

1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN

Der Explosionsschutz ist ein zentraler Bereich der Sicherheitstechnik. Er hat in erster Linie die Funktion, Explosionen zu vermeiden. Aber was ist eine Explosion? Und welche Faktoren sind ausschlaggebend? Gibt es Schutzmaßnahmen, die man ergreifen kann? Im ersten Kapitel unserer Broschüre können Sie sich mit den wichtigsten Grundlagen und Begrifflichkeiten rund um den Explosionsschutz vertraut machen.

Unter einer Explosion versteht man die schlagartig verlaufende chemische Reaktion eines brennbaren Stoffes mit Sauerstoff unter Freisetzung hoher Energie. Eine Explosion kann nur ablaufen, wenn drei Faktoren gleichzeitig auftreten (s. Bild 1):

1. Brennbare Stoff.
2. Sauerstoff (Luft).
3. Zündquelle.

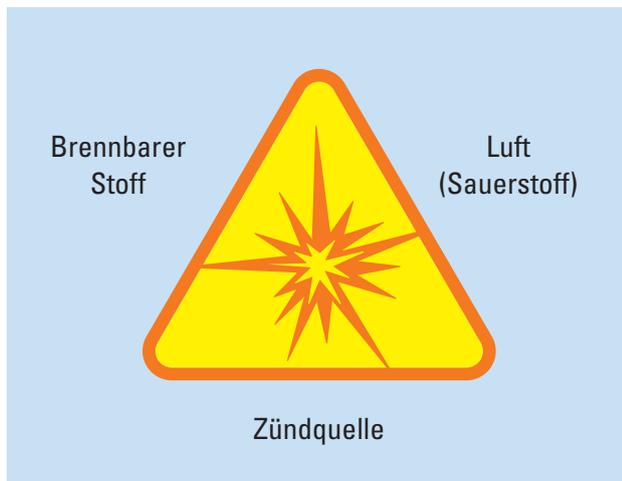


Bild 1: Eine Explosion kann nur ablaufen, wenn diese drei Faktoren zusammenkommen.

Brennbarer Stoff

Brennbare Stoffe können in Form von Gasen, Nebeln, Dämpfen oder Stäuben vorliegen. Für die Charakterisierung von Gefahrenpotenzialen ist die Betrachtung sicherheitstechnischer Kenngrößen notwendig.

Explosionsfähige Atmosphäre

Bei einer explosionsfähigen Atmosphäre handelt es sich um ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. Als atmosphärische Bedingungen gelten im Allgemeinen Umgebungsbedingungen von -20 °C bis $+60\text{ °C}$, ein Druckbereich von 0,8 bar bis 1,1 bar sowie ein Sauerstoffgehalt in der Luft von 21 %.

Flammpunkt

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdentzündung entflammbares Dampf-Luft-Gemisch bildet (bei normalem Luftdruck). Liegt der Flammpunkt einer solchen brennbaren Flüssigkeit deutlich über den maximal auftretenden Temperaturen, kann sich keine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Der Flammpunkt einer Mischung verschiedener Flüssigkeiten kann aber auch tiefer liegen als der Flammpunkt der einzelnen Komponenten. In der Gefahrstoffverordnung dient der Flammpunkt einer Flüssigkeit – neben ihrem Siedebeginn – der Klassifikation von Flüssigkeiten (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Kriterien für entzündbare Flüssigkeiten

Kategorie	Kriterien
1	Flammpunkt $< 23\text{ °C}$ und Siedebeginn $\leq 35\text{ °C}$
2	Flammpunkt $< 23\text{ °C}$ und Siedebeginn $> 35\text{ °C}$
3	Flammpunkt $\geq 23\text{ °C}$ und $\leq 60\text{ °C}$ ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Für die Zwecke der EG-GHS-Verordnung können Gasöle, Diesel und leichte Heizöle, die einen Flammpunkt zwischen 55 °C und 75 °C haben, als zur Kategorie 3 gehörend gelten.

