkeit ausgehend von der Stoffeigenschaft. Das erfolgt mit den Gefahrenhinweisen für physikalische Gefahren (H200-Reihe) aus der Einstufung. Die relevanten H-Sätze sind in Tab. 4.3 den Gefährlichkeitsgruppen zugeordnet. Es gibt einige ergänzende Gefahrenhinweise der Europäischen Union (EU), die für die Zuordnung auch berücksichtigt wurden. Grundsätzlich ist für einen Gefahrstoff die höchste resultierende Gefährlichkeitsgruppe maßgeblich.

Liegt noch keine Einstufung nach CLP-Verordnung vor, können Sie über die Einstufung nach altem Recht (R-Satz) die Gefährlichkeitsgruppe bestimmen.

Ist keine Einstufung vorhanden, wird für Flüssigkeiten und Dämpfe die Gefährlichkeitsgruppe pc-A gewählt. Bei Feststoffen ohne Einstufungen wird die Vorgehensweise im nachfolgenden Text beschrieben.

Tab. 4.3 Gefährlichkeitsgruppe für eingestufte Gefahrstoffe und Flüssigkeiten

Gefährlichkeitsgruppe	CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 ⁶	Richtlinie 67/548/EWG
pc-A	Flüssigkeiten und Dämpfe ohne H-Satz	Flüssigkeiten und Dämpfe ohne R-Satz
pc-B	H226, H252, H280, H281, H290, EUH206, EUH209A	R10
pc-C	H222, H223, H224, H225, H228, H229, H251, EUH018, EUH209	R11, R12, R18, R30
pc-D	H242, H261, H270, H271, H272, EUH006 ⁷ , EUH014, EUH044	R5, R6, R7, R8, R9, R14, R15, R16, R44
pc-E	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H206, H207, H208, H220, H221, H230, H231, H232, H240, H241, H250, H260, EUH001 ⁸ , EUH019	R1, R2, R3, R4, R17, R19

⁶ Die Zuordnung der Gefährlichkeitsgruppe basiert auf der Umwandlungstabelle des Anhangs VII der CLP-Verordnung (Umwandlung der Einstufungen gemäß der Richtlinie 67/548/EWG in Einstufungen gemäß dieser Verordnung), der sich geänderten Einstufungskriterien (z. B. Flammpunkt bei brennbaren Flüssigkeiten), einer Tabelle des VCI (Im Vergleich: Gefahrensymbolik alt (EU) und neu (GHS)) sowie auf einem Abgleich mit dem GHS-Spaltenmodell, welches vom IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Stand August 2015) herausgegeben wurde

⁷ Der EUH006 wurde durch die 4. Änderungsverordnung der CLP-Verordnung ersatzlos gestrichen und ist hier nur für Restbestände aufgeführt.

⁸ Der EUH001 wurde mit Einführung der neuen H-Sätzen H206, H207 und H208 durch die 12. Änderungsverordnung der CLP-Verordnung gestrichen. Er ist hier nur für Restbestände aufgeführt.

HINWEIS:

- In den Gefährlichkeitsgruppen pc-D und pc-E sind die Gefahrstoffe enthalten, die auch ohne Luftsauerstoff zum Brand oder Explosion führen können. Aufgrund der Komplexität im Einzelfall werden Sie in Schritt 4 direkt auf Beratung verwiesen. Tätigkeiten mit diesen Gefahrstoffen können Sie aber über die Schritte erfassen und dokumentieren. Weitere Hilfestellung erhalten Sie in Schritt 4 unter Beratung.

Bitte notieren Sie unter Schritt 1 für den Stoff oder das Gemisch die höchste aus der Einstufung resultierende Gefährlichkeitsgruppe.

Stäube und Mischstäube ohne Einstufung

Für alle Feststoffe, insbesondere Stäube und Mischstäube, für die keine Einstufung vorliegt, ist grundsätzlich die Gefährlichkeitsgruppe pc-C zu wählen. Können Sie nachweisen, dass der Feststoff nicht brennbar und explosionsfähig ist, reicht die Gefährlichkeitsgruppe pc-A aus. Nicht brennbare Feststoffe, sind z. B.: Sand, Gestein, Glas oder gelöschter Kalk.

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

Diese Angaben sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da bisher keine eindeutigen Kriterien im Sicherheitsdatenblatt vorgegeben sind. Bei Angabe einer Staubexplosionsklasse ist immer die Gefährlichkeitsgruppe pc-C zu wählen.

HINWEIS:

- Sind Sie sich nicht sicher, ob Ihr Staub explosionsfähig ist oder nicht, können Sie durch ein anerkanntes Prüfinstitut seine sicherheitstechnischen Kenngrößen bestimmen lassen. Das kann besonders bei Mischstäuben mit unbekannter Zusammensetzung hilfreich sein.

Ist der Gefahrstoff nicht explosionsfähig, aber brennbar, ist die Gefährlichkeitsgruppe pc-A oder pc-B ausreichend. Bestimmen können Sie dies über die Brennzahl (BZ), sie beschreibt das Entzündungs- und Brennverhalten (s. Tab. 3.4). Finden Sie keine Angabe zur Brennzahl ist die höhere Gefährlichkeitsgruppe pc-B zu wählen. Sicherheitstechnische Kenngrößen wie die Brennzahl sind keine Konstanten, sondern hängen von den Messbedingungen ab. Sie gelten in der Regel für atmosphärische Bedingungen (zwischen -20 °C und 60 °C sowie ein Druckbereich zwischen 0,8 bar und 1,1 bar).

Eine Übersicht über die Zuordnung der Gefährlichkeitsgruppe bei nicht eingestuften Gefahrstoffen liefert die Tab. 4.4.

Tab. 4.4 Gefährlichkeitsgruppe für nicht eingestufte Feststoffe

Gefährlichkeitsgruppe (GG)	Information aus Sicherheitsdatenblätter und Datenbanken
pc-A	BZ 1, 2, 3
pc-B	BZ 4, 5, 6
pc-C	explosionsfähige Stäube

Die Brennzahl und anderen Informationen zur Staubexplosionsfähigkeit sind nur selten im Sicherheitsdatenblatt aufgeführt. Eine Hilfestellung bieten die folgenden Datenbanken:

- GESTIS-Staub-Ex Datenbank: <http://staubex.ifa.dguv.de/>
- Gemeinsamer Stoffdatenpool Bund/Länder (GSBL, inkl. Staubgruppen der BAM): www.gsbl.de. Weitere Informationen zur Datenbank finden Sie unter: www.bam.de/_SharedDocs/DE/Downloads/hinweise-recherche-gsbl.pdf
- BIA-Report 12/97: <https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep02/biar1297/12-97.pdf>

HINWEIS:




- Ein paar Aluminiumstäube sind trotz geringer Korngröße aufgrund einer Oxidschicht nicht explosionsfähig. Ein Verzicht auf Explosionsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Aluminiumstäuben ist jedoch nur durch betriebsspezifische Staubprobenuntersuchungen zu identifizieren. Im Zweifel ist bei Aluminiumstäuben immer die Gefährlichkeitsgruppe pc-C zu wählen.

Bitte notieren Sie unter Schritt 1 für Stäube ohne Einstufung die resultierende Gefährlichkeitsgruppe.

Schritt 2: Mengengruppe

Brand- und Explosionsgefährdungen werden durch die Menge des verwendeten Gefahrstoffes während der Tätigkeit anhand der Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Zuordnung der Mengengruppe

	Feststoffe	Flüssigkeiten	
klein	g - Bereich	mL - Bereich	 Foto: studiocaspar/iStock.com
mittel	kg - Bereich	L - Bereich	 Foto: adventri/iStock.com
groß	t - Bereich	m³ - Bereich	 Foto: Nerthuz/iStock.com

Beachten Sie, dass nicht immer die gesamte vorhandene Menge des Gefahrstoffes am Arbeitsplatz über die Mengengruppe entscheidet. Die Gruppe bezieht sich auf die eingesetzte Stoffmenge **pro Tätigkeit und Schicht**. So ist das Abfüllen von 0,5 L einer Flüssigkeit aus einem 30 L Kanister der Mengengruppe „klein“ zuzuordnen. Im Zweifelsfall sollten Sie jedoch eine höhere Mengengruppe verwenden.

Bei großflächiger Anwendung von flüssigen Gefahrstoffen, z. B. beim Streichen oder Reinigen von Oberflächen, wird die eingesetzte Menge pro Arbeitstag zugrunde gelegt.

