

Inhaltsverzeichnis

3.5 Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände	1
3.5.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen	2
3.5.2 Ermittlung und Beurteilung	6
3.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle	10
3.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur	15
3.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter	17
3.5.6 Autoren und Ansprechpartner	18

3.5 Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände

Die Kriterien der Gefahrenklasse "Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff" richten sich nach den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008.

Definition nach Sprengstoffgesetz

Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände werden über das Sprengstoffgesetz (SprengG) definiert. Sie enthalten bzw. bestehen aus explosionsgefährlichen Stoffen. Feste oder flüssige Stoffe bzw. Gemische sind dann explosionsgefährlich, wenn sie durch eine nicht außergewöhnliche thermische, mechanische oder andere Beanspruchung zur Explosion gebracht werden können. Hierbei sind die in Anhang I, Teil A.14 der Verordnung (EG) Nr. 440/2008 der Kommission vom 30. Mai 2008 zur Festlegung von Prüfmethoden gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) festgelegten Prüfmethoden anzuwenden. Ob ein explosionsgefährlicher Stoff ein Explosivstoff oder ein pyrotechnischer Gegenstand ist, ergibt sich aus seiner Verwendung.

Explosivstoffe

Explosivstoffe sind Sprengstoffe, Treibstoffe, Zündstoffe und Gegenstände, die diese Stoffe beinhalten, sowie pyrotechnische Sätze. Explosionsgefährliche Stoffe, die zur Herstellung von Explosivstoffen dienen, sind den Explosivstoffen gleichgestellt.

Definition nach SprengG:

- a) Stoffe und Gegenstände, die nach der Richtlinie 2014/28/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke (Neufassung) (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 1) als Explosivstoffe für zivile Zwecke betrachtet werden oder diesen in Zusammensetzung und Wirkung ähnlich sind,
- b) die in Anlage III genannten Stoffe und Gegenstände.

Pyrotechnische Gegenstände

Pyrotechnische Gegenstände sind Gegenstände, die explosionsgefährliche Stoffe oder Stoffgemische enthalten (pyrotechnische Sätze), mit denen auf Grund selbsterhaltender, exotherm ablaufender chemischer Reaktionen Wärme, Licht, Schall, Gas oder Rauch oder eine Kombination dieser Wirkungen erzeugt werden soll.

Explosive Eigenschaften

Explosive Eigenschaften sind verknüpft mit dem Vorhandensein von bestimmten chemischen Gruppen im Molekül, die bei einer Reaktion einen sehr raschen Temperatur- oder Druckanstieg bewirken können.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass explosionsgefährliche Stoffe im Molekül oder in den jeweiligen Mischungen brennbare und sauerstoffliefernde Bestandteile enthalten. Hierbei handelt es sich meist um Stoffe mit Sauerstoff-Stickstoff-Verbindungen, wie Nitrite, Nitrate, Nitro- oder Nitroso-Verbindungen, oder auch mit Sauerstoff-Chlor-Gruppen (Chlorate, Perchlorate). Ausnahmen von der Reaktion mit disponiblem Sauerstoff bilden einige Stoffe (z. B. Azide), bei deren Zersetzung in die Elemente genügend Energie und Gasvolumen (Stickstoff) für den Explosionsprozess frei werden.

Sicherheitstechnisch bedeutet dies, dass diese Stoffe und Stoffgemische jederzeit reaktionsfähig sind. Ob eine Reaktion stattfindet, hängt vom Auslösepotenzial ab (Zündquellen). Im Folgenden wird aus Gründen der Vereinfachung - soweit nicht weiter ausgeführt - nur der Begriff Explosivstoff verwendet, obwohl prinzipiell auch pyrotechnische Gegenstände gemeint sind.

3.5.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Umsetzungsarten und Wirkungen von Explosivstoffen

Je nach Geschwindigkeit der Umsetzung von Explosivstoffen wird unterschieden zwischen

- Deflagration, die chemische Umsetzung mit Flammenbildung, die mit Unterschallgeschwindigkeit abläuft, ohne den Sauerstoff der Umgebung zu benötigen;
- Detonation, die chemische Umsetzung, die mit Überschallgeschwindigkeit unter Bildung einer Stoßwelle abläuft.

Die Umsetzung ist mit folgenden Wirkungen verbunden:

- Luftstoßwirkung
- Bodenstoß- und Kraterwirkung
- Wirkung durch Spreng- und Wurfstücke
- thermische Wirkung durch Flammen und Wärmestrahlung
- Wirkung der Explosionsschwaden

Luftstoßwirkung

Bei der Oberflächendetonation eines Explosivstoffs kommt es zur Ausbildung einer Luftstoßwelle, die sich mit sehr hoher Anfangsgeschwindigkeit vom Detonationsort ausbreitet. Der Überdruck in der Stoßwellenfront nimmt mit zunehmender Entfernung vom Detonationsort ab und gleichzeitig nimmt die Dauer des Luftstoßimpulses zu. Die Zusammenhänge zwischen den Stoßwellenparametern und dem Abstand vom Detonationsort beschreiben Skalierungsgesetze. Nach dem Skalierungsgesetz von CRANZ verhalten sich die Entfernungen vom Detonationsort, in denen der gleiche Stoßdruck herrscht, wie die dritten Wurzeln aus den Massen der gleichen Explosivstoffladungen. Die Luftstoßwirkung wird u. a. durch den Druck der normal reflektierten Luftstoßwelle erfasst. In Abhängigkeit vom skalierten Abstand k zwischen Donator und Akzeptor sind die Druckwirkungen in Tabelle 3.5-1 beschrieben. Als Donatoren werden gefährdende Objekte bezeichnet. Die Objekte, die einer Gefährdung ausgesetzt sind, nennt man Akzeptoren. Der Faktor k ist definiert als

$$k = E / m^{1/3}$$

(mit E = Entfernung in Metern und m = Nettoexplosivstoffmasse in kg).

Tab. 3.5-1 Luftstoßdruck in Abhängigkeit vom skalierten Abstand k (Orientierungswerte)

Skalierter Abstand k in $m/kg^{1/3}$	Überdruck in der normal reflektierten Luftstoßwelle in kPa
2	600 ... 1100
5	80 ... 130
10	26 ... 31
15	15 ... 18
20	10 ... 13
22	9 ... 11,5

Der Luftstoßdruck bewirkt die in den Tabellen 3.5-2 bis 3.5-4 dargestellten typischen Verletzungen von Personen bzw. Schäden an Gebäuden. In der Mustersicherheitsanalyse nach § 7 StörfallV [3] stehen weitere Informationen zur Verfügung.

