



# Explosionsschutz

Suva, Bereich Chemie, Physik und Ergonomie, Reto Kellerhals  
AGVS - UWI Weiterbildung, 10. und 24.11.2022, Mobile City Bern

**suva**

# Agenda

- Explosionsfähige Atmosphäre
- Flammpunkt – ab wann wird`s gefährlich
- Chemikalien-Kennzeichnung
- EX-Zonen
- Zündquellen
- Dokumentation

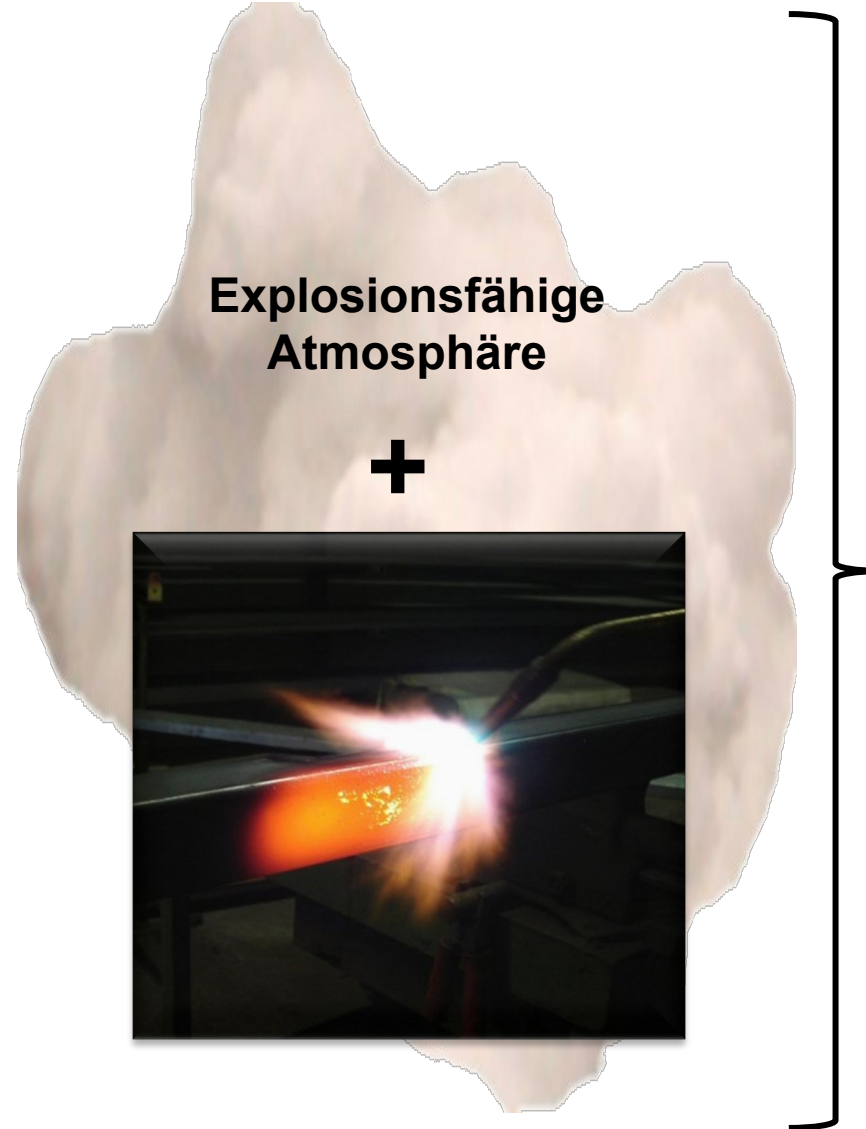
# Explosionsfähige Atmosphäre

# Voraussetzungen für eine Explosion



+

Luft





# Brennbare Stoffe



**Brennbare Gase wie: Wasserstoff, Azetylen, Erdgas/Biogas, Flüssiggas usw.**  
→ **Sofortige Verteilung in Luft**



**Brennbare Flüssigkeiten wie: Benzin, Nitroverdünner, Aceton, Heizöl usw.**  
→ **Flüssigkeit verdampft → Vermischung in Luft**  
**Wichtigste Kenngrösse: Flammpunkt (= Dampfkonzentration)**



**Aerosole (Nebel) brennbarer Flüssigkeiten, z.B. beim Spritzlackieren**  
→ **Vermischung in Luft, inhomogene Verteilung**