HINWEIS:

- Schon eine sehr kleine Menge brennbarer Gefahrstoffe kann zu einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen. Je größer die Gefahrstoffmenge ist, desto höher ist das Schadensausmaß bei einer Zündung.

Bitte notieren Sie unter Schritt 2 die Mengengruppe.

Schritt 3: Freisetzungsgruppe

Zur Bestimmung der Freisetzungsgruppe benötigen Sie folgende Angaben:

1. Siedepunkt oder Dampfdruck
2. Staubungsverhalten des Gefahrstoffes

Bei **flüssigen Gefahrstoffen**, die bei Raumtemperatur (20 °C) verwendet werden, ergibt sich die Freisetzungsgruppe aus dem Siedepunkt oder Dampfdruck des Gefahrstoffes (siehe Tab. 4.6). Mit sinkendem Siedepunkt bzw. steigendem Dampfdruck steigt die Wahrscheinlichkeit, dass eine explosionsfähige Atmosphäre entsteht. Ist ein Bereich angegeben, so wählen Sie den niedrigsten Siedepunkt oder höchsten Dampfdruck aus.

Tab. 4.6 Zuordnung der Freisetzungsgruppe für Flüssigkeiten

Flüssigkeiten		
Freisetzungsgruppe (FG)	Raumtemperatur T ~ 20°C	
	Siedepunkt	Dampfdruck
NIEDRIG	mehr als 150°C	weniger als 5 hPa
MITTEL	50 bis 150°C	5 bis 250 hPa
HOCH	weniger als 50°C	mehr als 250 hPa

Wenn die Tätigkeit mit einem Gefahrstoff bei einer **anderen Anwendungstemperatur** erfolgt, wird die Freisetzungsgruppe mit Hilfe des Diagramms (siehe Abb. 4.1) ermittelt. Alternativ können zur Einschätzung die Beziehungen der folgenden Tabelle 4.7 genutzt werden.

Tab. 4.7 Alternative Zuordnung der Freisetzungsgruppe für Flüssigkeiten

Beliebige Anwendungstemperatur (AT)		
Prüfe, ob:	Freisetzungsgruppe (FG), wenn zutreffend:	Beispiel: Siedepunkt = 250°C AT = 100°C
$5 \times AT + 50^\circ\text{C} \leq \text{Siedepunkt}$	Niedrig	$5 \times 100^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C} \leq 250^\circ\text{C}$ (nicht zutreffend)
$2 \times AT + 10^\circ\text{C} \geq \text{Siedepunkt}$	Hoch	$2 \times 100^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} \geq 250^\circ\text{C}$ (nicht zutreffend)
Sonstige Fälle	Mittel	Ergebnis: FG = Mittel

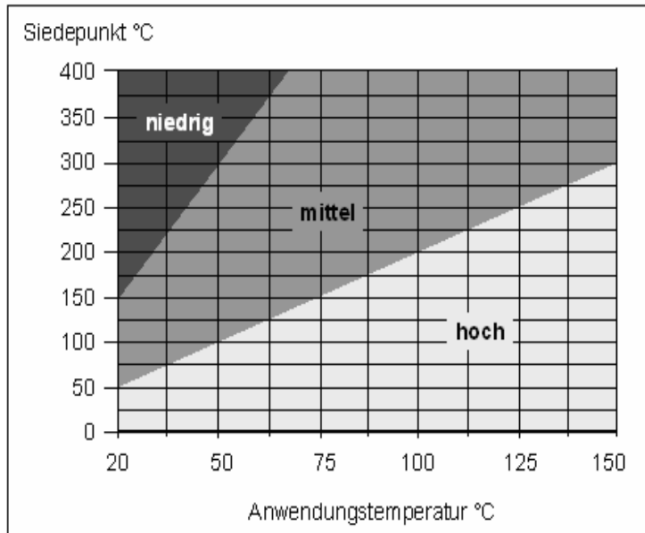




Abb. 4.1 Diagramm zur Ermittlung der Freisetzungsguppe

HINWEISE:

- Wässrige Lösungen, zum Beispiel haushaltsübliche Reinigungsmittel, weisen eine geringe Flüchtigkeit auf. Damit sind alle Tätigkeiten mit diesen Lösungen der Freisetzungsguppe „niedrig“ zugeordnet, solange sie nicht versprüht werden.
- Tätigkeiten, bei denen Aerosole entstehen, z. B. beim Versprühen von Lösungen, führen immer zu einer „hohen“ Freisetzungsguppe.

Bei **festen Gefahrstoffen** können Sie die Freisetzungsguppe qualitativ abschätzen. Hilfestellung bieten die in der enthaltenen Beschreibungen zum Staubungsverhalten. Grundsätzlich gilt, je feiner und trockener der Staub ist, desto eher bildet sich eine explosionsfähige Atmosphäre. Daher ist die Brand- und Explosionsgefährdung in Lüftungsanlagen sehr hoch.

Tab. 4.8 Zuordnung der Freisetzungsguppe für Feststoffe

Freisetzungsguppe	Information zum Staubungsverhalten	
<p>NIEDRIG</p>	<p>Liegt der Gefahrstoff als Pellet, Wachs oder Granulat vor oder entsteht bei der Tätigkeit nur sehr wenig Staub, so ist das Staubungsverhalten niedrig.</p> <p>(Anhaltspunkt: Korngröße größer 1 mm)</p>	
<p>MITTEL</p>	<p>Ist der Gefahrstoff körnig oder entsteht bei der Tätigkeit Staub, der sich nach kurzer Zeit wieder setzt, so ist das Staubungsverhalten mittel, z. B. Waschmittelpulver, Zucker.</p> <p>(Anhaltspunkt: Korngröße 1 bis 0,5 mm)</p>	
<p>HOCH</p>	<p>Ist der Gefahrstoff feinpulvrig oder entstehen bei der Tätigkeit Staubwolken, die einige Minuten in der Luft bleiben können, so ist das Staubungsverhalten hoch, z. B. Mehl, Toner, Aerosole.</p> <p>(Anhaltspunkt: Korngröße kleiner 0,5 mm)</p>	

HINWEISE:

- Bei einigen Tätigkeiten kann es zu feinem Staubabrieb kommen, zum Beispiel 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.
- Staubablagerungen können die Brand und Explosionsgefahr verstärken. Deshalb wird die Vermeidung und Reinigung von Staubablagerungen vorausgesetzt.

Bitte notieren Sie unter Schritt 3 die Freisetzungsguppe unter Berücksichtigung der Anwendungstemperatur.

Schritt 4: Maßnahmenfestlegung

Hierzu benötigen Sie die von Ihnen erhobenen Angaben aus den Schritten 1-3.

- Schritt 1: **Gefährlichkeitsgruppe Brand und Explosion**
- Schritt 2: **Freisetzungsguppe**
- Schritt 3: **Mengengruppe**

Mit diesen Parametern schätzen Sie mit der Tab. 4.9 eine von drei Maßnahmenstufen ab.

Tab. 4.9 Entscheidungstabelle – EMKG-Modul Brand und Explosion

Gefährlichkeitsgruppe		Freisetzungsguppe		
		NIEDRIG	MITTEL	HOCH
pc-A	klein	Reihe 100	Reihe 100	Reihe 100
	mittel	Reihe 100	Reihe 100	Reihe 200*
	groß	Reihe 100	Reihe 200*	Reihe 200*
pc-B	klein	Reihe 100	Reihe 100	Reihe 100
	mittel	Reihe 100	Reihe 200*	Reihe 200*
	groß	Reihe 200*	Reihe 200*	Reihe 300*
pc-C	klein	Reihe 100	Reihe 100	Reihe 100 (Flüssig)
				Reihe 200 (Fest)
	mittel	Reihe 200*	Reihe 200	Reihe 200 (Flüssig)
	groß	Reihe 200*	Reihe 300	Reihe 300 (Fest)
pc-D	unabhängig	Beratung	Beratung	Beratung
pc-E	unabhängig	Beratung	Beratung	Beratung

Anmerkungen zur Tabelle:

Reihe 100 = Maßnahmenstufe 1 = **Schutzleitfäden 1xx**

Reihe 200 = Maßnahmenstufe 2 = **Schutzleitfäden 2xx**

Reihe 300 = Maßnahmenstufe 3 = **Schutzleitfäden 3xx**

Bei **Tätigkeiten mit geringem oder gar keinem Luftwechsel** können schon geringe Mengen von brennbaren Flüssigkeiten eine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der verbleibende Luftsauerstoff einen Brand oder eine Explosion auslösen kann. **Aufgrund der hohen Gefährdung ist hier die nächsthöhere Maßnahmenstufe umzusetzen.** Zu Bereichen mit ungenügendem Luftwechsel zählen u. a. Tanks, Apparate, Silos, das Innere von Rohrleitungen und von Abwasserbehandlungsanlagen, Auffangräume (Tanktassen), Schächte, Gruben, Kanäle, Hohlräume/Hohlkörper in Bauwerken und Maschinen (z. B. Schwimmergefäße), nicht ausreichend belüftete Räume, Räume unter Erdgleiche, Container, Behälter oder Gruben.