Tab. 3.5-2 Schadensbilder von Luftstoßwellen (Orientierungswerte)

Schadensbild	Überdruck in der normal reflektierten Luftstoßwelle in kPa (Schwellenwert)
Fensterscheiben, Fensterrahmen, Türen (beschädigt bis zerstört)	2,5 ... 14
Dächer (beschädigt bis zerstört)	5 ... 17
50-%-Grenze für Trommelfellschäden	11 ... 14
Leichte Wandverkleidung (beschädigt bis zerstört)	14 ... 30
Ziegelsteinmauer (beschädigt bis zerstört)	30 ... 150
Stahlskelette leichter Gebäude (beschädigt)	30 ... 250
Backsteingebäude (beschädigt bis zerstört)	30 ... 360
Lungenschäden (stark impulsabhängig)	50 ... 100
Betonbauten und Stahlbetonbauten (beschädigt bis zerstört)	180 ... 5 000
Tod des Menschen	140 ...

Tab. 3.5-3 Verletzungen von Personen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Detonationsort in Metern (orientierende Werte)

Explosivstoffmasse in kg	< 1 % leichte Kopfverletzungen	< 1 % Gehörschäden
4 000	~ 320 m	~ 200 m
10 000	~ 430 m	~ 280 m
20 000	~ 550 m	~ 350 m
40 000	~ 700 m	~ 450 m
60 000	~ 800 m	~ 500 m

Die Schäden an Gebäuden durch Luftstoßwirkung in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse und der Entfernung vom Detonationsort werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 3.5-4 Schäden in Abhängigkeit von der Entfernung in Metern (Orientierungswerte)

Schadensbild	Explosivstoff- masse	Explosivstoff- masse	Explosivstoff- masse	Explosivstoff- masse	Explosivstoff- masse
	4 000 kg	10 000 kg	20 000 kg	40 000 kg	60 000 kg
totale Gebäudeschäden	50 m	60 m	80 m	100 m	110 m
schwere Gebäudeschäden	110 m	140 m	180 m	230 m	260 m
mittlere Gebäudeschäden	160 m	210 m	270 m	340 m	390 m
leichte Gebäudeschäden	180 m	240 m	300 m	380 m	440 m
geringe Gebäudeschäden (z. B. Fensterschäden)	270 m	370 m	460 m	580 m	670 m

Bodenstoß- und Kraterwirkung

Die Bodenstoß- und Kraterwirkung liegt bei Detonationen hinsichtlich ihrer Schadenswirkung deutlich unter der Schadenswirkung des Luftstoßes. Die Bodenstoßwirkung muss im Hinblick auf die Standfestigkeit von Wänden und Gebäuden berücksichtigt werden. Innerhalb des Krateradius ist mit einer sympathetischen Detonationsübertragung (gleichzeitige Detonation der gesamten Explosivstoffmasse) zu rechnen.

Wirkung durch Spreng- und Wurfstücke

Bei einer Explosion können Gebäude- oder Maschinenteile, aber auch Teile explodierender Gegenstände vom Explosionsort weggeschleudert werden. Die Wurfweite ist u. a. abhängig von Art und Nettoexplosivstoffmasse (NEM) des Explosivstoffs, den Einschlussbedingungen sowie der Bauausführung des Gebäudes und lässt sich quantitativ nur sehr schwer beschreiben. Unter bestimmten Bedingungen treten Wurfweiten von mehreren hundert Metern auf. Spreng- und Wurfstücke bilden somit eine zusätzliche Gefährdung insbesondere für ungeschützte Personen.

Für die Gefährdung durch Wurfstücke wird international die Wurfstückdichte (Einheit: kg/m^2) herangezogen. In Gebäuden wird mit einer Letalität von unter 1 % gerechnet, wenn die Wurfstückdichte etwa $1 \text{ kg}/\text{m}^2$ beträgt. In nachstehender Zusammenstellung sind die Entfernungen, bei denen diese Gefährdung auftritt, in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse aufgeführt:

Tab. 3.5-5 Entfernungsangaben für die Wurfstückdichte $1 \text{ kg}/\text{m}^2$ (Orientierungswerte)

Explosivstoffmasse in kg	Entfernungen in m (Wurfstückdichte $1 \text{ kg}/\text{m}^2$)
4 000	63
10 000	90
20 000	118
40 000	154
60 000	180

Des Weiteren ist mit zusätzlicher Sprengstückwirkung zu rechnen, wenn mit großkalibrigen Geschossen, Bomben

oder Gefechtsköpfen umgegangen wird. Die Wirkung ist im Einzelfall im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung abzuschätzen. Hierbei sind mit Splitterreichweiten von bis zu 1 000 m zu rechnen.

Splitterwirkungen werden als gefährlich eingestuft, wenn die Splitter eine kinetische Energie von ≥ 80 J haben und die Splitterdichte 1 Splitter pro 56 m^2 beträgt.

Thermische Wirkung

Die Wirkung der Wärmestrahlung kann durch ein Feuerballmodell charakterisiert werden. Danach berechnet sich der maximale Durchmesser des Feuerballs zu

$$D = 3,7675M^{0,325}$$

wobei M die Masse des abbrennenden Stoffs in kg ist. Die bei einem sehr schnellen Abbrand (Deflagration) entstehende Druckwelle kann vernachlässigt werden, da diese wesentlich geringer ist als bei der beschriebenen Gefährdung durch Luftstoßdruck bei gleicher Explosivstoffmenge.

In der folgenden Aufstellung sind in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse Feuerballdurchmesser und Wirkungsdauer angegeben.

Tab. 3.5-6 Angaben zum Feuerball (Orientierungswerte)

Explosivstoffmasse in kg	Durchmesser in m	Wirkungsdauer in s
4 000	56	4,7
10 000	75	6,4
20 000	94	8,2
40 000	118	10,4
60 000	134	12,0

Wirkung der Explosionsschwaden

Bei der Umsetzung von Explosivstoffen entstehen hauptsächlich gasförmige Reaktionsprodukte, die sog. Explosionsschwaden, deren Art und Mengenanteile maßgeblich von der chemischen Zusammensetzung des Explosivstoffs und den Umsetzungsbedingungen abhängig sind.

