

Grundlagen zum Explosionsschutz für Einsteiger – (3)

Sicherheitstechnische Kenngrößen für brennbare Flüssigkeiten und Gase:

Der erste Schritt zur Beurteilung einer Gefährdung durch Brände und Explosionen ist die Ermittlung, welche Stoffe oder Gemische im betrachteten Szenario eingesetzt werden bzw. entstehen können. Über diese Stoffe oder Gemische müssen Informationen eingeholt werden, damit unter Berücksichtigung der eingesetzten Verfahren bzw. der ausgeführten Tätigkeiten die Explosionsgefahr unter den vorliegenden Randbedingungen beurteilt werden kann.

Die für den Explosionsschutz relevanten Eigenschaften brennbarer Stoffe werden durch Sicherheitstechnische Kenngrößen charakterisiert. Sicherheitstechnische Kenngrößen sind quantitative Aussagen über Stoffeigenschaften, die für die Beurteilung von Explosionsgefahren und für die Festlegung von Schutzmaßnahmen maßgebend sind und in der Regel von der benutzten Messmethode abhängen. Sicherheitstechnische Kenngrößen sind keine physikalischen Konstanten.

Die sicherheitstechnischen Kenngrößen gelten in der Regel für atmosphärische Bedingungen, das heißt für Temperaturen zwischen - 20 °C und + 60 °C, Drücke zwischen 0,8 bar und 1,1 bar sowie Luft mit ca. 21 Vol-% Sauerstoff. Bei anderen Bedingungen kann es zu Abweichungen von den sicherheitstechnischen Kenngrößen kommen.

1. Sicherheitstechnische Kenngrößen, die das **Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre/Gemischen** bei brennbaren Flüssigkeiten und Gasen charakterisieren:

Befindet sich eine Flüssigkeit in einem geschlossenen Gefäß, bildet sich zwischen der flüssigen Phase und der Menge an Flüssigkeitsdampf, der sich im Gasraum über dem Flüssigkeitsspiegel befindet, ein Gleichgewicht aus. Die Konzentration, die als Dampf in der Gasphase vorliegt, hängt von der Temperatur ab. Trägt man den **Dampfdruck**, den Drucks des gesättigten Dampfes, gegen die herrschende Temperatur auf, erhält man die sogenannte Dampfdruckkurve.

Die niedrigste Temperatur einer Flüssigkeit, bei der sich unter bestimmtem genormten Bedingungen aus der Flüssigkeit Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass sie fähig sind, ein entflammbares Dampf/Luft-Gemisch zu bilden, nennt man den **Flammpunkt** der Flüssigkeit.

Liegt die Temperatur unter dem Flammpunkt, ist die Konzentration an Brennstoff in der Gasphase zu gering, als dass nach dem Einwirken einer Zündquelle eine Explosion auftritt. Das Dampf/Luft-Gemisch ist „zu mager“. Erreicht oder überschreitet die Temperatur den Flammpunkt liegt die Dampfkonzentration im Explosionsbereich. Wenn die Brennstoffkonzentration so hoch ist, dass keine ausreichende Menge an Sauerstoff (allgemein: an Oxidationsmittel) vorhanden ist, um die Verbrennung (allgemein: den Oxidationsprozess) aufrechtzuerhalten, ist das Gemisch „zu fett“, es kommt bei einer Entzündung zwar zum Brand, aber nicht zur Explosion.

Der Konzentrationsbereich des Brennstoffdampfes, in dem eine Explosion auftreten kann, wird als Explosionsbereich bezeichnet. Die **Explosionsgrenzen** sind die Grenzen des Explosionsbereiches. Die **untere Explosionsgrenze (UEG)** bzw. **obere Explosionsgrenze (OEG)** ist der untere bzw. obere Grenzwert der Konzentration eines brennbaren Stoffes in einem Gemisch mit Luft oder einem Oxidationsmittel, in dem sich nach dem Zünden eine von der Zündquelle unabhängige Flamme gerade nicht mehr selbständig fortpflanzen kann. Der **untere Explosionspunkt (UEP)** ist die Temperatur, bei der die Dampfkonzentration über der Flüssigkeit der unteren Explosionsgrenze entspricht, sobald sich zwischen Flüssigkeit und Dampf ein Gleichgewicht eingestellt hat. Der UEP ist eine physikalische Größe, während der Flammpunkt eine technische Größe ist, die vom Bestimmungsverfahren abhängt.