* Bei Feststoffen reichen die Brandschutzmaßnahmen ab Maßnahmenstufe 2 aus.

Instandsetzungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten sind bei Brand- und Explosionsgefährdung grundsätzlich durch ein **Freigabeverfahren** zu regeln.

Bitte notieren Sie unter Schritt 4 die Maßnahmenstufe für den Gefahrstoff.

4.1 Beispiel zur Maßnahmenfestlegung

In einer Druckerei reinigt ein Beschäftigter täglich die Druckwalzen. Das Reinigungsmittel ist aufgrund seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften eingestuft, als „Entzündbare Flüssigkeiten Kategorie 3, H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar“. Die eingesetzte Reinigungslösung beträgt 1,5 Liter und der Siedepunkt (Sdp.) beträgt 57 °C. Die Tätigkeitsdauer beträgt 45 Minuten.

Schritt 1, Gefährlichkeitsgruppe: H225 ⇒ **pc-C.**

Schritt 2, Mengengruppe: 1,5 Liter ⇒ **mittel**

Schritt 3, Freisetzungsguppe: Sdp.57 °C ⇒ **mittel**

Schritt 4, Maßnahmenfestlegung: Maßnahmenstufe 2 = **Schutzleitfäden Reihe 200**

Aus der Entscheidungstabelle können Sie mit diesen Informationen die Maßnahmenstufe leicht ablesen (siehe Tab. 4.10).

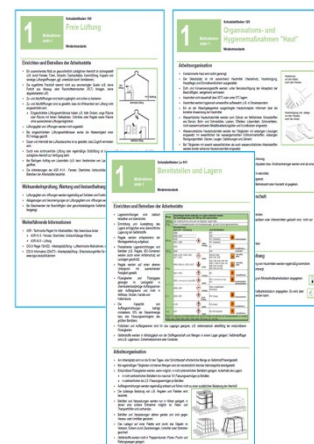
Tab. 4.10 Ausschnitt Entscheidungstabelle (siehe Tab. 4.9) zur Verdeutlichung des Praxisbeispiels

Gefährlichkeitsgruppe		Freisetzungsguppe		
		NIEDRIG	MITTEL	HOCH
pc-C	klein	Reihe 100	Reihe 100	Reihe 100 (Flüssig) Reihe 200 (Fest)
	mittel	Reihe 200*	Reihe 200	Reihe 200 (Flüssig) Reihe 300 (Fest)
	groß	Reihe 200*	Reihe 300	Reihe 300

Reihe 100 = Maßnahmenstufe 1 = **Schutzleitfäden 1xx**
Reihe 200 = Maßnahmenstufe 2 = **Schutzleitfäden 2xx**
Reihe 300 = Maßnahmenstufe 3 = **Schutzleitfäden 3xx**

4.2 Reihe 100 = Maßnahmenstufe 1 = Schutzleitfäden 1xx

Hier ist die konsequente Anwendung der Schutzleitfäden Reihe 100 für den Brand- und Explosionsschutz ausreichend (Tab. 4.11). Sie beschreiben Mindestanforderungen an Lüftung, Organisations- und Hygienemaßnahmen, Brandschutzmaßnahmen sowie an das Lagern und Bereitstellen von Gefahrstoffen. Durch grundlegende organisatorische Maßnahmen wird die Gefährdung schon begrenzt. Dies kann z. B. durch Begrenzung der bereitgestellten Menge an Gefahrstoff auf den Tages- oder Schichtbedarf oder dadurch, dass Behälter immer geschlossen sind, erfolgen.



Liegt ein fester Gefahrstoff mit der Freisetzungsguppe „mittel“ oder „hoch“ vor, sollte ab „kg-Bereich“ auch der Schutzleitfaden 240 „Staubarbeitsplätze“ beachtet werden.

HINWEIS

- Achten Sie auf 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.

Tab. 4.11 Schutzleitfäden für die Maßnahmenstufe 1

Schutzleitfaden	Titel
100	Freie Lüftung - Mindeststandards
101	Bereitstellen und Lagern – Mindeststandards
102	Lagerung von Schüttgütern
110	Organisations- und Hygienemaßnahmen „Einatmen“ – Mindeststandards
240	Staubarbeitsplätze (ab mittlerer Menge und mittlerer Freisetzungsguppe)
pc 170	Brandschutzmaßnahmen - Mindeststandards

HINWEIS:

- 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.

Tab. 4.12 Schutzleitfäden für die Maßnahmenstufe 2

Schutzleitfaden	Titel
2XX	Emissionsmindernde Maßnahmen
pc-270	Erweiterte Brandschutzmaßnahmen - Grundanforderungen
pc-271	Erweiterte Brandschutzmaßnahmen – Lackierarbeiten
pc-280	Erweiterter Explosionsschutz
pc-281	Brennbare Flüssigkeiten um- und abfüllen - Zündquellenvermeidung
pc-282	Lackierarbeiten – Zündquellenvermeidung

HINWEIS:

- Wenn Sie sicherstellen können, dass durch das emissionsarme Arbeitsverfahren

1. keine explosionsfähige Atmosphäre entsteht,
2. bei Ausfall der Lüftungseinrichtung die Tätigkeit eingestellt und
3. die Stofffreisetzung verhindert wird,

dann sind keine weiteren Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich.

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-280 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. Dabei nutzen sie die Zoneneinteilung als Hilfsmittel, um zum Beispiel die zu verwendende Gerätekategorie nach der Richtlinie 2014/34/EU auszuwählen (Tab. 4.13). In Abhängigkeit von der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre und deren Häufigkeit wird dabei im Zonenkonzept zwischen drei Zonen unterschieden, der je eine Gerätekategorie zugeordnet ist.

Die Zoneneinteilung ist jedoch kein verpflichtendes Kriterium um die verwendeten Arbeitsgeräte einer Gerätekategorie zuzuordnen. Dies kann auch ohne sie geschehen.

Tab. 4.13 Tabelle zur Geräteauswahl (ATEX-Geräte, RL 2014/34/EU) in Abhängigkeit von der Zoneneinteilung

Zone	Gase, Dämpfe	Geräte-kategorie	Stäube	Geräte-kategorie	Zündquellenfreiheit
Häufig	0	1G	20	1D	Gerät stellt auch bei unvorhersehbaren, seltenen und vorhersehbaren Betriebsstörungen und bestimmungsmäßigen Betrieb keine Zündquelle dar.
Gelegentlich	1	2G	21	2D	Gerät stellt bei vorhersehbaren Betriebsstörungen und bestimmungsmäßigen Betrieb keine Zündquelle dar.
Kurz	2	3G	22	3D	Gerät stellt bei bestimmungsmäßigen Betrieb keine Zündquelle dar.

HINWEISE:

- Die höchste Oberflächentemperatur des Betriebsmittels muss stets kleiner sein, als die Zündtemperatur des Gefahrstoffes. Das können Sie bei Gasen und Dämpfen mit Hilfe von Temperaturklassen (T1-T6) ermitteln. Bei Stäuben wird eine Oberflächen-Grenztemperatur angegeben. Die Temperaturklasse ist in der Kennzeichnung des Betriebsmittels angegeben. Weitere Hinweise finden Sie im Anhang 1 zur Zündquellenvermeidung.
- Eine weitere Gerätekennzeichnung ist der IP-Code. Die Abkürzung IP steht für International Protection. Die IP-Schutzarten beschreiben den Schutzgrad des Gehäuses gegen Berührung, Fremdkörper und Wasser. So steht z. B. der Code IP 6 für vollständigen Schutz gegen Berührungen mit Staub.

Liegt kein spezifischer Schutzleitfaden vor, finden Sie im Anhang 1 eine weitere Hilfestellung zum Identifizieren und Vermeiden von potentiellen Zündquellen und ihrer Wirksamkeit. Eine Zoneneinteilung können Sie mit Hilfe der Beispielsammlung der „DGUV Regel 113-001 Explosionsschutzregeln“ oder anderen spezifischen Regeln der Unfallversicherungsträger vornehmen.