Die hauptsächlich gasförmigen Reaktionsprodukte von Explosivstoffen sind Kohlendioxid, Stickstoff und Wasserdampf. In zumeist geringeren Mengenanteilen entstehen jedoch auch – je nach Zusammensetzung des Explosivstoffs – toxische und reizend wirkende Gase, wie Kohlenmonoxid, nitrose Gase, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Chlorwasserstoff usw.

Im Allgemeinen ist die Wirkung der toxischen Schwadenbestandteile im Vergleich zu den anderen genannten Wirkungen von Explosivstoffen als untergeordnet einzustufen, da im Freien oder bei guter Belüftung eine schnelle Verdünnung der Gase eintritt. Gesundheitsgefährdungen können jedoch bei nicht ausreichender Belüftung entstehen, z. B. in geschlossenen Räumen oder bei der Verwendung von Explosivstoffen im untertägigen Bergbau.

Gesundheitsgefährdungen bei Tätigkeiten mit Explosivstoff

Bei Tätigkeiten mit Explosivstoff kann eine Inhalation von Stäuben und Dämpfen, der Hautkontakt oder die Aufnahme über die Haut zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten führen. Durch eine gute Belüftung des Arbeitsplatzes und das Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Chemikalienschutzhandschuhe) wird diese Gefährdung im Regelfall ausreichend minimiert. Es muss jedoch beachtet werden, dass einige Explosivstoffe als krebserzeugend, keimzellmutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft sind. Die Angaben im Sicherheitsdatenblatt sind daher unbedingt zu beachten. Weitere Informationen finden sich in den Kapiteln "Gute Arbeitspraxis und Hygienestandards", "Hautkontakt mit Gefahrstoffen" und "Einatmen von Gefahrstoffen", .

3.5.2 Ermittlung und Beurteilung

Sicherheitstechnische Kenngrößen

Im Folgenden sollen die für explosionsgefährliche Stoffe charakteristischen sicherheitstechnischen Kenngrößen dargelegt werden.

Prüfung der chemischen und thermischen Stabilität

Die Prüfung dient dem Nachweis der Verträglichkeit der Stoffbestandteile und der Beständigkeit bei höheren Temperaturen. Eine bewährte Prüfmethode ist eine Warmlagerung bei 75 °C über 7 Tage im offenen oder lose verschlossenen Prüfglas.

Zur Bestimmung der thermischen Stabilität bieten sich auch kalorimetrische Messverfahren (z. B. Differentialthermoanalyse (DSC), Thermogravimetrische Analyse (TGA)) an, aus denen die Temperatur der beginnenden thermischen Zersetzung ermittelbar ist.

Verhalten gegenüber thermischer Einwirkung

- Entzündungstemperatur, z. B. im Woodschen Metallbad
- Entzündbarkeit durch Cereisenfunken (erzeugt durch Feuerstein)
- Entzündbarkeit durch den Feuerstrahl einer Schwarzpulveranzündschnur
- Entzündbarkeit durch Gasstrahl
- Entzündbarkeit durch rotglühenden Stahlstab
- Entzündbarkeit und Verbrennungsdauer in einer rotglühenden Stahlschale

Stahlhülsenversuch (Koenen-Test)

- Verhalten beim Erhitzen unter Einschluss. Diese Prüfmethode liefert quantitative Ergebnisse und eine Antwort auf die Frage, ob ein Stoff auch in kleiner Menge ohne vollständigen Einschluss explodieren kann.

Mechanische Empfindlichkeit

- Schlagempfindlichkeit ermitteln mit dem BAM-Fallhammer
- Reibempfindlichkeit ermitteln mit dem BAM-Reibapparat

Empfindlichkeit gegenüber einem Detonationsstoß in einem Stahlrohr

Die Ermittlung der Fähigkeit eines Stoffs, eine eingeleitete Detonation weiterleiten zu können, erfolgt in 1"-, 2"- und 4"-Stahlrohren mit den möglichen Ergebnissen

- keine Weiterleitung,
- teilweise Weiterleitung oder
- Weiterleitung.

Empfindlichkeit gegenüber elektrostatischer Aufladung

Die Ermittlung der Fähigkeit eines Stoffs, sich bei Aufladung umzusetzen.

- Bestimmung der Mindestzündenergie mittels Messmethoden, die eine definierte elektrostatische Entladung ermöglichen.
- Für Treibladungspulver erfolgt die Prüfung nach DIN EN 13938-2.

Als weitere Kenndaten kommen infrage:

- Detonationsgeschwindigkeit
- O₂-Bilanz
- Explosionswärme
- Normalgasvolumen
- Dichte
- Schmelztemperatur
- Kalorimetrische Kenndaten (Zersetzungstemperaturen, Zersetzungenergie)

Klassifizierung der Wirkungen

Die Gefährgruppenzuordnung entspricht der DGUV Regel 113-017, Allgemeiner Teil, Abschnitt 3.2. Die Wirkungen

der Explosivstoffe werden in folgende vier Gefahrgruppen eingeteilt:

Gefahrgruppe 1.1

Die Explosivstoffe dieser Gruppe können in der Masse explodieren. Die Umgebung ist durch Druckwirkung (Stoßwellen), durch Flammen und durch Spreng- und Wurfstücke gefährdet; bei starkmanteligen Gegenständen ist eine zusätzliche Gefährdung durch Sprengstücke vorhanden.

Gefahrgruppe 1.2

Die Explosivstoffe dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Gegenstände explodieren bei einem Brand zunächst einzeln. Im Verlauf des Brands nimmt die Zahl der gleichzeitig explodierenden Gegenstände zu. Die Druckwirkung (Stoßwellen) der Explosionen ist auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; an Bauwerken der Umgebung entstehen keine oder nur geringe Schäden. Die weitere Umgebung ist durch leichte Sprengstücke und durch Flugfeuer gefährdet. Fortgeschleuderte Gegenstände können beim Aufschlag explodieren und so Brände und Explosionen übertragen; bei starkmanteligen Gegenständen ist eine zusätzliche Gefährdung durch Sprengstücke vorhanden.

Gefahrgruppe 1.3

Die Explosivstoffe dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Sie brennen sehr heftig und unter starker Wärmeentwicklung ab, der Brand breitet sich rasch aus. Die Umgebung ist hauptsächlich durch Flammen, Wärmestrahlung und Flugfeuer gefährdet. Gegenstände können vereinzelt explodieren, einzelne brennende Packstücke und Gegenstände können fortgeschleudert werden. Die Gefährdung der Umgebung durch Sprengstücke ist gering. Die Bauten in der Umgebung sind im Allgemeinen durch Druckwirkung (Stoßwellen) nicht gefährdet.