**Brennbare Stäube wie: Mehl, Zucker, Holzstaub, Kunststoffpulver usw.**  
→ **Teilchengrösse <0.5 mm → Vermischung in Luft, inhomogene Verteilung**  
**Wichtigste Kenngrössen: Brennzahl, Staubexplosionskenngrösse ( $K_{St}$ )**



# Anzünden brennbarer Flüssigkeiten – Benzin



# Anzünden brennbarer Flüssigkeiten – Brennsprit



# Anzünden brennbarer Flüssigkeiten – Lackbenzin





# Anzünden brennbarer Flüssigkeiten – ab wann wird es gefährlich?

## Benzin



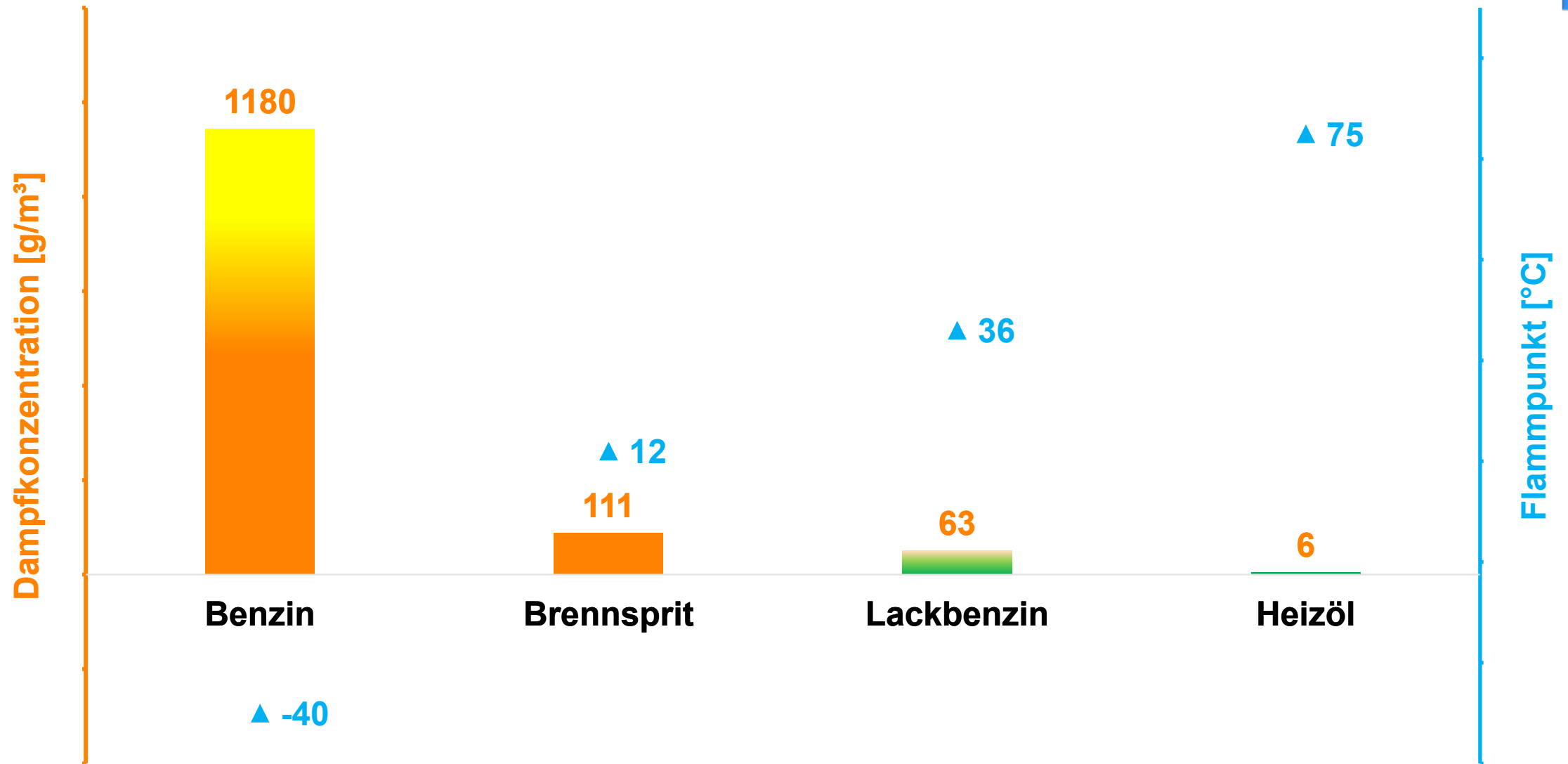