HINWEISE:

- Die Zoneneinteilung ist ein Hilfsmittel, das bei stationären Arbeitsmitteln, wie z. B. einem Rührkessel, sehr gut geeignet ist. Bei nicht stationären Arbeiten, wie z. B. Teppichklebearbeiten mit einer Dauer von 30 Minuten, die einmal im Jahr durchgeführt werden, ist eine Zoneneinteilung aufgrund von unterschiedlichen Auslegungsmöglichkeiten nicht immer hilfreich.
- Wählen Sie beispielsweise eine Dauer von 30 Minuten als Einstieg, fallen Sie in die Zone 0 und erhalten die Gerätekategorie 1G. Wählen Sie eine 30minütige Dauer und berücksichtigen dabei die Häufigkeit von einmal jährlich fallen Sie in die Zone 2 und gelangen in die Gerätekategorie 3G. Empfohlen werden aber für diese Tätigkeiten explosionsgeschützte Geräte der Kategorie 2G.
- Bei Verwendung von Gasen müssen die explosionsgeschützten Geräte die Anforderungen für die Explosionsgruppen IIA, IIB oder IIC erfüllen. Wobei die Eignung für IIC dem höchsten Sicherheitsgrad entspricht.

Feuerarbeiten

Können Sie Zündquellen nicht ausschließen bzw. sind Feuerarbeiten wie Schweiß-, Schneid-, Löt-, Abtrennarbeiten mit offener Flamme notwendig, muss die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre sicher verhindert werden. Hier kann es erforderlich werden, dass Behälter und Rohrleitungen frei gespült werden müssen und angrenzende Tätigkeitsbereiche durch nicht brennbare Stellwände abgetrennt werden. Dies sollte mittels eines Freigabeverfahrens geregelt und sichergestellt werden. Bei Unsicherheit können Sie mit Hilfe einer Konzentrationsmessung das Vorhandensein einer explosionsfähigen Atmosphäre messen und ermitteln, ob die untere Explosionsgrenze sicher unterschritten ist. Besteht keine Gefahr einer explosionsfähigen Atmosphäre, dürfen die Tätigkeiten mit Zündquellen ausgeführt werden. Die Konzentrationsmessgeräte müssen auf die Stoffe der möglichen explosionsfähigen Atmosphäre abgestimmt sein und sind stoffspezifisch zu beschaffen.

HINWEIS:

- Die handelsüblichen Konzentrationsmessgeräte sind vorwiegend für Methan, Propan und Nonan vorkalibriert erhältlich. Es gibt aber auch Kalibrierungen für viele andere Gefahrstoffe. Die Anschaffungskosten solch eines Gerätes stehen in keinem Verhältnis zum möglichen Schutz der Beschäftigten und der Sachgüter und sollten bei Unsicherheit genutzt werden.

Liegen im Betrieb ständige Schweißarbeitsplätze vor oder werden nicht nur bei Wartung Feuerarbeiten durchgeführt, sind die Brandschutzmaßnahmen auf Dauer adäquat zu erhöhen, mindestens entsprechend der Maßnahmenstufe 2 – Schutzleitfadensreihe 200.

Weitere Informationen zu adäquaten Maßnahmen bei Feuerarbeiten entnehmen Sie bitte den einschlägigen technischen Regeln und Handlungshilfen wie z. B.

- DGUV Information 205-002 - bisher: BGI 563 Brandschutz bei feuergefährlichen Arbeiten (BGHW-Kompakt M 19),
- DGUV Information 209-005 - bisher: BGI 547 Handwerker,
- DGUV Information 209-015 - bisher: BGI 577 Instandhalter.

4.4 Reihe 300 = Maßnahmenstufe 3 = Schutzleitfäden 3xx

In der Maßnahmenstufe 3 liegt ein hoher Maßnahmenbedarf zum Schutz vor Brand oder Explosionen vor. Sofern eine Ersatzlösung nicht möglich ist, empfiehlt das Modul aufbauend auf den Mindeststandards folgende Maßnahmenkombination:

- Hohe Brandschutzmaßnahmen
- Geschlossenes System
- Konstruktiver Explosionsschutz
- Anlagenbezogen oder tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung mit erhöhter Sicherheit

Die Schutzleitfäden für den Brand- und Explosionsschutz sind hier noch in der Entwicklung. Der Schutzleitfaden pc-370 beschreibt die Grundanforderungen an hohe Brandschutzmaßnahmen. Zum Schutz vor hohen Brandgefährdungen sind in Maßnahmenstufe 3 besondere Maßnahmen des baulichen, technischen und abwehrenden Brandschutzes wie z. B. feuerfeste Bauweise oder selbsttätige Lösch- und Brandmeldeanlagen umzusetzen

Das Modul Brand und Explosion empfiehlt in dieser Maßnahmenstufe das geschlossene System zu etablieren. Entsprechend der emissionsmindernden Maßnahmen schützt das geschlossene System auch vor Gefährdungen durch das Einatmen von Gefahrstoffen und es ist dort in der Maßnahmenstufe 3 bereits durch Schutzleitfäden etabliert. Sie können diese hier ebenfalls nutzen.

In geschlossenen Systemen sollten Sie nach Möglichkeit gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vermeiden, indem Sie zum Beispiel auf Verfahren wie die Inertisierung oder der Druckabsenkung zurückgreifen. Mögliche Maßnahmen werden in der TRGS 722 / TRBS 2152 Teil 2 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ beschrieben. Die Inertisierung und Druckabsenkung ist in der Regel mit einer kontinuierlichen Konzentrationsüberwachung verbunden.

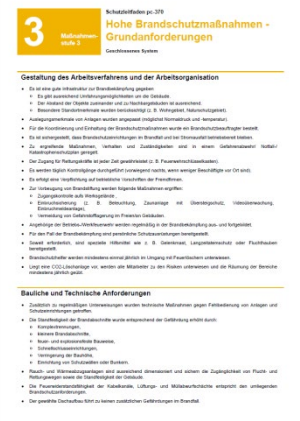
HINWEIS:

- Die Maßnahme Inertisierung führt zur sicheren Vermeidung einer brennbaren und explosionsfähigen Atmosphäre in geschlossenen Systemen, jedoch ist der damit verbundene Aufwand nicht zu unterschätzen.

Für den Fall, dass die Inertisierung nicht wirksam ist oder bei Wartungsarbeiten nicht umgesetzt werden kann, werden Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen notwendig. Sie beginnen dann mit einer anlagenbezogenen Zündquellenvermeidung. Beispiele hierfür sind die Vermeidung elektrostatischer Entladungen in Rohrleitungen und die Zündquellenfreiheit in Abhängigkeit der sich bildenden explosionsfähigen Atmosphäre um Behälter- und Rohrleitungsöffnungen herum. Maßgeblich für die festzulegenden Schutzmaßnahmen ist die gefährlichste Tätigkeit.

HINWEIS:

- Legen Sie Gefährdungen, die die gleichen Schutzmaßnahmen erfordern, in einem Arbeitsbereich zusammen. Das gilt besonders für bauliche und technische



Brandschutzmaßnahmen und für explosionsgeschützte Einrichtungen und Geräte. Dadurch können Sie Kosten sparen.

Wenn Sie die Zündquellenfreiheit nicht sicher gewährleisten können, müssen Sie das Schadensausmaß einer Explosion durch Einrichtungen des konstruktiven Explosionsschutzes begrenzen. Diese umfassen Explosionsdruckentlastungseinrichtungen, Entkopplungseinrichtungen und eine explosionsfeste Bauweise. Beispiele hierfür sind Wartungsarbeiten oder das Arbeiten mit sehr zündwilligen Gefahrstoffen wie Stäuben mit einer Mindestzündenergie < 3 mJ. Konstruktiven Explosionsschutz müssen Sie auch dann anwenden, wenn damit zu rechnen ist, dass die Auswirkungen das übliche Maß überschreiten, wie z. B. in der Nähe von Versammlungsstätten oder dicht besiedelten Gebieten.

Ergibt sich bei der Bewertung einer Tätigkeit die Maßnahmenstufe 3, die nicht in einem geschlossenen System durchgeführt werden kann, ist die Vermeidung von Explosionsgefährdungen durch tätigkeitsspezifische Zündquellenvermeidung mit erhöhter Sicherheit umzusetzen.

Zur Umsetzung dieser Schutzstufe ist eine hohe Expertise notwendig und kann in der Regel nicht ohne externe Beratung durchgeführt werden. Anhaltspunkte zur Maßnahmenfindung erhalten Sie im Technischen Regelwerk und in den Handlungsempfehlungen der Berufsgenossenschaften und Länder.