Gefahrgruppe 1.4

Die Explosivstoffe dieser Gruppe stellen keine bedeutsame Gefahr dar. Sie brennen ab, einzelne Gegenstände können auch explodieren. Die Auswirkungen sind weitgehend auf das Packstück beschränkt. Sprengstücke gefährlicher Größe und Flugweite entstehen nicht. Ein Brand ruft keine Explosion des gesamten Inhalts eines Packstücks hervor.

In anderen Rechtsbereichen, wie dem Gefahrguttransport- und dem Gefahrstoffrecht, gibt es zusätzlich die Unterklassen 1.5 und 1.6, die besonders unempfindliche Stoffe und Gegenstände beschreiben. Die Wirkungen der Stoffe und Gegenstände sind jedoch vergleichbar mit denen der Gefahrgruppe 1.1 bzw. 1.2.

In den sicherheitstechnischen Regelwerken (z. B. im Sprengstoffrecht, berufsgenossenschaftliche Vorschriften), die im Wesentlichen wirkungsbasiert sind, werden deshalb nur Schutzmaßnahmen (betrifft insbesondere den tertiären und quartären Explosionsschutz) für die Gefahrgruppen 1.1 bis 1.4 abgeleitet. Das heißt, im Herstellungsprozess werden lediglich die oben angeführten Gefahrgruppen angewendet. Die sicherheitstechnische Bewertung bei der Herstellung erfolgt in Abhängigkeit der vier Gefahrgruppen, wobei hinsichtlich des primären und sekundären Explosionsschutzes die verringerte Empfindlichkeit und Auslösewahrscheinlichkeit von Stoffen und Gegenständen der Unterklassen 1.5 und 1.6 berücksichtigt werden kann.

Aus der Gefahrgruppe ergeben sich Sicherheitsanforderungen insbesondere hinsichtlich der Sicherheitsabstände.

Da die Wirkungen nicht nur stoffabhängig sind, sondern auch von der Art und Intensität der Beanspruchungen sowie von der Masse, den Einschlussbedingungen usw. beeinflusst werden, wird unterschieden zwischen

- Lagergruppen nach 2. Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV),
- Unterklassen der Klasse 1 nach UN-Empfehlungen zum Transport gefährlicher Güter und
- Gefahrgruppen.

Lagergruppen und Unterklassen der Klasse 1

Die Zuordnung der Explosivstoffe zu Lagergruppen oder Unterklassen der Klasse 1 erfolgt nach vorgegebenen Prüfmethode und Kriterien. Die Prüfungen sollen die Belastungen der Explosivstoffe in der Versandverpackung bei der Lagerung bzw. beim Transport simulieren. Die Lagergruppenzuordnungen und Gefahrgutklassifizierung sind in Deutschland von der BAM vorzunehmen.

Gefahrgruppenbestimmung

Für die Gefahrgruppenbestimmung sind dagegen keine standardisierten Prüfungen vorgegeben. Die Gefahrgruppenbestimmung ist vom Unternehmer vorzunehmen. Maßgebend sind die Wirkungen der Explosivstoffe bei der Auslösung durch die möglichen Beanspruchungen im jeweiligen Arbeitsgang.

Zur Bestimmung sind praxisnahe Versuche durchzuführen, die den tatsächlichen Gegebenheiten und Beanspruchungen der Explosivstoffe am Arbeitsplatz entsprechen. Insbesondere sind z. B. Masse, Einschluss, Verdämmung, spezifische Verfahrensparameter, zu berücksichtigen. Da die Wirkung und die Auslösewahrscheinlichkeit u. a. von den unterschiedlichen betrieblichen und arbeitsplatzbezogenen Gegebenheiten abhängig sind, können die bei der Gefahrgruppenbestimmung anzuwendenden Prüfmethode hier nur beispielhaft angeführt werden.

Die für die Explosivstoffe in Versandverpackungen ermittelten oder festgelegten Lagergruppen nach der Zweiten Verordnung zum Sprengstoffgesetz, Unterklassen nach den Verordnungen zum Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter oder den Gefährklassen nach dem Versorgungsartikelkatalog der Bundeswehr können als Gefahrgruppen übernommen werden, wenn denkbare ungewollte Reaktionen aufgrund möglicher Beanspruchungen während der Arbeitsgänge nicht anders sind als die für die Ermittlung der genannten Gruppen / Unterklassen angenommenen.

Besonderheiten bei pyrotechnischen Sätzen

Abbrandverhalten prüfen

Bei der Zuordnung zu den Gefahrgruppen für pyrotechnische Sätze sollte zur Ermittlung der Wirkungen das Abbrandverhalten von Sätzen bei unterschiedlichen Einschlussbedingungen geprüft werden. Dabei kann der Abbrand in loser Schüttung, in lose verschlossenen Pappbehältern oder auch in verschlossenen Stahlrohren zur Bewertung herangezogen werden. Hierbei ist es sinnvoll, diese Untersuchungen mit unterschiedlichen Satzmassen bis hin zur tatsächlichen am Arbeitsplatz vorgesehenen Satzmasse durchzuführen. Bei den Abbrandversuchen in Pappbehältern sollte die Anzündung vorrangig am Boden gewählt werden. Ist eine Auslösung durch Detonationsstoß auszuschließen, sind z. B. Satzauslöser, Wärmekapseln, Stoppinen als geeignete Anzündmittel anzusehen. Das Verhalten von Sätzen gegenüber Detonationsstoß wird üblicherweise in 1"- bzw. 2"-Stahlrohren geprüft. Über die Fähigkeit eines Satzes, bereits in kleiner Menge unter Einschluss explodieren zu können, gibt der Stahlhülisentest Aufschluss.

Bestimmung der Auslösewahrscheinlichkeit

Zur Bestimmung von Auslösewahrscheinlichkeiten sollten vorrangig die Werte der Schlagempfindlichkeit (BAM-Fallhammer) und der Reibempfindlichkeit (BAM-Reibapparat) herangezogen werden. Zusätzlich wird empfohlen, Zersetzungstemperaturen (z. B. im Woodschen Metallbad, mittels kalorimetrischer Messmethoden (z. B. DTA, DSC) und die Auslösbarkeit durch Funken, Flammen (Schwarzpulveranzündschnur, Bunsenbrenner) beziehungsweise glühende Metallgegenstände (Stahlstab, Stahlschale) zu ermitteln.