## Brennsprit



## Lackbenzin



# Dampfkonzentration (20 °C; g/m<sup>3</sup>) – Flammpunkt (°C)



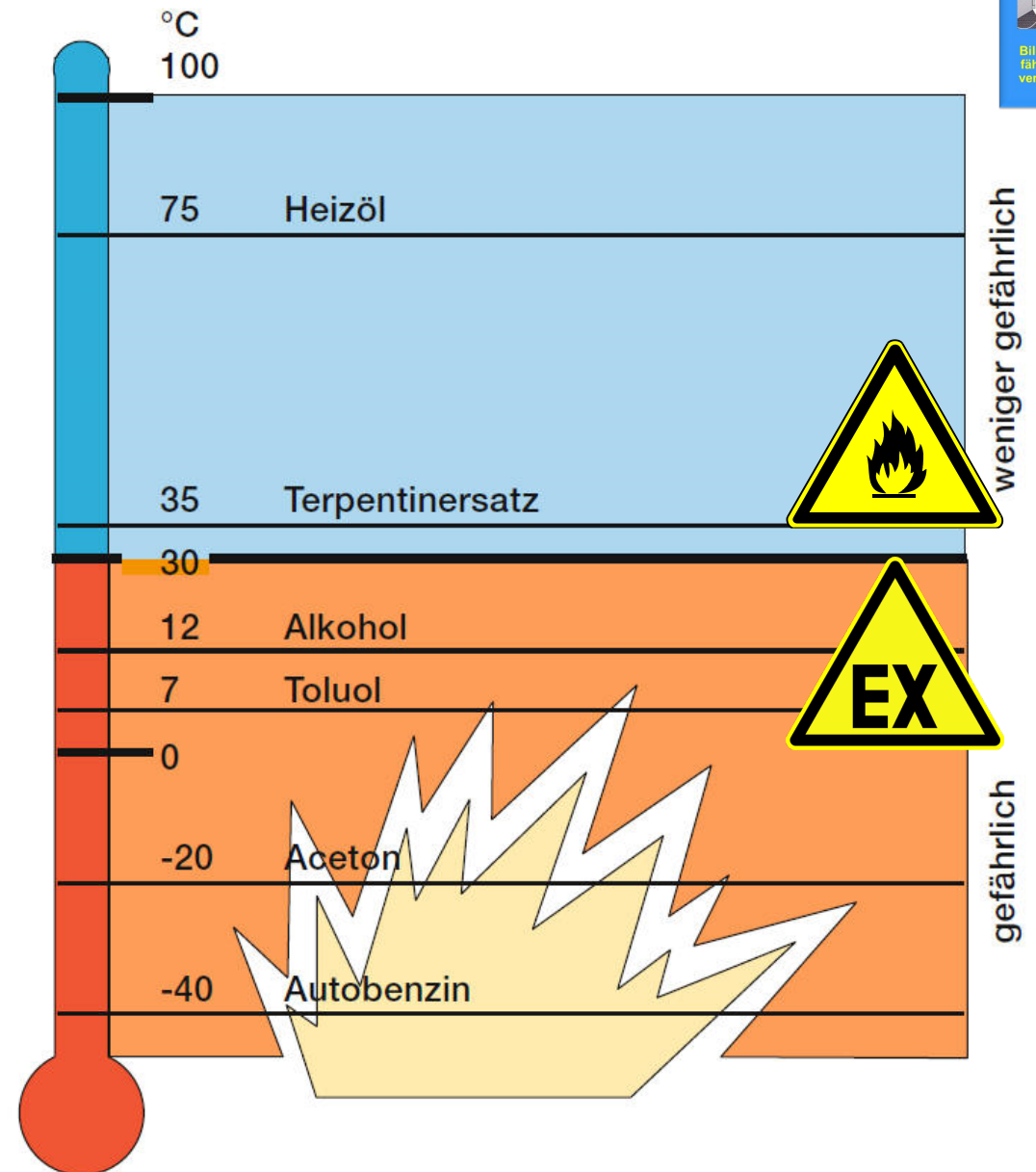
# Flammpunkt – Definition und Beispiele

## Definition:

Der Flammpunkt ist die tiefste Temperatur, bei der eine Flüssigkeit genügend Dampf entwickelt, um mit der umgebenden Luft ein Gemisch zu bilden, dass sich beim Annähern einer Flamme kurzzeitig entzündet.