4.5 Beratung

Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die auch ohne Luft explosionsfähig oder -gefährlich sind, führen zu sehr hohen Brand- und Explosionsgefährdungen. Hier müssen Sie zusätzlich die Anforderungen aus dem Sprengstoffgesetz und der Gefahrstoffverordnung beachten. Die Gefahrstoffverordnung enthält im Anhang III, Nr. 2 spezielle Anforderungen zu Tätigkeiten mit Organischen Peroxiden und im Anhang I, Nr. 5 zu Ammoniumnitrat.

Die explosionsgefährlichen Gefahrstoffe ordnet das EMKG-Modul der Gefährlichkeitsgruppe pc-E und die explosionsfähigen der Gefährlichkeitsgruppe pc-D zu. Beide Gefährlichkeitsgruppen führen direkt in die Beratung. Die Gefährlichkeitsgruppe pc-D enthält Gefahrstoffe, die ohne Luft explosionsfähig, aber nicht dem Sprengstoffgesetz unterstellt sind. Gefahrstoffe der Gefährlichkeitsgruppe pc-E sind explosionsgefährlich und unterliegen dem Sprengstoffgesetz. Die Maßnahmenzuordnung ist nur von der Menge abhängig und orientiert sich an das Vermeiden von wirksamen Zündquellen.

HINWEIS:

- Lagerung und Verkauf von pyrotechnischen Gegenständen sind Tätigkeiten mit Explosivstoffen und unterliegen dem Sprengstoffgesetz und der Gefahrstoffverordnung.

Bei diesen Gefährdungen ist ein spezielles Fachwissen zu den Schutzmaßnahmen erforderlich, das nicht durch Schutzleitfäden abgedeckt werden kann. Als Hilfestellung

können neben den Technischen Regeln, Handlungsempfehlungen und Fortbildungsveranstaltungen der Unfallversicherungsträger und der Länder bei der Gefährdungsbeurteilung unterstützen. Empfehlenswert ist die Beratung durch Brand- und Explosionsschutz- und ggf. Sprengstoffexperten.

Weitere Informationen zu organischen Peroxiden, die nicht explosionsgefährlich sind, finden Sie unter:

- GefStoffV Anhang III, Spezielle Anforderungen an Tätigkeiten mit organischen Peroxiden (2017)
- DGUV Vorschrift 13 bisher: BGV B 4 Organische Peroxide (1997)
- DGUV Information 213-069 bisher: BGI 752 Organische Peroxide (Merkblatt M 001 der Reihe "Gefahrstoffe") (2013)
- DGUV Information 213-096 bisher: BGI/GUV-I 8619 Organische Peroxide - Antworten auf häufig gestellte Fragen (Merkblatt M 058 der Reihe "Gefahrstoffe") (2013)

Weitere Informationen zu Ammoniumnitrat und ammoniumnitrathaltige Düngemittel finden Sie unter:

- GefStoffV Anhang I, Nr. 5: Ammoniumnitrat (2017)
- TRGS 511 Ammoniumnitrat (2008)

Weitere Informationen zu Explosivstoffe und Pyrotechnik finden Sie unter:

- DGUV Regel 113-017 bisher: BGR/GUV-R 242 Tätigkeiten mit Explosivstoffen (2017) ersetzt u. a. BGV B5 und BGV D35, D 37, D38-42, D44
- DGUV Regel 113-006 bisher: BGR 123 Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben (2005)
- DGUV Regel 113-008 bisher: BGR 211 Pyrotechnik (2001)

Amtliche Mitteilungen zum Sprengstoffgesetz (SprengG) der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

<https://tes.bam.de/TES/Navigation/DE/Recht-und-Regelwerke/Sprengstoffrecht/sprengstoffrecht.html>

Schritt 5: Wirksamkeitsprüfung Brand und Explosion

Die Schutzleitfäden sind wie Checklisten aufgebaut und bis auf wenige Ausnahmen nicht länger als zwei Seiten. Der Gesetzgeber verpflichtet Sie dazu, innerhalb Ihrer Gefährdungsbeurteilung die umgesetzten Schutzmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu prüfen und zu dokumentieren. Die Schutzleitfäden sind hierfür ein geeignetes Hilfsmittel.

HINWEIS:

- Alle Schutzleitfäden finden Sie unter: www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html

Eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Schutzmaßnahmen wirksam sind, ist das Einhalten der grundsätzlichen Anforderungen an die Organisations- und Hygienestandards im Betrieb. Deshalb sollten Sie diese regelmäßig prüfen.

HINWEIS:

- Lagert sich Staub auf elektrischen Betriebsmitteln ab, kann diese Staubschicht durch ihre wärmedämmende Wirkung zu einem Anstieg der Oberflächentemperatur und bei Erreichen der Glimmtemperatur zur Zündung führen. Bei den Reinigungsarbeiten ist zu beachten, dass die eingesetzten Reinigungsgeräte selber keine Explosion verursachen dürfen. Diese Gefahr besteht beispielsweise bei nicht explosionsgeschützten Staubsaugern. Selbst auf den ersten Blick harmlose Stoffe wie Mehl oder Holzstaub, können unerwartet beim Reinigen explodieren.

Verwenden Sie explosionsgeschützte Arbeitsmittel. Achten Sie darauf, dass sie diese entsprechend Ihrer Zündquellenfreiheit und der Zoneneinteilung einsetzen.

Darüber hinaus sollten regelmäßige, möglichst tägliche Sicht- und Funktionskontrollen festgelegt werden, z. B. die Überprüfung der Funktion einer Absauganlage nach dem Einschalten. Zu achten ist auch auf sicht- oder hörbare Veränderungen sowie auftretende Mängel an persönlicher Schutzausrüstung und Arbeitsmitteln. Die Angaben des Herstellers in der Betriebsanleitung von technischen Arbeitsmitteln sind zu beachten.

Wichtige Prüfungen ab Maßnahmenstufe 2

Damit der notwendige Schutz sichergestellt werden kann, sind technische Schutzrichtungen, z. B. raumluftechnische Anlagen (RLT) oder Absauganlagen, regelmäßig auf Funktion und Wirksamkeit zu prüfen. Hierzu gehört das Überwachen von Sollwerten (z. B. von Volumenströmen, Luftgeschwindigkeit) unter Beachtung von Herstellerangaben oder technisch erfassbarer Störeinflüsse wie z. B. Querströmungen. Die Überprüfung muss nach Gefahrstoffverordnung regelmäßig, mindestens jedoch im 3-Jahres-Abstand erfolgen; bei Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben mindestens jährlich. Das Ergebnis der Prüfungen müssen Sie dokumentieren.

Hinsichtlich getroffener Maßnahmen zum Explosionsschutz stellt die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) 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 sind mit dem Ziel durchzuführen, den Schutz vor Gefährdungen durch Explosionen und Brände 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
- hat 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 Richtlinie 2014/34/EU unterliegen (siehe Tab. 4.13), sind diese vor Inbetriebnahme, nach prüfpflichtigen Änderungen und nach Instandsetzung und durch wiederkehrende Prüfung durch eine befähigte Person zu prüfen. Diese benötigt eine behördliche Anerkennung und einer der Prüfaufgabe entsprechenden Qualifikation. 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 dieser Verordnung entspricht.

Weitere Anforderungen an „Prüfungen 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. Benannte zugelassene Überwachungsstellen finden Sie auf der Homepage der BAuA unter

www.baua.de/de/Produktsicherheit/Produktinformationen/Zugelassene-Ueberwachungsstellen.html.

Tragbare Feuerlöscher die als funktionsfertige Baugruppe in Verkehr gebracht werden, unterliegen nur der wiederkehrenden Prüfung gemäß § 16 und Anhang 2, Abschnitt 4, 6.13 der Betriebssicherheitsverordnung. Diese ist von einer befähigten Person durchzuführen. Die befähigte Person muss aufgrund ihrer Fachkenntnisse aus einer Berufsausbildung, beruflichen Erfahrungen und zeitnaher Tätigkeit im Bereich „Prüfung von Feuerlöschern“, in der Lage sein den sicherheits- und brandschutztechnischen Zustand von Feuerlöschgeräten beurteilen zu können. Die Feuerlöscher sind alle zwei Jahre zu prüfen.