Entsprechend ist der **obere Explosionspunkt (OEP)** die Temperatur, bei der die Gleichgewichtsdampfkonzentration der oberen Explosionsgrenze entspricht.

Eine Entzündung ist möglich, wenn die Konzentration des Brennstoffes im Oxidationsmittel innerhalb der Explosionsgrenzen also oberhalb der unteren (UEG) und unterhalb der oberen Explosionsgrenze (OEG) liegt. Die Explosionsgrenzen sind stoffspezifisch und hängen auch von den Umgebungsbedingungen und vom Oxidationsmittel ab. In der folgenden Abbildung sind die Zusammenhänge zwischen den genannten sicherheitstechnischen Kenngrößen schematisch dargestellt:

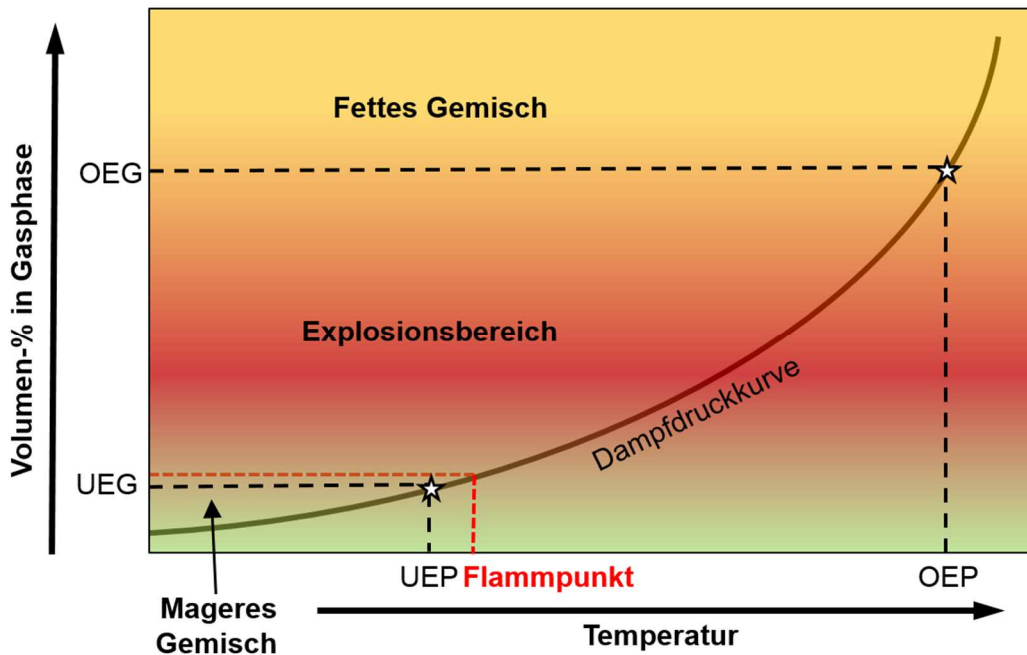


Abbildung: Zusammenhang zwischen Dampfdruck, UEP, OEP, Explosionsgrenzen und Flammpunkt bei Gasen und Dämpfen

Um das Ausbreitungsverhalten von Gasen oder Dämpfen richtig zu beurteilen, ist es wichtig, das **Dichteverhältnis zu Luft** zu kennen. Das Dichteverhältnis zu Luft ist eine Verhältniszahl. Diese Zahl gibt die Dichte eines Dampfes (oder Gases) bezogen auf die Dichte von Luft des gleichen Zustandes an. Lösemitteldämpfe sind „schwerer“ als Luft und sammeln sich daher am Boden und in Senken an, sofern nicht Thermik oder andere Luftströmungen ihre Bewegung stärker beeinflussen.

Auch, um Schutzmaßnahmen richtig auslegen zu können, müssen Sicherheitstechnische Kenngrößen bekannt sein. Dies gilt nicht nur, wenn durch Lüftungstechnische Maßnahmen die UEG sicher unterschritten werden soll, sondern z. B. auch, wenn man das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch Inertisierung verhindern will. Dann muss die **Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK)** bekannt sein.

