

EMKG-Leitfaden

Hilfestellung zur Zündquellenidentifizierung 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 TRBS 2152 Teil 3 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“ und die TRBS 2153 „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.

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 bestimmungsgemäßem 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 Explosionschutz. 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 sowie staubprobenspezifisch.

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	Gehäuse von bewegten Teilen
Heizungen	Reibungskupplungen
Lampen	Motorengehäuse

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. Erfolgte eine Zoneneinteilung, so 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.

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 für die Verhinderung von Gasexplosionen kann dadurch erreicht werden, dass 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, welche 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 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 explosionsfähigen 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 °C, bzw. einer Mindestzündenergie < 0,01 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.

Entscheidung 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.

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 mJ	Person: 7 - 15 mJ
flüssige Stoffe: 0,01 - 10 mJ	Besonders: 3 mJ < MZE < 10 mJ	Flansch/Eimer: 0,5 mJ
feiner Staub: 0,2 - 100 mJ <i>für Granulat höher</i>	Extrem: < 3 mJ <i>Vermeidung elektronischer Entladung nicht ausreichend!</i>	Kleinbehälter (≤ 50 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 den Zonen nur solche Geräte Verwendung finden, die nach der Richtlinie 2014/34/EU vorgegeben sind (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 eingestuftem 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 R14 und R15: 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 9kHz-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 Rohrleitungen, 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:

www.ptb.de/cms/fachabteilungen/abt3/exschutz/ex-grundlagen.html

Stand: Oktober 2016