- Leichtbrennbare Flüssigkeit: Flammpunkt kleiner 30 °C
  - Ex-Schutzmassnahmen notwendig
- Brennbare Flüssigkeit: Flammpunkt kleiner 60 °C
  - Ex-Schutzmassnahmen evtl. notwendig

Quelle: EKAS RL brennbare Flüssigkeiten ([www.suva.ch/1825.d](http://www.suva.ch/1825.d))



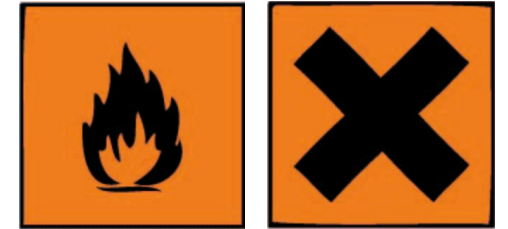
# Kennzeichnung brennbarer Flüssigkeiten (EU / GHS Kennzeichnung)



**Gefahr**

Toluol

**Flammpunkt: 7 °C**



**Gefahr**

N,N Dimethylformamid (DMF)

**Flammpunkt: 58 °C**

Signalwort → Gesundheitsgefährdung



## Wo finde ich Stoffdaten zu Flammpunkt usw.

- Sicherheitsdatenblatt des Lieferanten
- Literaturdaten:
  - Sicherheitstechnische Kenngrößen von Flüssigkeiten und Gasen ([www.suva.ch/1469.d](http://www.suva.ch/1469.d))
  - GESTIS-Stoffdatenbank (<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>)
- Internetrecherche
- Messauftrag an spezialisiertes Labor
- usw.

# Stoffdaten Sicherheitsdatenblatt – immer im Abschnitt 9



## ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

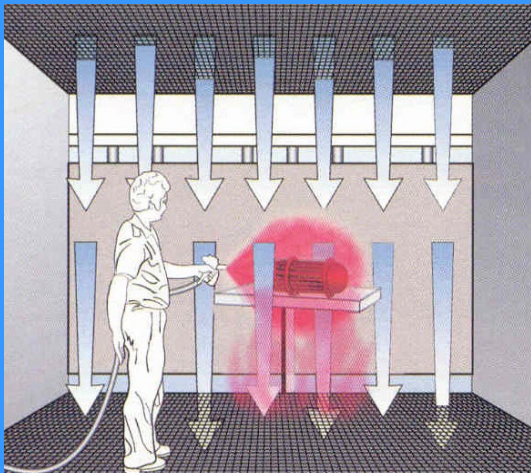
### 9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften

Aggregatzustand	flüssig
Farbe	farblos
Geruch	charakteristisch
Schmelzpunkt/Gefrierpunkt	-95 °C bei 1.013 hPa (ECHA)
Siedepunkt oder Siedebeginn und Siedebereich	110,6 °C bei 1.013 hPa (ECHA)
Entzündbarkeit	entzündbare Flüssigkeit gemäß GHS-Kriterien
Untere und obere Explosionsgrenze	39 g/m <sup>3</sup> (UEG) - 300 g/m <sup>3</sup> (OEG) / 1,1 Vol.-% (UEG) - 7,1 Vol.-% (OEG)
Flammpunkt	4,4 °C bei 1.013 hPa (ECHA)
Zündtemperatur	480 °C bei 1.013 hPa (ECHA) (Zündtemperatur (Flüssigkeiten und Gase))