Darüber hinaus können weitere Prüfungen innerhalb der einzelnen Bundesländer benötigt werden. In Nordrhein Westfalen sind Prüfungen gemäß der Verordnung über die Prüfung technischer Anlagen und wiederkehrende Prüfungen von Sonderbauten – Prüfverordnung (PrüfVO NRW) von einem Prüfsachverständigen durchzuführen. Entsprechend des § 1 der PrüfVO NRW müssen Sie hier u. a. Lüftungstechnische Anlagen, CO-Warnanlagen, elektrische Anlagen in Sonderbauten und Brandschutzeinrichtungen wie z. B. ortsfeste Feuerlöschanlagen oder Rauchabzugsanlage von Prüfsachverständigen prüfen lassen. Die Prüfung der Anlagen muss vor erster Inbetriebnahme,

nach wesentlicher Änderung und in wiederkehrenden Prüfungen in Abhängigkeit der Anlagenart in Zeiträumen von nicht mehr als 3 oder 6 Jahren durchgeführt werden.

Die verschiedenen Prüfarten und -fristen sowie die Anforderungen an die verantwortlichen Prüfer sind vom Arbeitgeber festzulegen. Am besten ist dies in einem Plan zu dokumentieren und in die Gefährdungsbeurteilung oder dem Explosionsschutzdokument zu integrieren.

Anhang 1 Hilfestellung zur Zündquellen-identifizierung und -vermeidung

Ist eine Bildung explosionsfähiger Atmosphäre unvermeidlich, ist die Vermeidung von wirksamen Zündquellen essenziell für einen effektiven Brand- und Explosionsschutz. Informationen hierzu geben die TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“ und die TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“.

Das Modul Brand und Explosion hat die Anforderungen zur Zündquellenvermeidung für die Tätigkeiten „Umfüllen von Flüssigkeiten“ und „Lackierarbeiten“ bereits in entsprechenden Schutzleitfäden der 200er Reihe aufbereitet. Für andere Tätigkeiten gibt es zurzeit keine Schutzleitfäden. Um dem Anwender dennoch eine Hilfestellung zum Identifizieren und Ausschließen von effektiven Zündquellen an die Hand zu geben, sind folgend die häufigsten Zündquellen aufgeführt.

Ein nützliches Instrument zur Verhinderung der Zündung explosionsfähiger Atmosphäre ist die Zoneneinteilung nach Häufigkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre und die Verwendung von Geräten, die für diese Zonen nach EU-Richtlinie 2014/34/EU ausgelegt sind.

Anh. 1, Tab. 1 Zoneneinteilung und Einteilung der in ihnen zu verwendenden Geräte nach EU-Richtlinie 2014/34/EU

Zone	Kategorie der Gruppe II*	Zündquellenfreiheit
0/20	1G/1D	Gerät ist keine Zündquelle, weder bei bestimmungsgemäßen Betrieb noch bei vorhersehbaren, seltenen oder unvorhersehbaren Betriebsstörungen.
1/21	2G/2D	Gerät stellt bei vorhersehbaren Betriebsstörungen und bestimmungsgemäßen Betrieb keine Zündquelle dar.
2/22	3G/3D	Gerät stellt bei bestimmungsgemäßen Betrieb keine Zündquelle dar
*Zur Gruppe II gehören alle Geräte und Schutzsysteme, außer denen, die im Bergbau verwendet werden.		
G = Für Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre aus Gas/Luft-Gemisch, Dampf/Luft-Gemisch o. Nebel		D = Für Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre aus Staub/Luft-Gemisch

Jedoch ist die Zoneneinteilung nur ein Hilfsmittel für den Brand- und Explosionsschutz. Explosionsfähige Atmosphäre kann auch auftreten, wenn keine Zoneneinteilung gemacht wurde. Daher ist es wichtig, durch die richtige Kombination von Maßnahmen die Zündung explosionsfähiger Atmosphäre zu vermeiden.

HINWEIS

Es müssen keine Zündquellen betrachtet werden, deren Zündenergie zur Zündung zu klein ist.

Zündquellenvermeidung bei Stäuben - Allgemeines

Die Zündfähigkeit von Staub-Luft-Gemischen kann durch wenige Maßnahmen bereits minimiert werden. Eine explosionsfähige Atmosphäre liegt vor, wenn eine blickdichte Staubwolke vorhanden ist. Dies ist typischerweise bei Erreichen der unteren Explosionsgrenze (meist 15 – 2000 g/m³) der Fall. Hierbei ist zu beachten, dass bereits flächendeckende Staubablagerungen durch Luftstöße aufgewirbelt werden und zu explosionsfähigen Staub-Luft-Gemischen führen.

Bei Stäuben ist zu beachten, dass die Zündfähigkeit abhängig von der Korngrößenverteilung und dem Wassergehalt ist. Die Korngrößenverteilung gibt die durchschnittliche Größe der Staubkörner an. Prinzipiell gilt, je größer diese sind, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit der Bildung eines explosionsfähigen Staub-Luft-Gemisches. Besonders kritisch sind Stäube mit einer Korngröße < 0,5 mm. Hingegen bilden Stäube mit einer Korngröße > 1 mm keine explosionsfähigen Staub-Luft-Gemische.

Des Weiteren gilt: je feuchter ein Staub ist, desto weniger staubexplosionsfähig ist er. Die sicherheitstechnischen Kenngrößen sind daher auch abhängig von den Feuchtegehalten. Deshalb ist das Befeuchten von Stäuben eine wirksame emissionsmindernde Schutzmaßnahme. Diese Maßnahme eignet sich für den Transport und für bestimmte Arbeitsverfahren.

Heiße Oberflächen

Kommt eine explosionsfähige Atmosphäre mit einer heißen Oberfläche in Berührung, kann diese entzündet werden. Dabei kann entweder die Oberfläche direkt als Zündquelle wirken oder einen brennbaren Feststoff oder eine Staubschicht bei Kontakt entzünden, welcher daraufhin die explosionsfähige Atmosphäre zündet. Beispiele für heiße Oberflächen sind

Heizplatten
Heizungen
Lampen

Gehäuse von bewegten Teilen
Reibungskupplungen
Motorgehäuse

Die Zündfähigkeit einer heißen Oberfläche kann über die Mindestzündenergie und –temperatur der Gefahrstoffe, die die explosionsfähige Atmosphäre bilden, beurteilt werden.

Heiße Oberflächen und Stäube

Besonders gefährlich sind heiße Oberflächen in der Gegenwart von brennbaren Stäuben, die nach EMKG mindestens eine mittlere Freisetzung aufweisen und eine Mindestzündtemperatur < 600 °C oder eine Mindestzündladung < 10 kJ haben. Kommt ein solches Staubgemisch in Kontakt mit einer heißen Oberfläche, kann es zur Staubexplosion kommen. Abgelagerter Staub kann sich entzünden und so als Zündquelle für eine explosionsfähige Atmosphäre fungieren.

Um die Zündung eines Staub-Luft-Gemisches zu verhindern, sollte die Oberflächentemperatur einer heißen Oberfläche begrenzt werden. In explosionsgefährdeten Bereichen, z.B. bei einer Zoneneinteilung, sollte die Oberflächentemperatur immer kleiner als 2/3 der Mindestzündtemperatur sein, wenn eine Staubwolke vorliegt; bei einer Staubschicht von 5 mm sollte der Abstand zur Mindestzündtemperatur mindestens 75 °C betragen.

Heiße Oberflächen und Gase/Dämpfe

Bei Gasen und Dämpfen gilt allgemein, dass die Oberflächentemperatur der eingesetzten Betriebsmittel kleiner sein muss als die Zündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre, die mit ihr in Kontakt steht. Zur Vereinfachung werden Betriebsmittel in Temperaturklassen eingeteilt.

Anh. 1, Tab. 2 Übersicht über die Temperaturklassen und die maximal anzuwendende Oberflächentemperatur

Temperaturklasse	Maximale Oberflächentemperatur	Zündtemperaturbereich der explosionsfähigen Atmosphäre
T1	450 °C	> 450 °C
T2	300 °C	> 300 °C – 450 °C
T3	200 °C	> 200 °C – 300 °C
T4	135 °C	> 135 °C – 200 °C
T5	100 °C	>100 °C 135 °C
T6	85 °C	> 85 °C – 100 °C

Zudem müssen bei Gefährdungen durch heiße Oberflächen folgende Anforderungen an Betriebsmittel und Arbeitstemperaturen für Tätigkeiten, bei denen explosionsfähige Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden kann, erfüllt sein. Auch Gasexplosionen können verhindert werden, wenn die Oberflächentemperaturen in den Zonen unterhalb der Mindestzündtemperatur bleiben. Für die Zonen 0 und 1 darf die Oberflächentemperatur nicht mehr als 80 % der Mindestzündtemperatur des Gefahrstoffes betragen. Für die Zone 2 genügt es, wenn die Oberflächentemperatur unterhalb der Mindestzündtemperatur bleibt.

