

Was ist eigentlich eine (chemische) Explosion?

1. **Verbrennung** (chemische Reaktion eines fein verteilten Stoffes mit Sauerstoff nach Zündung)
2. **selbstständige Fortpflanzung** im Reaktionsgemisch
3. **hohe Reaktionsgeschwindigkeit**
4. **Anstieg von Druck und/oder Temperatur**

ID 064095

3

Charakterisierung von Explosionen

Verbrennungsart	Druck- erhöhung	Flammen- ausbreitungs- geschwindigkeit
Aufflammung	0 bar	< 1 m/s
Verpuffung	< 1 bar	< 10 m/s
Explosion (Deflagration)	< 10 bar	< 330 m/s Unterschallgeschwindigkeit
Detonation	> 10 bar	> 330 m/s (Stoßwelle) Überschallgeschwindigkeit

ID 064096

4

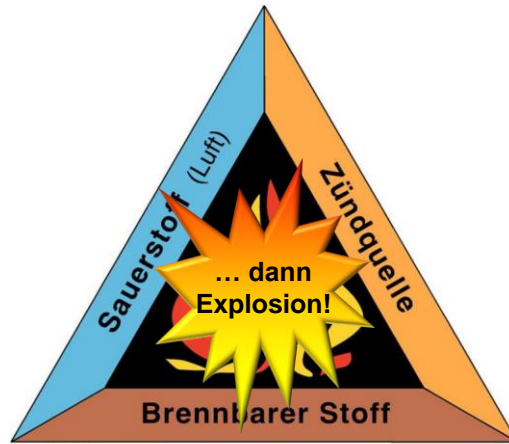
Brand- und Explosionsdreieck

Ist der brennbare Stoff feinverteilt, z. B. als:

- Gas
- Dampf
- Nebel (Aerosole)
- brennbarer Staub ...

und

befindet sich das Gemisch im Bereich zwischen unterer und oberer Explosionsgrenze ...



ID 070820

7

Eigenschaften von Sauerstoff

Der Sauerstoffanteil der Luft ist nicht wahrnehmbar:

- man sieht ihn nicht
- man riecht ihn nicht
- man schmeckt ihn nicht

Erhöhter Sauerstoffanteil in der Luft:

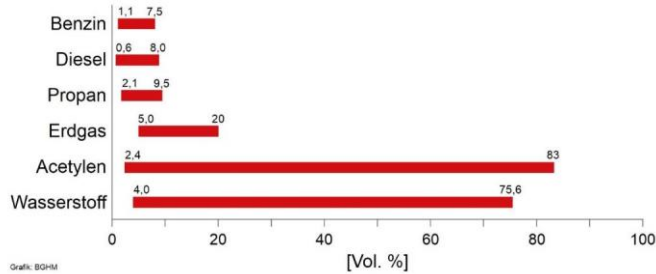
- erleichtert das Entzünden
- beschleunigt den Verbrennungsvorgang
- steigert die Verbrennungstemperatur



ID 015011

8

Explosionsgrenzen



UE = untere Explosionsgrenze:

Niedrigste Konzentration eines Dampfes, Gases, bei der eine Explosion möglich

OE = obere Explosionsgrenze:

Höchste Konzentration eines Dampfes, Gases, bei der noch eine Explosion möglich

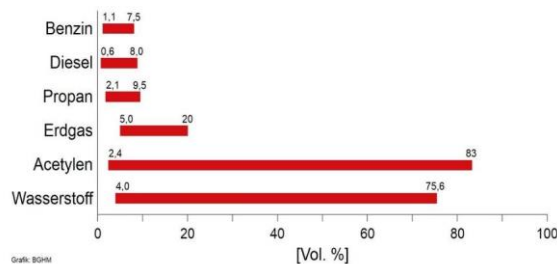
ID 015864a

10

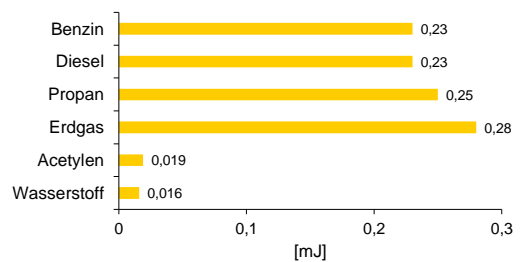
Eigenschaften von Wasserstoff

- sehr großer Zündbereich

- sehr geringe Zündenergie



Zündbereich verschiedener Kraftstoffe



Mindestzündenergie verschiedener Kraftstoffe (eigene Darstellung)
(Quelle: Lüttgens, G. et al.: Statische Elektrizität (1. Auflage, 2019), Wiley-VCH, Berlin)

ID 053202

11

Ermittlung von wirksamen Zündquellen (TRGS 723)

Welche möglichen Zündquellen kennen Sie aus Ihrem Arbeitsbereich?

Welche der ermittelten Zündquellen sind fähig, das zu erwartende gefährliche explosionsfähige Gemisch zu zünden?