Die Sauerstoffgrenzkonzentration ist die maximale Sauerstoffkonzentration (bezogen auf den Stoffmengenanteil) in einem Gemisch eines brennbaren Stoffes mit Luft und inertem Gas, bei der eine Explosion nicht auftritt. Sie ist auch abhängig vom Gas, das zur Inertisierung eingesetzt wird, und wird ebenfalls unter festgelegten Versuchsbedingungen bestimmt. Grenzwerte für die Inertisierung brennbarer Gase und Dämpfe finden sich in der TRBS 2152 Teil 2 / TRGS 722 [1] und z. B. in der Datenbank „Chemsafe“.

Für andere Oxidationsmittel als Luft können entsprechende Oxidationsmittelgrenzkonzentrationen bestimmt werden, Beispiele finden sich in den Forschungsberichten auf www.exinfo.de [2].

2. Sicherheitstechnische Kenngrößen, die für die Beurteilung des Auftretens und der Wirksamkeit von **Zündquellen** relevant sind:

Die **Mindestzündenergie** ist die in einem Kondensator gespeicherte niedrigste Energie, die bei einer Entladung ausreichend ist, um unter festgelegten Prüfbedingungen die Zündung der zündfähigsten explosionsfähigen Atmosphäre auszulösen. Die Kenntnis der Mindestzündenergie ermöglicht es, zu beurteilen, ob Zündquellen, deren Energie bekannt ist

oder abgeschätzt werden kann, für das vorliegende explosionsfähige Gemisch als wirksam anzusehen sind, d. h. durch Entzündung zu einer Explosion führen können. Eine Aussage zur Zündwirksamkeit heißer Oberflächen erlaubt die **Zündtemperatur**. Sie ist die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der unter festgelegten Prüfbedingungen die Entzündung eines brennbaren Gases oder Dampfes in einem Gemisch mit Luft oder Luft/Inertgas auftritt.

Brennbare Gase und Dämpfe werden nach ihrer Zündtemperatur in Temperaturklassen eingeteilt.

Temperaturklasse	Zündtemperatur (TZ) in °C
T1	> 450
T2	300 < TZ ≤ 450
T3	200 < TZ ≤ 300
T4	135 < TZ ≤ 200
T5	100 < TZ ≤ 135
T6	85 < TZ ≤ 100

Die Temperaturklassen dienen zur Auswahl geeigneter Geräte, deren Oberfläche für die vorliegende explosionsfähige Atmosphäre keine wirksame Zündquelle darstellt.

3. Auch für Maßnahmen des **konstruktiven Explosionsschutzes** werden sicherheitstechnische Kenngrößen benötigt:

Für eine explosionsfeste Auslegung von Behältern muss der **maximale Explosionsdruck** bekannt sein. Dies ist der Höchstwert des Explosionsdruckes, der bei den Prüfungen des Explosionsdruckes gemessen wird, wenn der Anteil an brennbaren Stoffen in dem Gemisch variiert wird.

Sollen z. B. Maßnahmen der Explosionsunterdrückung eingesetzt werden oder sind explosionstechnische Entkopplungsmaßnahmen erforderlich, wird die **maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit** benötigt. Diese wird meistens umgerechnet als **K_G-Wert** (für Gase bzw. Dämpfe) angegeben. Der K_G-Wert ist eine gas- bzw. dampfspezifische, volumenunabhängige Kenngröße und zahlenmäßig gleich dem Wert des maximalen zeitlichen Druckanstiegs ((dp/dt)_{max}), der in einem 1 m³-Behälter unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen gemessen wird. Die Entzündung des Brennstoff/ Luft-Gemisches erfolgt dabei durch chemische Zünder mit einer Gesamtenergie von 10 kJ.

Zusammen mit dem maximalen Explosionsdruck charakterisiert der K_G-Wert das Reaktionsverhalten der vorliegenden explosionsfähigen Atmosphäre.

Bestimmte Schutzsysteme (Flammendurchschlagssicherungen, Detonationssicherungen) zur Entkopplung einer Explosion von Dampf/Luft- oder Gas/Luft-Gemischen nutzen den Effekt, dass die Flammenfortpflanzung durch Spalte verhindert wird, wenn diese genügend schmal sind. Daher werden brennbare Flüssigkeiten und brennbare Gasen in **Explosionsgruppen** eingeteilt in Abhängigkeit von der größten Breite des Normspaltes (**Grenzsplattweite, MESG**), durch den der Brand sich gerade nicht mehr fortpflanzt.