Flammen und heiße Gase

Flammen zählen zu den wirksamsten Zündquellen, da sie immer sehr hohe Temperaturen von mindestens 400 °C aufweisen. Daher sind sie ohne andere Schutzmaßnahmen **in allen Zonen** verboten. Dies muss vor allem bei Instandhaltungs- oder Feuerarbeiten mit Bunsenbrennern, Feuerzeugen oder Schweiß- und Schneidgeräten berücksichtigt werden.

Mechanisch erzeugte Funken

Eine nicht zu unterschätzende Zündquelle sind mechanisch erzeugte Funken, welche beim kurzzeitigen Berühren von funkenerzeugenden Werkzeugen oder Schlagvorgängen

gen unter Beteiligung von Rost und Leichtmetallen entstehen. Typische Beispiele hierfür sind das Öffnen von Behältern, mechanische Trennarbeiten und Schleifvorgänge. Durch die Verwendung von ATEX-Geräten (nach EU-Richtlinie 2014/34/EG) und dem Verbot von Werkzeug, deren Tätigkeit das Auftreten einzelner Funken bedingt, in den Zonen 0/20 kann das Risiko einer Zündung der explosionsfähige Atmosphäre minimiert werden. Hierzu zählen Schraubendreher, -schlüssel und Schlagschrauber. Werkzeuge wie Trenn- oder Winkelschleifer, die einen konstanten Funkenregen abgeben, sollten **in keiner Zone** verwendet werden.

Für Stäube sind mechanisch erzeugte Funken erst ab einer Mindestzündtemperatur $< 600\text{ °C}$, bzw. einer Mindestzündenergie $< 0,01\text{ J}$ relevant.

Statische Elektrizität

Die Entladung statischer Elektrizität kann zur Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen. Prominentestes Beispiel hierfür ist die Entladung aufgeladener oder isoliert angeordneter leitfähiger Teile oder Personen. Diese Entladung tritt insbesondere bei Um- oder Abfüllvorgängen, Schüttgüterentladungen oder schnellen Trennvorgängen, wie dem Abziehen von Folie auf. Allerdings kann auch das Mischen von Stoffen zu einer elektrischen Entladung führen.

Entscheidend für die Wirksamkeit dieser Zündquelle sind die Mindestzündenergien der Gefahrstoffe sowie die Zündempfindlichkeit bei Stäuben.

In den Zonen ist darauf zu achten, dass keine isolierten Materialien verwendet werden und ableitfähige Materialien immer geerdet sind.

Folgend sind typische Mindestzündenergien von Gefahrstoffen, sowie die Energien von Zündquellen aufgeführt.

Anh. 1, Tab. 3 Mindestzündenergien von Gefahrstoffen im Vergleich zu Energien typischer Zündquellen und der Zündempfindlichkeit von Stäuben

Mindestzündenergien	Zündempfindlichkeit Stäube	Energien von Zündquellen
Gase/Dämpfe: 0,01 – 2 mJ	Normal: MZE $> 10\text{ mJ}$	Person: 7 – 15 mJ
flüssige Stoffe: 0,01 – 10 mJ	Besonders: $3\text{ mJ} < \text{MZE} < 10\text{ mJ}$	Flansch/Eimer: 0,5 mJ
feiner Staub: 0,2 – 100 mJ <i>für Granulat höher</i>	Extrem: $< 3\text{ mJ}$ <i>Vermeidung elektro- statischer Entladung nicht ausreichend!</i>	Kleinbehälter ($\leq 50\text{ L}$): 2 mJ
		Metallbehälter (200 – 500 L): 10 – 60 mJ

HINWEIS

Bei Stäuben sind Büschelentladungen unkritisch.

Elektrische Anlagen

Bei der Verwendung ungeschützter elektrischer Geräte und Anlagen können heiße Oberflächen durch induktive Erwärmung auftreten oder Funken abgegeben werden, welche eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können. Auslöser dieser Zündquellen können auch Kurzschlüsse oder Wackelkontakte sein. Daher sollten in den Zonen nur solche Geräte Verwendung finden, die nach der Richtlinie 2014/34/EU vorgegeben sind (Anh. 1, Tab. 1).

Dabei sind die angegebenen Geräteklassen nur Mindestanforderungen für die Zonen. Geräte mit höheren Anforderungen können auch in weniger kritischen Zonen eingesetzt werden. Beispielsweise können Geräte der Kategorie 1G/1D auch in den Zonen 1/21 oder 2/22 verwendet werden. Liegen hybride explosionsfähige Gemische aus brennbaren Gasen, Nebeln und Stäuben vor, ist zu überprüfen, ob der Schutzgrad von Geräten der Kategorie D ausreichend ist oder spezielle Geräte genutzt werden müssen.

Chemische Reaktionen

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen müssen zur Zündquellenvermeidung immer die möglichen Reaktionen mit anderen verwendeten Stoffen oder sogar sich selbst berücksichtigt werden. Typische Beispiele hierfür sind exotherme Reaktionen von Gefahrstoffen untereinander, wenn sie vermischt werden oder die Selbstentzündung oder –erhitzung eines Stoffes. Auch die Verdünnung von Säuren kann problematisch sein, wie die Verdünnung von Salpeter- oder Flusssäure in Metallgefäßen.

Bei wie folgt eingestuften Gefahrstoffen sollten sie die Möglichkeit von chemischen Reaktionen in Betracht ziehen: **H242; H260; H261; H271; H272**; bzw. ehemals **R6; R7; R8; R9; R14; R14/15; R15; R15/29; R16**.

Folgende Stoffkombinationen führen zu chemischen Reaktionen:

- Alkalimetalle mit Wasser
- Kupfer mit Acetylen
- Schwermetalle mit Wasserstoffperoxid
- feiner Aluminiumstaub und Rost reagieren auf Schlag
- Stoffe eingestuft mit H260 und H261: heftige Reaktion mit Wasser und hoher Luftfeuchtigkeit
- Chlor reagiert heftig mit Wasserstoff, Kohlenwasserstoffen, Ammoniak, Aminen, Diethylether und anderen organischen Stoffen

Dabei ist diese Liste nicht abschließend.

Weitere Zündquellen

Weniger häufig auftretende Zündquellen sind hier zusammengefasst.

In elektrischen Anlagen kann es zeitweise oder dauernd vorkommen, dass **Ausgleichsströme** fließen. Diese treten vor allem als Rückströme zu Stromerzeugungsanlagen in der Nähe von elektrischen Anlagen mit großer Stromstärke wie Schweißanlagen oder Anlagen mit **kathodischen Korrosionsschutz** oder bei fehlerhaften elektrischen Anlagen auf. Auch ein **Blitzschlag** kann zu diesen Ausgleichsströmen führen.

Weiterhin als mögliche Zündquellen zu berücksichtigen sind

- Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenz von 9 kHz – 300 GHz
z. B. *elektromagnetische Wellen von Anlagen, Funksendestellen, Hochfrequenzgeneratoren zum Erwärmen, Trocknen, Schweißen oder Schneiden*
- Elektromagnetische Strahlungen im Bereich der Frequenzen von 300 GHz – $3 \cdot 10^6$ GHz oder einem Wellenlängenbereich von 1000 μm – 0,1 μm (optischer Spektralbereich)
z. B. *Sonnenlicht, Bündelung von Licht durch Linsen oder Hohlspiegel, Strahlung von starken Lichtquellen, Laserstrahlung*
- Ionisierende Strahlung
z. B. *Röntgenröhren, radioaktive Stoffe*
- Ultraschall
z. B. *Ultraschallmess- und Prüfgeräte, Ultraschallbohrer, Schneidgeräte*
- Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase
z. B. *Entspannung von Hochdruckgasen in Rohleitungen, Hammerschlag*

HINWEIS:

Weitere nützliche Informationen zu Zündschutzarten, der *International Protection (IP)* Schutzartkennzeichnung und der Explosionsschutzkennzeichnung kann auf der Internetseite der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) nachgelesen werden:

<http://www.ptb.de/cms/fachabteilungen/abt3/exschutz/ex-grundlagen.html>

Anhang 2 Dokumentation der Explosionsgefährdungen nach § 6 Absatz 9 GefStoffV

Hinsichtlich der Dokumentation der Explosionsgefährdungen durch explosionsfähige Gemische wird häufig nach der separaten Erstellung eines Explosionsschutzdokuments gefragt. Dies wird jedoch nicht explizit in der Gefahrstoffverordnung gefordert. Entscheidend ist, dass **die Beurteilung der Explosionsgefährdungen** und die daraus **resultierenden Maßnahmen und Prüfpflichten zusammenhängend dokumentiert** werden. So ist es auch möglich, die **Beurteilung der Explosionsgefährdungen in die vorhandene Gefährdungsbeurteilung zu integrieren** und darin besonders auszuweisen. Dies macht vor allem Sinn, wenn Sie nur einzelne Tätigkeiten mit Explosionsgefährdungen im Betrieb durchführen. Hier ist ein Explosionsschutzdokument nicht zwingend erforderlich.