Beanspruchung am Arbeitsplatz prüfen

Insbesondere dann, wenn die oben benannten Prüfungen die tatsächlichen Verhältnisse des Arbeitsplatzes, z. B. hinsichtlich Einschlussbedingungen, Maßstabeffekte, nur unzureichend widerspiegeln, ist eine Untersuchung in der vorgesehenen Apparatur/Vorrichtung unerlässlich.

Untersuchungen zur Bestimmung der Wirkung von pyrotechnischen Halberzeugnissen und Gegenständen sind ebenfalls arbeitsplatzbezogen durchzuführen. Diese können sein:

- Abbrennen in modifizierten Presswerkzeugen (Simulation der Auslösung beim Pressvorgang)
- Abbrand von Halberzeugnissen in offenen und geschlossenen Stellagen
- Abbrand von Halberzeugnissen oder Gegenständen mit offenen Anzündstellen in Bevorratungsmagazinen

Da sich in der Regel Sätze, Halberzeugnisse oder Gegenstände an mehreren Stellen im Arbeitsgang befinden oder bereitgehalten werden, sollten auch Übertragungsversuche durchgeführt werden.

Änderung der Gefahrgruppe beachten

Während der Herstellung pyrotechnischer Sätze und Gegenstände ändern sich häufig die Gefahrgruppen eines Satzes, Halberzeugnisses oder von Gegenständen in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Zustand. Die Gefahrgruppe wird durch verschiedene Parameter, z. B. Masse, Durchmischungsgrad, Feuchtigkeitsgehalt, Verdichtungsgrad und Konfektionierungszustand, bestimmt. Bei der Herstellung von Sätzen oder Baugruppen

spielt außerdem die jeweilige Verdämmung (auch Eigenverdämmung) des Satzes eine entscheidende Rolle.

Die ermittelten Gefahrgruppen sind in der Regel nicht identisch mit der Klassifizierung nach den Gefahrguttransportvorschriften bzw. den Lagergruppen nach der 2. Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV), da diese nach anderen Prüfkriterien festgelegt werden und nicht die Gegebenheiten im jeweiligen Arbeitsgang berücksichtigen. Weitere Informationen stehen in der DGUV Regel 113-008 Pyrotechnik zur Verfügung.

3.5.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Zur Verhinderung von Ereignissen finden in Betrieben Maßnahmen des primären, sekundären, tertiären und quartären Explosionsschutzes Anwendung.

Primärer Explosionsschutz

Hierunter fallen alle Maßnahmen, die den Explosivstoff direkt betreffen und dessen Empfindlichkeit gegen äußere Beanspruchung oder dessen Wirkung verringern oder ausschließen, z. B. durch Inertisierung oder Phlegmatisierung. Die Bedeutung dieser Schutzmaßnahme ist in der Explosivstoffindustrie eingeschränkt, da eine bestimmungsgemäße Wirkung der Explosivstoffe gewollt ist. Der primäre Explosionsschutz wird deshalb auch nicht näher betrachtet.

Sekundärer Explosionsschutz

Dem sekundären Explosionsschutz sind alle Maßnahmen zuzurechnen, die zur Verringerung der Beanspruchung des Explosivstoffs führen. Derartige Maßnahmen sind bei allen Arten des Umgangs zu treffen, insbesondere aber bei der Herstellung, Be- und Verarbeitung der Explosivstoffe. Arbeitsmaschinen müssen deshalb so beschaffen und aufgestellt sein, dass Explosivstoffe durch Wärme, Reibung, Schlag, Druckerhöhung oder elektrostatische Aufladung nicht entzündet werden. Insbesondere müssen/dürfen

- Werkstoffe verwendet werden, die zu keiner gefährlichen Funkenbildung neigen,
- keine Stoffe mit den Werkstoffen in Berührung gebracht werden, die zu chemischen Reaktionen führen können; zu diesen Stoffen zählen neben den Explosivstoffen z. B. auch Säuren, Vorprodukte, Zuschlagstoffe, Abfallprodukte im Verfahrensgang,
- Verschluss- und Befestigungsmittel z. B. Schrauben, Keile, Muttern, an äußeren und inneren beweglichen Teilen der Arbeitsmaschinen gegen Lockern gesichert sein,
- selbsttätig wirkende Vorrichtungen vorhanden sein, die bei erhöhtem Widerstand oder Hemmungen die Maschinen sofort stillsetzen,
- Lager und sonstige sich reibende Maschinenteile, Oberflächen von Trögen und dergleichen leicht zu reinigen sein,
- Hohlwellen und sonstige unzugängliche Räume vermieden oder das Eindringen von Explosivstoffen verhindert werden,
- Dichtungsmaterialien, Filtermaterialien, Schmieröle so beschaffen sein, dass sie Explosivstoffe nicht in gefährlicher Weise aufnehmen oder mit ihnen reagieren,
- Explosivstoffablagerungen leicht erkennbar sein,
- zündfähige elektrostatische Aufladungen verhindert werden oder es müssen Einrichtungen zum Ableiten dieser Aufladungen vorhanden sein,
- zur Abwendung gefährlicher Betriebszustände Grenzwerte durch entsprechende Regel- oder Steuereinrichtungen eingehalten werden,
- die festgelegten stoff- und verfahrensspezifischen Höchsttemperaturen bei der Verwendung von Wärmeträgern zum Beheizen von Explosivstoff kontrolliert werden,
- Knet-, Misch- und Mengmaschinen sowie Zentrifugen für Explosivstoffe so eingerichtet sein, dass bei einer Entzündung des Inhalts eine Druckentlastung schon bei möglichst niedrigem Druck eintritt,
- heiße Oberflächen von Verfahreneinrichtungen oder ihren Zu- und Abführungsleitungen so ausgerüstet oder verlegt werden, dass Explosivstoffe nicht unzulässig erwärmt werden,
- Können die Anforderungen nicht eingehalten werden, müssen die Arbeitsmaschinen so eingerichtet sein, dass sie "unter Sicherheit" betrieben werden können

Tertiärer Explosionsschutz

Der tertiäre Explosionsschutz betrifft die Umgebung von Explosivstoffen. Die Bauweisen der Räume und Gebäude sowie die Ausführung der wichtigsten Bauteile sind so zu gestalten, dass sie den Anforderungen spezieller Vorschriften entsprechen. Die wichtigsten Elemente des baulichen Explosionsschutzes werden nachfolgend beschrieben.