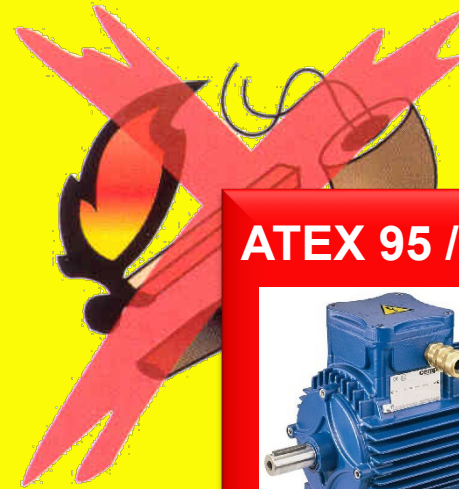


# Explosionsschutzmassnahmen – ATEX 137 / 153

## Vorbeugend



**Bildung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken**



**ATEX 95 / 114**



**Vermeiden potentieller Zündquellen**

## Konstruktiv



**ATEX 95 / 114**



**Begrenzen der Explosionsauswirkungen auf ein unbedenkliches Mass**

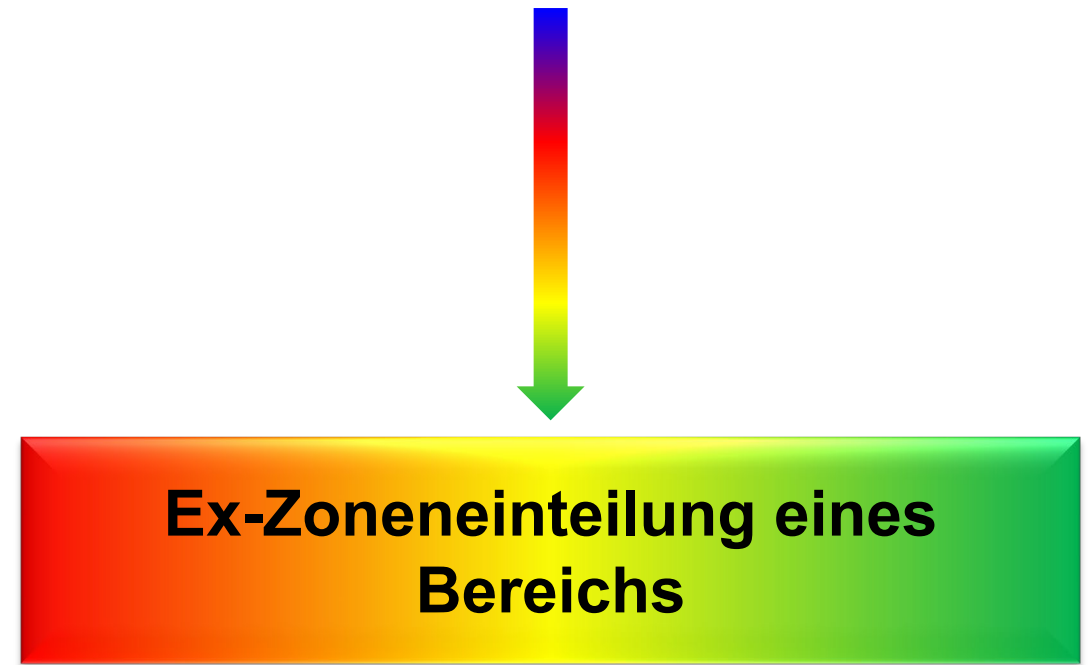
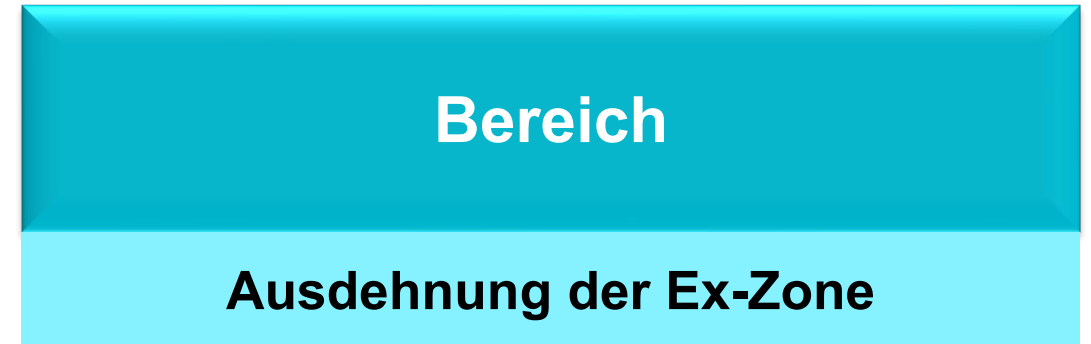
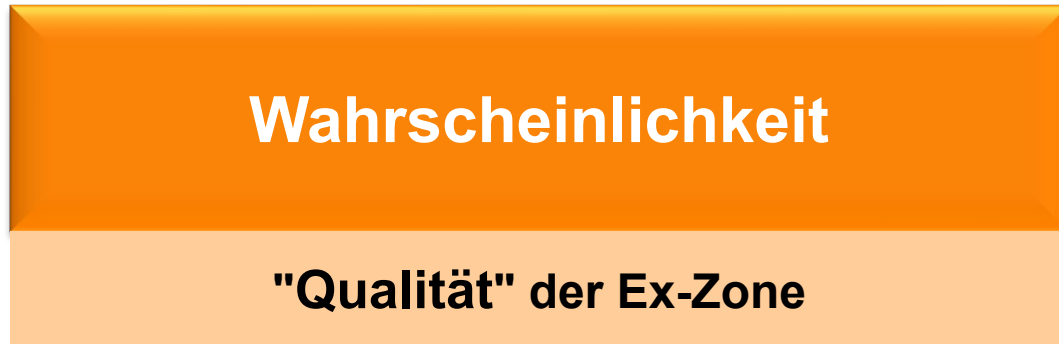
# Explosionsfähige Atmosphäre verhindern