Mit welcher Wahrscheinlichkeit können diese Zündquellen wirksam werden?

Mit welchen Maßnahmen lassen sich diese reduzieren?



ID 053203

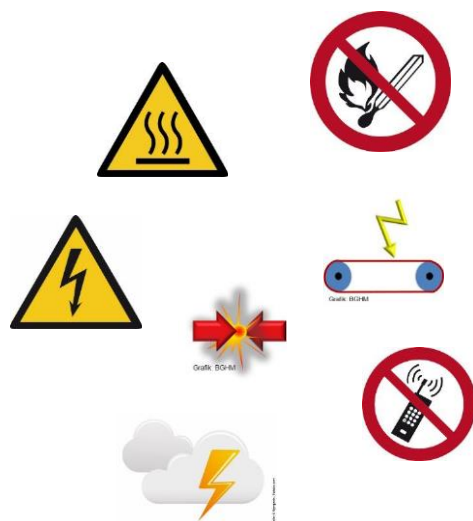
12

Zündquellen

Zündquellen werden in folgende Arten eingeteilt:

- heiße Oberflächen
- Flammen und heiße Gase
- mechanisch erzeugte Funken
- elektrische Funken
- statische Elektrizität
- Blitzschlag
- elektromagnetische Strahlung
- chemische Reaktionen
- ...

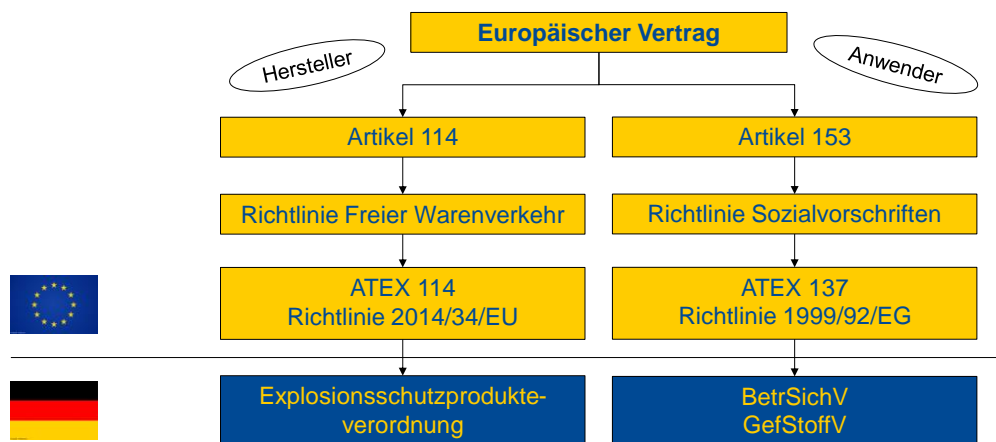
TRGS 723



ID 064081

13

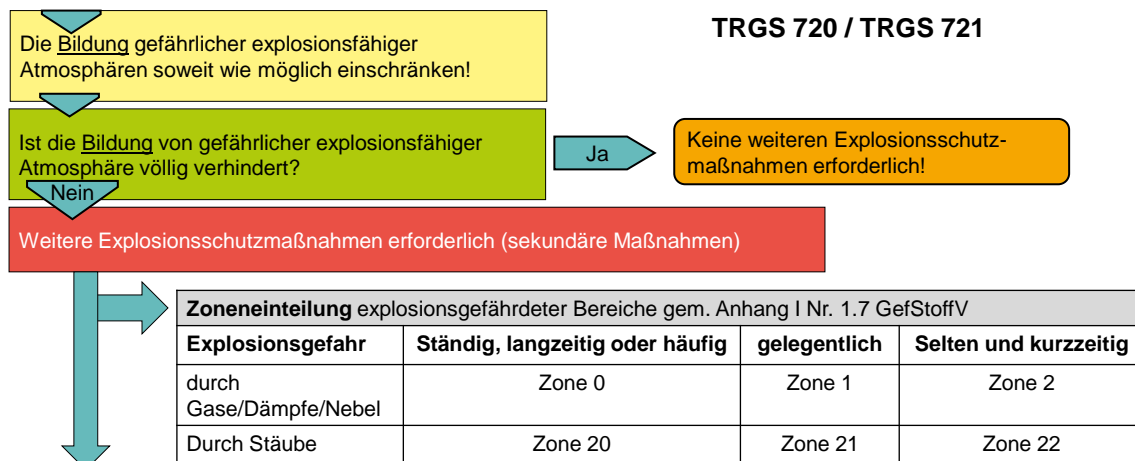
Regelwerk Ex-Schutz



ID 053205

15

Beurteilung der Explosionsgefährdung



ID 017784a

19

Zoneneinteilung: Gase, Dämpfe, Nebel

Anh. I Nr. 1.7 GefStoffV

Zone 0

ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **ständig, über lange Zeiträume** oder **häufig** vorhanden ist. Auch Zündquellen vermeiden, die selten auftreten können.