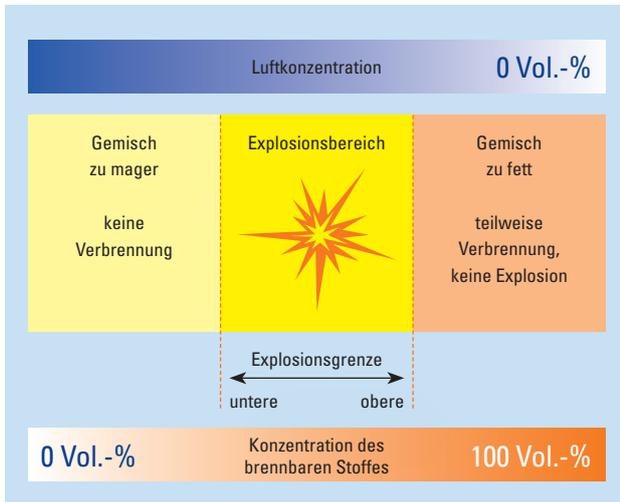


Bild 2: Explosionsgrenzen

Tabelle 2: Explosionsgrenzen ausgewählter Gase und Dämpfe

Stoffbezeichnung	untere Explosionsgrenze [Vol. %]	obere Explosionsgrenze [Vol. %]
Acetylen	2,3	100 (Selbsterfall!)
Ethylen	2,4	32,6
Benzin	~0,6	~8
Benzol	1,2	8
Heizöl/Diesel	~0,6	~6,5
Methan	4,4	17
Propan	1,7	10,8
Schwefelkohlenstoff	0,6	60,0
Wasserstoff	4,0	77,0

Auszug aus den Tabellenwerken „Sicherheitstechnische Kenngrößen, Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase“ von E. Brandes und W. Möller sowie von K. Nabert und G. Schön (6. Nachtrag).

Explosionsgrenzen

Um eine explosionsfähige Atmosphäre zu bilden, muss der brennbare Stoff in einem bestimmten Konzentrationsbereich vorliegen (s. Bild 2). Bei zu geringer Konzentration (mageres Gemisch) und bei zu hoher Konzentration (fettes Gemisch) findet keine Explosion, sondern eine stationäre oder keine Verbrennungsreaktion statt. Lediglich im Bereich zwischen der oberen Explosionsgrenze (OEG) und der unteren Explosionsgrenze (UEG) reagiert das Gemisch bei Zündung explosionsartig. Die Explosionsgrenzen hängen vom Umgebungsdruck und vom Sauerstoffanteil der Luft ab (s. Tabelle 2).

Zündquellen

Um die Entzündung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu verhindern, ist es notwendig, alle möglichen auftretenden Zündquellen zu kennen und sicherzustellen, dass diese nicht wirksam werden können. Die Zündung explosionsfähiger Atmosphäre kann beispielsweise durch die folgenden Zündquellen erfolgen:

- Heiße Oberflächen.
- Flammen und heiße Gase.
- Mechanisch erzeugte Funken.
- Elektrische Anlagen.
- Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz.
- Statische Elektrizität.
- Blitzschlag.
- Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz).
- Optische Strahlung.
- Ionisierende Strahlung.
- Ultraschall.
- Adiabatische Kompression und Stoßwellen.
- Exotherme Reaktionen.

1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN

Mindestzündenergie

Zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre ist die Zufuhr einer bestimmten Energie erforderlich. Unter der Mindestzündenergie versteht man die kleinstmöglich umgesetzte Energie, z. B. bei Entladung eines Kondensators, die das entsprechende zündwillige Gemisch gerade noch entzündet. Die Mindestzündenergie liegt im Bereich von etwa 10^{-5} Joule für Wasserstoff und bis zu einigen Joule für bestimmte Stäube.

Integrierter Explosionsschutz

Das Prinzip des integrierten Explosionsschutzes erfordert es, dass alle Maßnahmen zum Explosionsschutz in einer festgelegten Reihenfolge vorzunehmen sind. Hierbei wird zwischen primären, sekundären und tertiären (konstruktiven) Schutzmaßnahmen unterschieden.

Primärer Explosionsschutz

Unter den primären Explosionsschutz fallen alle Maßnahmen, die verhindern, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entsteht – denn die Vermeidung der Gefahr ist besser als jeglicher Schutz. Deshalb sind diese Vorkehrungen immer als Erstes umzusetzen. Folgende Schutzmaßnahmen können ergriffen werden:

- Vermeidung brennbarer Stoffe (Ersatztechnologien).
- Inertisierung (Zugabe von Stickstoff, Kohlendioxid usw.).
- Begrenzung der Konzentration durch natürliche oder technische Belüftung.

Sekundärer Explosionsschutz

Wenn Explosionsgefahren durch Maßnahmen zum Verhindern der Bildung explosionsfähiger Atmosphären nicht oder nur unvollständig auszuschließen sind, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die eine Zündung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern. Das erforderliche Sicherheitsniveau dieser Vorkehrungen ist abhängig vom möglichen Gefährdungspotenzial am Einsatzort.

Tertiärer oder konstruktiver Explosionsschutz

Kann das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht sicher vermieden werden und ist auch deren Zündung nicht auszuschließen, sind Maßnahmen vorzusehen, die die Auswirkungen einer Explosion auf ein ungefährliches Maß beschränken. Folgende Vorkehrungen sind möglich:

- Druckfeste oder druckstoßfeste Bauweise.
- Druckentlastungs- und Druckausgleichseinrichtungen.
- Explosionsunterdrückung durch Löscheinrichtung.



Bild 3: Explosionsschutzmaßnahmen