- **Ersatz** der brennbaren Stoffe durch solche, die keine explosionsfähige Atmosphäre bilden
- **Verwendung geschlossener Systeme**, die verhindern, dass explosionsfähige Atmosphäre ausserhalb von Apparaturen auftreten kann
- **Lüftungsmassnahmen**, welche die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken
- **Konzentrationsüberwachung** der Umgebung die im Ereignisfall **automatisch** weitere **Schutzmassnahmen** auslöst

Bemerkung: Für die detaillierte Beschreibung aller Massnahmen: [www.suva.ch/2153.d](http://www.suva.ch/2153.d)  
Kapitel 2 «Massnahmen, welche die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken»

# EX-Zonen und deren Ausdehnung

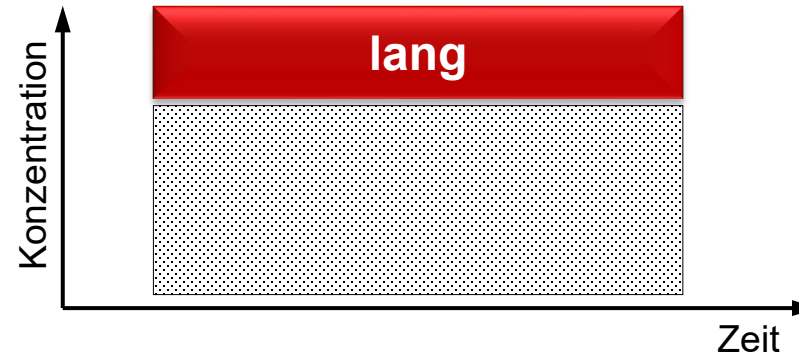
# Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre bewerten



# Ex-Zonen für Gase/Dämpfe/Nebel und Stäube

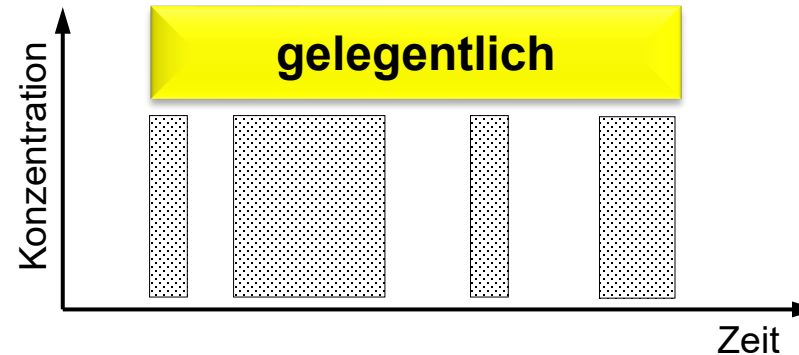


**Bereich in dem eine explosionsfähige Atmosphäre ständig, über lange Zeit oder häufig vorhanden ist**



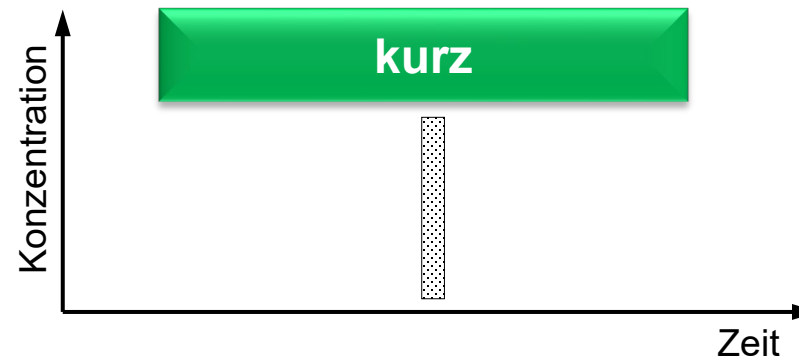
**Zone 0 – Gase, Dämpfe, Nebel**  
**Zone 20 – Stäube**