Schutzsysteme, die auf diesem Prinzip beruhen, sind hinsichtlich ihrer Eignung für die vorliegende Explosionsgruppe und die anderen Prozessparameter auszuwählen.

Die Explosionsgruppen gelten nur für gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.

Grenzsplattweite (MESG*) * Maximum experimental safe gap	Explosionsgruppe
≥ 0,9 mm	IIA
0,5 mm < MESG < 0,9 mm	IIB
≤ 0,5 mm	IIC

Tabellenwerke bzw. Datenbanken:

1. Brandes, E. und Möller, W.: Sicherheitstechnische Kenngrößen. Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase. 2. Auflage 2008. Wirtschaftsverlag NW – Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven. ISBN: 978-3-86509-811-5
2. Molnárné, M., Schendler, Th. und Schröder, V.: Sicherheitstechnische Kenngrößen. Band 2: Explosionsbereiche von Gasgemischen. 2. Auflage 2008. Wirtschaftsverlag NW – Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven. ISBN: 978-3-86509-856-6
3. Nabert, K., Schön, G. und Redeker, T.: Sicherheitstechnische Kenngrößen brennbarer Gase und Dämpfe. 3. wesentlich erweiterte Auflage: 2004. Deutscher Eichverlag, Halstenbek. ISBN: 978-3806499469
4. Nabert, K., Schön, G. und Redeker, T.: Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe : Kenngrößen des Explosionsschutzes, zusammengestellt aus Schrifttum und eigenen Messungen. CD-ROM mit weiteren Aktualisierungen ergänzt die 3. Auflage (2006). Deutscher Eichverlag.
5. Die **GESTIS**-Stoffdatenbank [<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>] enthält Informationen für den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und anderen chemischen Stoffen am Arbeitsplatz. Sie informiert über wichtige physikalisch-chemische Daten sowie über spezielle Regelungen zu den einzelnen Stoffen, insbesondere zur Einstufung und Kennzeichnung nach GHS gemäß CLP-Verordnung. Es sind Informationen zu etwa 9400 Stoffen enthalten, der Zugriff ist ohne Anmeldung kostenfrei möglich.
6. Die Datenbank **Chemsafe** der BAM/PTB für brennbare Stoffe enthält von Fachleuten bewertete Kenngrößen und wird ständig auf dem neuesten Stand gehalten. Für etwa 3000 brennbare Flüssigkeiten, Gase und Gemische sind in der Datenbank charakteristische Daten enthalten. Eine Basisversion der Datenbank CHEMSAFE steht kostenlos unter www.chemsafe.ptb.de zur Verfügung, für diese ist eine Registrierung unter chemsafe@ptb.de erforderlich. Weiter werden eine lizenzierte Inhouse-Anwendung sowie ein kostenpflichtiger Online-Zugriff angeboten.
7. Das Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien **GisChem** [<https://www.gischem.de/index.htm>] der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) und der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) enthält neben Gefahrstoffdaten verschiedene Module, z. B. „GisChem-Interaktiv“ zur Erstellung eigener Betriebsanweisungen, „Gefahrstoffverzeichnis“ oder „Gemischrechner“ zur Einstufung von Gemischen nach der CLP-Verordnung.
8. Das Gefahrstoffinformationssystem **GisBau** [<https://www.bgbau.de/gisbau>] der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft enthält umfassende Informationen über Gefahrstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen, Muster-Betriebsanweisungen gemäß §14 der Gefahrstoffverordnung, verschiedene Handlungsanleitungen und Broschüren zur Gefahrstoffproblematik,

Zum Nach- und Weiterlesen:

- [1] TRBS 2152 Teil 2 / TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“, Ausgabe: März 2012, GMBI 2012 S. 398-410 [Nr. 22]
- [2] Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Sicherheitstechnische Kenngrößen von Gasen und Dämpfen bei nicht-atmosphärischen Bedingungen“, https://www.bgrci.de/fileadmin/BGRCI/Downloads/DL_Praevention/Explosionsschutzportal/Wissen/Kenngroessen_nichtatmosphaerisch_2014.pdf