Einräumige Gebäude mit Explosions- oder Brandgefahr

- einräumige Gebäude in leichter Bauart
- Als Baustoffe dürfen nur verwendet werden: Leichtbeton, Holz, Pressplatten, Strohpressplatten, Gipsplatten,

Gasbetonplatten, Folien und andere Baustoffe, die bei einer Explosion im Gebäude keine schwereren Wurfstücke bilden als die genannten Baustoffe.

- einräumige Gebäude in Ausblasebauart mit leichter Dachausführung

Die Gebäude müssen eine oder zwei Ausblasewände sowie ein leichtes Dach haben. Die übrigen Wände müssen abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass in Verbindung mit den Sicherheitsabständen der Schutz von Personen gewährleistet ist.

- einräumige Gebäude in Ausblasebauart mit schwerer Dachausführung

Die Gebäude müssen eine oder zwei Ausblasewände und ein schweres Dach haben. Die übrigen Wände müssen abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass in Verbindung mit den Sicherheitsabständen der Schutz von Personen gewährleistet ist. Das schwere Dach muss abhängig von der Belegungsart mit Explosivstoff so gestaltet sein, dass die Umgebung weder durch Feuer oder Flammenwirkung noch durch schwere Wurfstücke gefährdet ist. Das Dach muss zur Ausblasefläche um mindestens 15° ansteigen. Ausgenommen hiervon ist die Belegung mit sich detonativ umsetzenden Explosivstoffen.

- einräumige Gebäude in erdüberdeckter Bauart

Die Gebäude in erdüberdeckter Bauart sind mit Ausnahme des Zugangs oder der Ausblasefläche mit Erdrich einzudecken. Das Schüttgut darf keine größeren Steine (über Faustgröße) enthalten und muss über der Decke mindestens 60 cm hoch sein. Die Böschungen müssen dem natürlichen Böschungswinkel des Schüttguts entsprechen. An Zugängen oder Ausblaseflächen sind Flügelwände zu errichten.

- einräumige Gebäude mit Brandgefahr

Einräumige Gebäude mit Brandgefahr müssen bis auf die Ausblaseflächen mindestens der Feuerwiderstandsklasse F 30 entsprechen.

Alle Bauteile mit Ausnahme der Ausblaseflächen müssen den Beanspruchungen von innen standhalten. Dacheindeckungen müssen gegen Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähig sein.

Mehrräumige Gebäude mit Explosions- oder Brandgefahr

Werden die vorstehend beschriebenen Gebäude mit mehreren Räumen ausgeführt, müssen die Trennwände zwischen den Räumen abhängig von

- den auszuführenden Tätigkeiten,
- den Explosivstoffarten, -massen und Wirkungen und
- der Anwesenheit von Beschäftigten

so ausgeführt sein, dass sie im Falle eines Ereignisses die Übertragung auf die Nachbarräume verhindern. Werden in den einzelnen Räumen Tätigkeiten ausgeführt, für die in den speziellen Vorschriften Einzelgebäude gefordert werden oder die "unter Sicherheit" durchzuführen sind, sind die Trennwände als Widerstandswände auszuführen oder Pufferräumen einzurichten.

Bauteile

Widerstandswände

Die Standfestigkeit von Widerstandswänden ist entsprechend der im Fall einer Explosion zu erwartender Belastung zu gewährleisten. Bei der Auslegung der Widerstandswände ist nur die Nettoexplosivstoffmasse zugrunde zu legen, die gleichzeitig zur Explosion kommen kann. Die Standfestigkeit ist unter Annahme der ungünstigsten dynamischen Belastungen zu berechnen.

Verschlüsse von Durchreicheöffnungen und Türen in Widerstandswänden müssen genügend widerstandsfähig und so ausgeführt sein, dass sie bei einer Explosion im Raum nicht durch die Öffnung gedrückt werden können. Durchreicheöffnungen müssen zwangsweise verschließbar eingerichtet sein.

Betriebsbedingte Durchbrüche in Widerstandswänden (z. B. Kabelschächte) müssen so verschlossen sein, dass die Schutzwirkung der Widerstandswände erhalten bleibt.

Ausblaseflächen

Für die Ausblaseflächen sind Materialien zu verwenden, die keine schweren Wurfstücke bilden können. In Gebäuden und Räumen mit Explosivstoff sind genügend große Ausblaseflächen, z. B. Ausblasewände, Fensterflächen, Abzugsöffnungen, vorzusehen, damit kein gefährlicher Druckaufbau bei der deflagrativen Umsetzung des Explosivstoffs auftreten kann.

Fenster

Fenster, die der Sonnenseite zugekehrt sind, sind mit Blendschutz zu versehen, wenn nach Art der Explosivstoffe durch Sonneneinstrahlung eine zusätzliche Gefahr entsteht.

Fenster, an denen sich Explosivstoffe absetzen können, sind so auszuführen, dass Stahl nicht auf Stahl reibt oder schlägt.

Splitter von Glasfenstern können zu gefährlichen Verletzungen führen. Es ist deshalb zweckmäßig, Glasfenster auf die unbedingt notwendige Anzahl und Größe zu beschränken. Als Verglasung haben sich z. B. Folien, Scheiben aus Kunststoff, Doppelverglasung aus Verbund-Sicherheitsglas (6 mm) und Polycarbonat- Scheiben (5 mm) mit einem an der Fensterlaibung angebrachten Fangstab bewährt.

Fußböden

In Räumen mit solchen Explosivstoffen, die durch elektrostatischen Ladungsausgleich gezündet werden können, muss der Fußboden ausreichend leitfähig sein. Der Fußboden in Räumen mit offenem Explosivstoff muss eine undurchlässige, ebene und fugenlose Oberfläche haben.

Schutzwälle

Schutzwälle müssen den Dachfirst des zugeordneten Gebäudes um mindestens 1,00 m überragen; die Kronenbreite muss mindestens 0,50 m betragen. Der Abstand des Schutzwalls von der Außenwand des Gebäudes darf im Regelfall 2,00 m sein, um den Zugang zum Gebäude und die Instandhaltung von Gebäude und Schutzwall zu gewährleisten.

Erdschutzwände, Schutzmauern, sonstige Schutzwände

Erdschutzwände müssen mindestens 1,00 m dick und so hoch wie Schutzwälle sein. Das Erdreich ist durch Schalen abzustützen. Schutzmauern und sonstige Schutzwände müssen die gleiche Schutzwirkung wie Schutzwälle haben. Sie sind sicher im Erdreich zu verankern.