Sind die Explosionsgefährdungen komplexer und nutzen Sie Anlagen, in denen die Explosionsgefährdungen auftreten, kann es sinnvoll sein, ein Explosionsschutzdokument zu erstellen. Hierfür können Sie z. B. die Gliederung des Leitfadens zur Explosionsschutzrichtlinie 1999/92/EG nutzen.

Für die Dokumentation der Beurteilung Ihrer Explosionsgefährdungen müssen Sie mindestens folgende Punkte nach Gefahrstoffverordnung ermitteln, bewerten, umsetzen und dokumentieren:

- Vorliegende Explosionsgefährdungen
- Angemessene Vorkehrungen zum Schutz vor Explosionsgefährdungen
- Zoneneinteilung, soweit erforderlich (Anhang I Nummer 1.7)
- Bereiche mit Explosionsschutzmaßnahmen (§ 11 und Anhang I Nummer 1)
- Vorgaben für Zusammenarbeit verschiedener Firmen (§ 15)
- Notwendige Überprüfungen zur Wirksamkeitskontrolle (§ 7 Absatz 7) sowie Prüfungen zum Explosionsschutz nach Anhang 2 Abschnitt 3 der Betriebssicherheitsverordnung

Zusätzlich sind die prüfpflichtigen Geräte und Sicherheitseinrichtungen und deren regelmäßige Prüfungen zu dokumentieren.

Im Folgenden finden Sie eine Mustergliederung der Dokumentation und eine Dokumentationsvorlage für Ihre Beurteilung. In den eckigen Klammern finden Sie Hinweise darauf, wo Sie im Modul die benötigten Informationen einbringen bzw. dokumentieren können.

Mustergliederung der Dokumentation

- Beschreibung der Arbeitsstätte und der Arbeitsbereiche [siehe Dokumentationsvorlage]
- Beschreibung der Verfahrensschritte und/oder Tätigkeiten [siehe Dokumentationsvorlage]
- Beschreibung der eingesetzten Stoffe / Sicherheitstechnische Kenngrößen [siehe Schritt 1 und Dokumentationsvorlage]
- Darstellung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung [siehe Schritt 4 und Dokumentationsvorlage]
- Getroffene Explosionsschutzmaßnahmen [siehe Schutzleitfäden]
- Technische Maßnahmen (vorbeugend, konstruktiv, Prozessleittechnik) [siehe Schutzleitfäden]
- Organisatorische Maßnahmen (Betriebsanweisung, Unterweisung, Qualifikation der Mitarbeiter, Benutzungsregelung der ortveränderlichen Geräten in Ex-Bereichen, Sicherstellung der Tragepflicht von PSA, Organisation des Freigabeverfahrens und Instandhaltungs-, Prüfungs- und Kontrollarbeiten, Kennzeichnung der Zonen) [siehe Schutzleitfäden]
- Realisierung der Explosionsschutzmaßnahmen (Benennung der Verantwortlichen, Maßnahmenanwendung, Wirksamkeitskontrolle) [siehe Schritt 5 und Dokumentationsvorlage]
- Koordinierung der Explosionsschutzmaßnahmen [siehe Dokumentationsvorlage, parallel erfolgende Tätigkeiten, die zu möglichen Zündquellen führen, sind zu koordinieren.]
- Anhang (z. B. EG-Baumusterprüfbescheinigung, EG-Konformitätserklärung, Sicherheitsdatenblätter, Betriebsanleitungen von Apparaten und Geräten, Wartungspläne)

Dokumentationsvorlage

Beispiel: Erstellen einer Farbmischung mit Goldbronzepulver (Dokumentation von Feststoffen zusätzlich zu den Schutzleitfäden)

Betrieb:				Bearbeiter:						Erstelldatum:					
#	Tätigkeit/ Betriebsbereich	Gefahrstoff Verweis auf Sicherheitsda- tenblatt mög- lich	Tätigkeitsbe- schreibung	Schritt 1: Gefährlichkeits- ermittlung				Schritt 2: Freisetzungsg- ruppe			Schritt 3: Men- gengruppe			Schritt 4: Maß- nahmenstufe	
				H-Satz	Feststoffangaben	Flammpunkt	Gefährlichkeitsgruppe	Staubungsverhalten: Siede- punkt; Dampfdruck	NIEDRIG	MITTEL	HOCH	Menge	Klein	mittel	groß
1	Farbmischung erstellen/ Lackiererei	Goldbronzepulver	Zugabe der Farbe im Rühr- werk	228	explosionsfähiges Staub/ Luft- gemisch		pc-C	grobkörniger Feststoff		X		500 mg	X		1

Notizen zur Zündquellenvermeidung		Schritt 5: Wirksamkeitsüberprüfung						
#	mögliche Zündquellen, sicherheitstechnische Kenngrößen	Wechselwirkungen (z. B. aus SDB Abschnitt 10)	Prüfung von Maßnahmen inklusive aller Geräte und Schutzsysteme	Prüfmittel z. B. Schutzleitfäden, Checklisten, Geräteprüfung (befähigte Person/ZÜS)	Prüfintervall / Nächste Prüfung	Prüfergebnis Verweis auf Dokument möglich	Verantwortlicher	Erliegt am
1	Elektrostatik Elektrische Funken: <ul style="list-style-type: none"> • Rührwerkmotor • Fehlhandlung • Funkenschlag 	Keine gefährlichen Reaktionen und Zersetzungsprodukte bekannt.	<ul style="list-style-type: none"> - Grundmaßnahmen - Pulverlöscher mit Metallbrandpulver - Minimierung der Staubbildung durch Flakes ohne Feinabrieb 	Schutzleitfäden: <ul style="list-style-type: none"> • 100 • 101 • 110 • pc-170 	Jährlich 20.11.2014	Freisetzung minimiert durch anderen Aggregatzustand	Max Mustermann	20.11.2013

Beispiel: Fassbefüllung mit Fasspumpe (Dokumentation von Flüssigkeiten zusätzlich zu den Schutzleitfäden)

Betrieb:				Bearbeiter:						Erstelldatum:							
#	Tätigkeit/ Betriebsbereich	Gefahrstoff Verweis auf Sicherheitsda- tenblatt mög- lich	Tätigkeitsbe- schreibung	Schritt 1: Gefährlichkeitser- mittlung				Schritt 2: Freisetzungsg- ruppe			Schritt 3: Men- gengruppe			Schritt 4: Maß- nahmenstufe			
				H-Satz	Feststoffangaben	Flammpunkt	Gefährlichkeitsgruppe	Staubungsverhalten; Siede- punkt; Dampfdruck	NIEDRIG	MITTEL	HOCH	Menge	Klein		mittel	groß	
1	Fassbefüllung/ Abfüllbereich	Druck-chemi- kalie	Fassbefüllung mittels Fass- pumpe	225, 319, 336		15 °C	pc-C	Siedepunkt: 80 °C					50 L		X		2

#	Notizen zur Zündquellenvermeidung		Schritt 5: Wirksamkeitsüberprüfung					
			Prüfung von Maßnahmen inklusive aller Geräte und Schutzsys- teme	Prüfmittel z. B. Schutzleitfäden, Checklisten, Geräteprüfung (befähigte Person/ZÜS)	Prüfintervall / Nächste Prü- fung	Prüfergebnis Verweis auf Doku- ment möglich	Verantwortlicher	Erledigt am
1	Ungeschützte elektrische Geräte, <ul style="list-style-type: none"> • statische Elektrizität • heiße Oberflächen (> 300 °C) • Temperaturklasse T2 	Keine gefährlichen Reaktionen und Zersetzungsprodukte bekannt.	Grundmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Schaumlöcher Brandklasse B • Lösungsmittel geeignete Fassung • Explosionsgeschützte elektrische Einrichtungen im Umkreis von 1,5m um Fassung 	Schutzleitfäden: <ul style="list-style-type: none"> • 100 • 101 • 110 • pc-170 • pc-270 • pc-280 • pc-281 (Zoneneinteilung mit Absaugung) Prüfung durch ZÜS	20.11.2016	Prüfprotokoll der ZÜS	Max Mustermann	20.11.2013