Zone 1

ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb **gelegentlich** eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann. Auch Zündquellen vermeiden, die gelegentlich auftreten können.

Zone 2

ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **normalerweise nicht** oder aber nur **kurzzeitig** auftritt. Zündquellen vermeiden, die ständig oder häufig auftreten können.

ID 036274

20

Mindestvorschriften für Geräte

Nr. 1.8 (3) Anhang I GefStoffV

Zone	Gerätekategorie*	Anforderungen an das Sicherheitsniveau
0	II 1G	Sicherheit muss auch bei selten auftretenden Betriebsstörungen gewährleistet sein
20	II 1D	
1	II 2G	Sicherheit muss bei häufig auftretenden Gerätestörungen bzw. üblicherweise zu erwartenden Fehlerzuständen gewährleistet sein
21	II 2D	
2	II 3G	Arbeitsmittel darf bei Normalbetrieb nicht als Zündquelle wirken
22	II 3D	

* gemäß ATEX Richtlinie 2014/34/EU

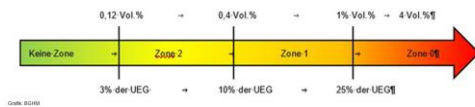
ID 036282

22

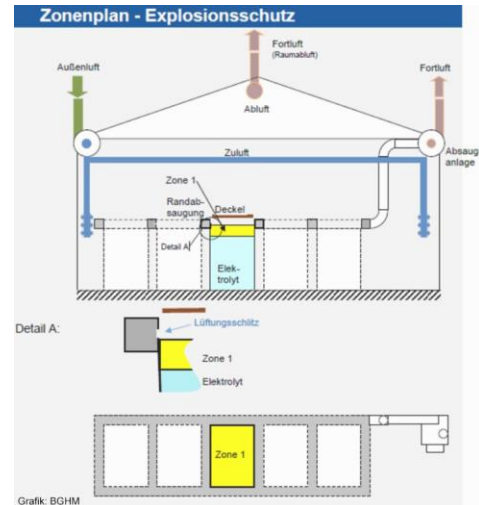
Beispiel Zonenplan - Galvanik



Zoneneinteilung anhand der Wasserstoffkonzentration



Grafik: BGHM



ID 053206

23

Explosionsschutzdokument - § 6 (9) GefStoffV

- Die Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Gemische sind besonders auszuweisen
- Präzisiert die Forderungen der §§ 5,6 ArbSchG
- Dokumentiert bestehende Gefährdungen, Risiken und spezifische Schutzmaßnahmen
- Dokumentiert betriebliches Explosionsschutzkonzept

→ Dokumentation
zum Explosionsschutz



ID 036283

25

Explosionsschutzdokument

GefStoffV § 6 (9)

- **Ziel:** Sicherstellen, dass für Arbeitsplätze mit möglicher Explosionsgefahr ein System von Schutzmaßnahmen (Schutzkonzept) zur Minimierung der Gefährdungen entwickelt wird
- in angemessenen Abständen zu überarbeiten

Anforderungen an den Inhalt:

1. Ermittlung und Bewertung der Explosionsgefährdungen
2. Darlegung eines Explosionschutzkonzeptes (Vorkehrungen)
3. ob und welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden
4. für welche Bereiche Schutzmaßnahmen getroffen wurden
5. Vorgaben zur Zusammenarbeit verschiedener Firmen
6. Prüfkonzept

DGUV Info 213-106
„Explosionsschutzdokument“

ID 053209

27

Explosionsschutzdokument - Gestaltung

- **muss schriftlich vorliegen,**
- **die äußere Form ist nicht vorgeschrieben, d. h.**
 - darf betrieblich anderswo abgelegte Bestandteile als zugehörig erklären,
 - kann Teile elektronischer Form aufweisen,
 - es darf alles hinzugefügt werden, was dem Thema dient:
 - vorhandene Einschätzungen zur Explosionsgefahr,
 - Mess- und Berechnungsergebnisse, Prüfberichte,
 - Betriebliche Regelungen, behördliche Dokumente

ID 018686

28

Prüfungen (Explosionsschutz)

**BetrSichV Anhang 2
Abschnitt 3**

Prüfvorschriften für überwachungsbedürftige Anlagen - Explosionsgefährdungen

- Arbeitsmittel und Maßnahmen in explosionsgefährdeten Bereichen
- (1) Prüfung vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen (BetrSichV § 15 → Anhang 2 Abschnitt 3 Nr. 4)
- (2) Wiederkehrende Prüfung (BetrSichV § 16 → Anhang 2 Abschnitt 3 Nr. 5)
 - Prüfung der Anlagen auf Explosionssicherheit mind. alle 6 Jahre
 - Prüfung der Maßnahmen mind. alle 3 Jahre
 - jährliche Prüfung von Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen, Inertisierungseinrichtungen

Hinweis: Aufzeichnungen und Prüfbescheinigungen sind während der gesamten Verwendungsdauer am Betriebsort der überwachungsbedürftigen Anlage aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen (§ 17 BetrSichV).

ID 053210