Einrichtungen

Raumheizung

Die Oberflächentemperatur von Heizkörpern und -leitungen darf einen Höchstwert von 120 °C nicht überschreiten. In Räumen mit Warmluftheizung ist Kondensation gefährlicher Dämpfe zu verhindern, indem diese mit einem ausreichenden Anteil vorgewärmter Frischluft betrieben werden. Die Heizkörper müssen eine glatte Oberfläche haben und sich allseitig reinigen lassen. Heizkörper dürfen nicht an Ausblaseflächen angebracht sein.

Elektrische Anlagen und ihre Betriebsmittel

Elektrische Anlagen und ihre Betriebsmittel in Räumen mit Explosivstoff müssen den allgemein anerkannten Regeln der Elektrotechnik entsprechen. Neben den allgemeinen Bestimmungen ist insbesondere die DIN V VDE V 0166 "Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind" zu berücksichtigen.

Blitzschutz

Es muss für einen ausreichenden Blitzschutz gesorgt sein.

Lüftungen

Es muss eine ausreichende Belüftung der Räumlichkeiten vorhanden sein. Dabei müssen die Anlagen so beschaffen sein, dass Stäube oder Dämpfe der Explosivstoffe nicht in die Motoren gelangen können. Die auftretenden Temperaturen der Lüftungsanlagen müssen unterhalb der Entzündungs-, bzw. Zersetzungstemperatur liegen. Es dürfen sich in den Rohrleitungen keine gefährlichen Ablagerungen bilden, außerdem sollten alle Rohrleitungen möglichst gradlinig geführt werden.

Fahrzeuge

Beim Umgang mit Explosivstoffen dürfen nur geschützte oder explosivstoffgeschützte Fahrzeuge verwendet werden. Hierbei gilt neben der allgemeinen Vorschrift auch insbesondere die DGUV Regel 113-006 "Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben".

Quartärer Explosionsschutz

Einhaltung von Schutz- und Sicherheitsabständen

Die Schutzmaßnahmen betreffen die Einhaltung von gesetzlich vorgegebenen Schutz- und Sicherheitsabständen zwischen möglichen Donatoren und Akzeptoren. Der quartäre Explosionsschutz ist ein defensives Schutzprinzip oder Vorsorgeprinzip für den mit absoluter Sicherheit nicht auszuschließenden Fall einer ungewollten Explosivstoffumsetzung zur Minimierung der Explosionswirkungen.

Die Beachtung der massenbezogenen Schutzabstände gewährleistet den gesetzlichen Schutz der Öffentlichkeit. Die Beachtung der massenbezogenen, von der jeweiligen Bauweise der Einzelanlagen abhängigen Sicherheitsabstände gewährleistet den gesetzlichen Schutz der innerbetrieblichen Anlagen und der Beschäftigten.

Schutzabstände

Gebäude und Plätze mit Explosivstoff müssen zu Wohnbereichen und Verkehrswegen in Abhängigkeit von der

- Lager-/Gefahrgruppe und
- Nettoexplosivstoffmasse (NEM)

einen ausreichenden Schutzabstand einhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppe 1.1

- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 22 \times M^{1/3}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist jedoch ein Mindestabstand von 275 m einzuhalten.
- zu Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 15 \times M^{1/3}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist jedoch ein Mindestabstand von 180 m einzuhalten.

Schutzabstände der gefährlichen Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.2

- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 58 \times M^{1/6}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist der Schutzabstand nach der Formel $E = 76 \times M^{1/6}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 90 m bzw. 135 m einzuhalten.
- zu Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 39 \times M^{1/6}$ zu berechnen. Wenn eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke gegeben ist, ist der Schutzabstand nach der Formel $E = 51 \times M^{1/6}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 60 m bzw. 90 m einzuhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppe 1.3

- zu Wohnbereichen sind nach der Formel $E = 6,4 \times M^{1/3}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 60 m einzuhalten.
- zu außerbetrieblichen Verkehrswegen sind nach der Formel $E = 4,3 \times M^{1/3}$ zu berechnen. In jedem Fall ist ein Mindestabstand von 40 m einzuhalten.

Schutzabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppe 1.4

Für Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.4 ist bei einer Nettoexplosivstoffmasse (NEM) über 100 kg ein Schutzabstand zu Wohnbereichen und zu außerbetrieblichen Verkehrswegen, unabhängig von der NEM, von mindestens 25 m einzuhalten.

Sicherheitsabstände

Die Gebäude und Plätze mit Explosivstoff müssen in Abhängigkeit von der

- Gefahrgruppe,
- Nettoexplosivstoffmasse (NEM),
- Lage, Anordnung und Bauart sowie
- Nutzungsart

zu anderen Gebäuden und Plätzen mit Explosivstoff oder mit ständigen Arbeitsplätzen einen ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten.

- Die Sicherheitsabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Lager-/ Gefahrgruppen 1.1 und 1.3 sind nach der Formel $E = k \times M^{1/3}$ zu berechnen.
- Die k-Werte sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen.
- Für Gebäude mit Explosivstoffen der Lager-/Gefahrgruppe 1.2 sind Mindestabstände einzuhalten. Die

Mindestabstände sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen.

- Die Sicherheitsabstände der Gebäude und Plätze mit Explosivstoffen der Gefahrgruppe 1.4 betragen mindestens 10 m.

Spreng- und Brandplätze müssen zu Wohnbereichen, außerbetrieblichen Verkehrswegen und Betriebsgebäuden in Abhängigkeit von ihrer Nettoexplosivstoffmasse (NEM) und Bauart einen ausreichenden Schutz- und Sicherheitsabstand einhalten. Die Schutz- und Sicherheitsabstände für Spreng- und Brandplätze sind nach der Formel $E = k \times M^{1/3}$ zu berechnen. Die k-Werte sind den einschlägigen Vorschriften (u. a. DGUV Regel 113-003) zu entnehmen.

Brandschutzbereiche

In einem Abstand von 25 m vom Explosivstoff dürfen keine brennbaren Materialien und keine anderen Gefahrstoffe mit den Gefahrenpiktogrammen GHS02: Flamme und GHS03: Flamme über einem Kreis gelagert werden. Die Brandschutzbereiche müssen entsprechend gekennzeichnet werden. Innerhalb der Brandschutzbereiche darf nicht geraucht werden sowie kein offenes Licht und kein offenes Feuer verwendet werden.

* E: kürzester Abstand zwischen Gebäuden/Plätzen in Metern,

k: Konstante, die von den Gefahrgruppen, den Bauarten, den Schutzeinrichtungen und der Nutzung des Donators und des Akzeptors abhängig ist,

M: anzurechnende Nettoexplosivstoffmasse (NEM) in Kilogramm

3.5.4 Vorschriften, Regelwerk, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Sprengstoffgesetz (SprengG)
- Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV)
- Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV)
- Technische Regel zum Sprengstoffrecht Sprengarbeiten (SprengTR 310 – Sprengarbeiten)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- TRGS 511 "Ammoniumnitrat"
- TRGS 727 "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen"

Weitere Regeln der Technik

<https://www.dinmedia.de>

- DIN V VDE V 0166: Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind
- **SprengLR 210**: Sprengstofflager-Richtlinien Bauweise und Einrichtung der Lager für Sprengstoffe und Zündmittel
- **SprengLR 220**: Sprengstofflager-Richtlinien Bauweise und Einrichtung der Lager für pyrotechnische Sätze und Gegenstände
- **DGUV Regel 113-017**: Tätigkeiten mit Explosivstoffen
- **DGUV Regel 113-016**: Sprengarbeiten
- **DGUV Regel 113-003**: Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Zerlegen von Gegenständen mit Explosivstoff oder beim Vernichten von Explosivstoff oder Gegenständen mit Explosivstoff (Explosivstoff-, Zerlege- oder Vernichteregeln)
- **DGUV Regel 113-006**: Einsatz von Fahrzeugen in Explosivstoffbetrieben
- **DGUV Regel 113-008**: Pyrotechnik
- **BAM EX/2014/2**: Leitfaden der BAM Leitfaden zum Herstellen von Explosivstoffen und pyrotechnischen Gegenständen
- **NATO Standard AASTP-01** NATO Guidelines for the storage of military ammunition and explosives; Edition C, Version 1, March 2023, (<https://nso.nato.int/nso/home/main/home>)

Geltendes EU-Recht

- **2014/28/EU**: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke
- **2013/29/EG**: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung pyrotechnischer Gegenstände auf dem Markt
- **VO (EG) NR. 440/2008**: Verordnung der Kommission zur Festlegung von Prüfmethode gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

Literatur

[1] MEYER R.; KÖHLER, J.; HOMBURG, A.: Explosivstoffe. 10. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008, Verlag Wiley-VCH

[2] URBANSKI, T.: Chemie und Technologie der Spreng- und Explosivstoffe. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1961–1964 (3 Bände); Erweiterte englische Auflage: Chemistry and Technology of Explosives Pergamon Press, Oxford 1964-1967, 1984 (4 Bände)

[3] STEIDINGER, M.: Mustersicherheitsanalyse nach § 7 StörfallV für eine Sprengstofffabrik. Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 1991

[4] FEDOROFF, B. T.; Kaye S. M.: Encyclopedia of Explosives and related items. Vol. 1-10. Dover: Picatinny Arsenal
1960–1983

3.5.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Wie empfindlich ist der Explosivstoff gegenüber thermischer, mechanischer und elektrostatischer Einwirkung?
- Welchen Beanspruchungen ist der Explosivstoff am jeweiligen Arbeitsplatz ausgesetzt?
- Mit welchen Zündquellen ist zu rechnen?
- Befindet sich der Explosivstoff im Einschluss oder wird er verdämmt?
- Detoniert oder deflagriert der Stoff?
- Welche Nettoexplosivstoffmasse (NEM) ist an den einzelnen Arbeitsplätzen vorhanden?
- Mit welcher Luftstoßwirkung ist im Fall einer Umsetzung zu rechnen?
- Mit welcher thermischen Wirkung ist zu rechnen?
- Mit welcher Wurf- und Sprengstückwirkung ist zu rechnen?
- Welcher Gefahrgruppe wird der Explosivstoff im jeweiligen Arbeitsschritt zugeordnet?
- Sind weitere Prüfungen für diese Zuordnung notwendig?
- In welche Lagergruppe ist der Stoff eingeordnet?
- Welche Konsequenzen auf Lagerung, Umgang, Verpackung ergeben sich daraus?
- Werden alle aufgeführten Maßnahmen zum sekundären Explosionsschutz umgesetzt?
- Muss zum Schutz der Beschäftigten "unter Sicherheit" gearbeitet werden?
- Welche Abstände bestehen zu Gebäuden und Plätzen mit Explosivstoff und/oder ständigen Arbeitsplätzen?
- Sind die Gebäude in geeigneter Bauart errichtet?
- Gibt es geeignete bauliche Schutzmaßnahmen wie Widerstandswände, Ausblaseflächen, Erdüberdeckung, Schutzwälle, Schutzwände?
- Werden die Sicherheits- und Schutzabstände eingehalten?
- Sind die technischen Einrichtungen in den Gebäuden, wie Heizungen und elektrische Anlagen, geeignet?
- Besteht eine ausreichende und geeignete Lüftung?
- Besteht ein ausreichender und geeigneter Blitzschutz?
- Sind vorhandene Fahrzeuge explosivstoffgeschützt?
- Gibt es Untersuchungen zur Toxikologie?
- Sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) oder maximale Arbeitsplatzkonzentrationen bekannt (MAK)?
- Sind Sicherheitsdatenblätter für den Stoff vorhanden?
- Gibt es Untersuchungen zur Schwadenbildung?
- Welche Arbeitsschutzmaßnahmen resultieren aus den toxikologischen Kenndaten?

3.5.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. Joachim Otto
- Dr. rer. nat. Moana Nolde
- Dr. rer. nat. Silke Schwarz
- Dr. sc. nat. Dietrich Eckhardt

Ansprechpartnerin

- Fachbereich 2.4 - Prüfung und Bewertung von Explosivstoffen/Pyrotechnik
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Kontakt

Impressum

Zitiervorschlag:

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

Fachliche Herausgeber:

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

Herausgeber:

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

Telefon: 0231 9071-2071
Telefax: 0231 9071-2070
E-Mail: info-zentrum@baua.bund.de
Internet: www.baua.de

Redaktion: Strategische Kommunikation und Kooperation, BAuA

Gestaltung: Susanne Graul, BAuA; eckedesign, Berlin

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

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

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

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

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