**Bereich in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann**



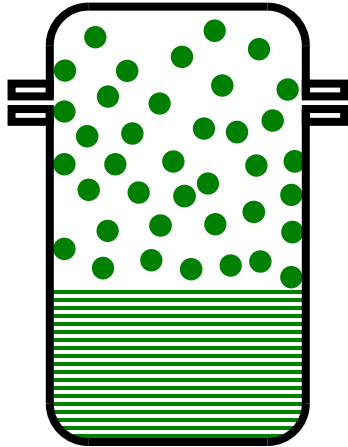
**Zone 1 – Gase, Dämpfe, Nebel**  
**Zone 21 – Stäube**

**Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.**



**Zone 2 – Gase, Dämpfe, Nebel**  
**Zone 22 – Stäube**

# Faustregeln: Im Innern von Behältern



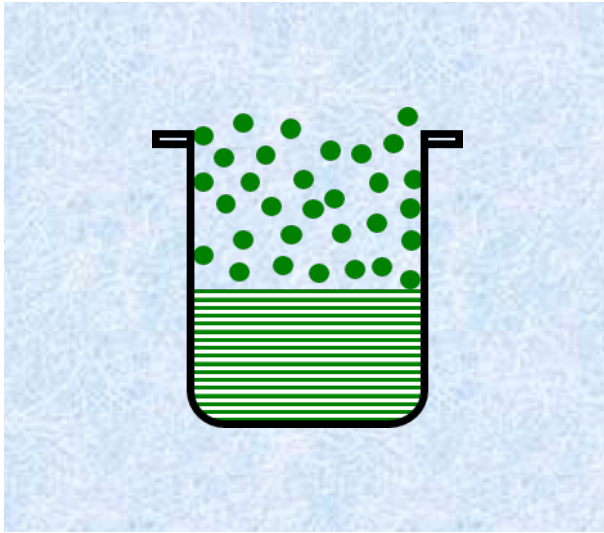
Wenn die explosionsfähige Atmosphäre **während mehrerer Stunden** vorliegen kann:

- Gase und Dämpfe  Zone 0
- Stäube  Zone 20 / 21<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sedimentation von Stäuben berücksichtigen

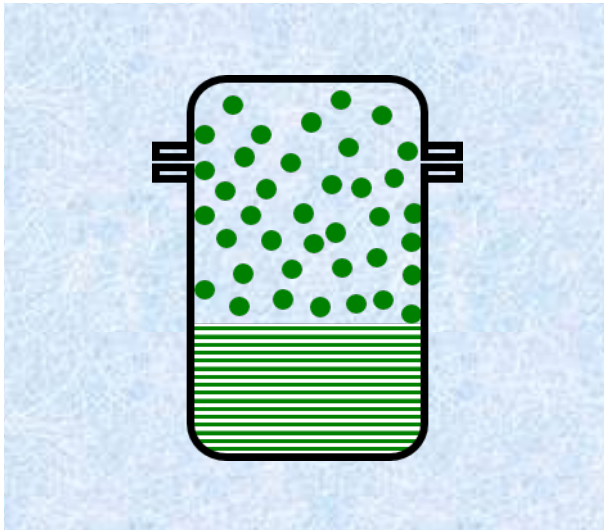


# Faustregeln: Umfeld von Behältern


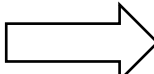


## Offenes System:

- Gase und Dämpfe  Zone 1
- Stäube  Zone 22 (21)



## Geschlossenes System

- Gase und Dämpfe  Zone 2
- Stäube  Zone NG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bei undichten System Zone 22

- NG - nicht gefährdet  
(k.g.e.A. - keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre)

# Ausdehnung der Ex-Zonen



## Bildung explosionsfähiger Atmosphäre



### Austrittsmenge / Verhalten / Tätigkeit

- **Quellstärke**
- **Oberfläche**
- **Dichte**



### Technische Massnahmen die das Ausbreiten einschränken

- **Apparative und bauliche Gegebenheiten**
- **Lüftungsverhältnisse**

# Praxis in der Schweiz – Merkblatt Explosionsschutz ([www.suva.ch/2153.d](http://www.suva.ch/2153.d))



## Definition Ex-Zone

## Praxis in der Schweiz



Harmonisiert nach internationalen Standards



suva



**Bestellnummer:**  
**2153.d**  
**[www.suva.ch/2153.d](http://www.suva.ch/2153.d)**  
**Explosionsschutz**  
Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen

### Inhalt Merkblatt:

- **Grundlagen Ex-Schutz**
  - Atmosphäre
  - Zündquellen
  - Konstruktiver Ex-Schutz
  - Dokumentation
- **Beispielsammlung zu Ex-Zoneneinteilungen**

# Merkblatt Explosionsschutz - Aufbau



## Kapitelstruktur:

1. Prinzipien Ex-Schutz
2. Bildung Ex-Atmosphäre
3. Vermeiden von Zündquellen
4. Konstruktiver Ex-Schutz
5. Forderungen 1999/92/EG
6. Organisatorische Massnahmen
7. Literatur

## Beispielsammlung

## Aufbau Beispielsammlung:

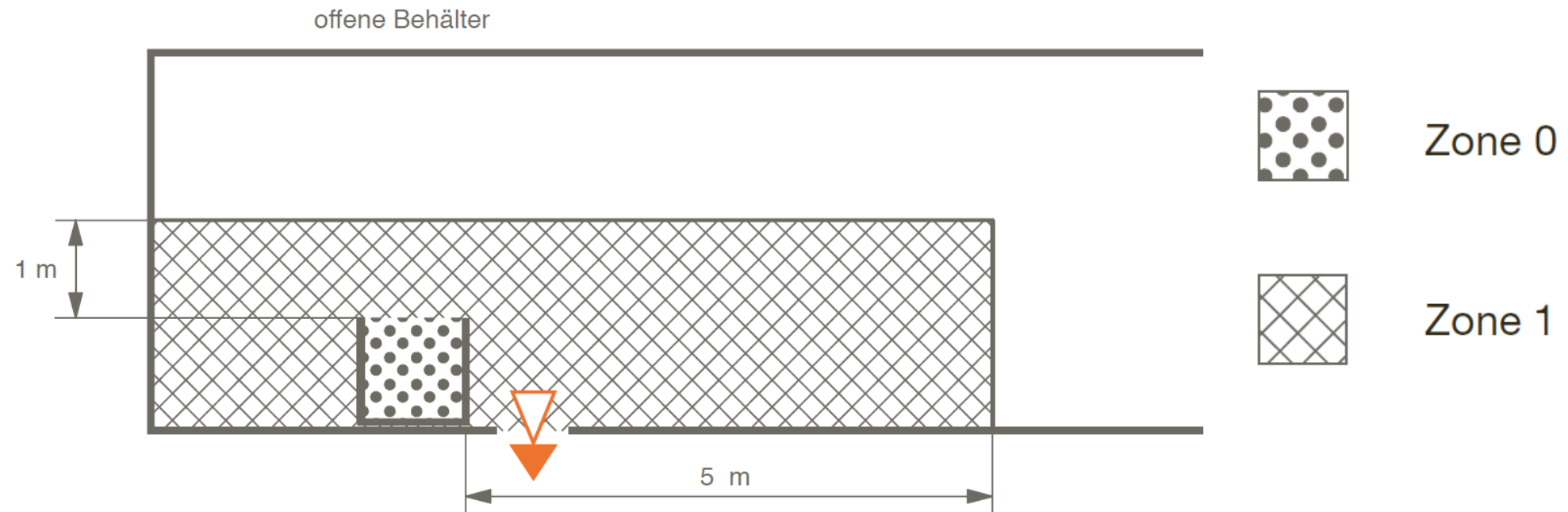
1. Lager leichtbrennbare Flüssigkeiten
2. Lager Flüssiggas (= Gase schwerer als Luft)
3. Lager Gase leichter als Luft
4. Umgang mit leichtbrennbaren Flüssigkeiten
5. Umgang mit brennbaren Gasen (= schwerer & leichter als Luft)
6. Biogasanlagen und Abwasserreinigungsanlagen
7. Chemische und pharmazeutische Industrie
8. Verwenden von Farben und Lacken
9. Arbeitsgruben
10. Brennbare Stäube

# Ex-Zoneneinteilung – Beispielsammlung Merkblatt Explosionsschutz



- Repräsentative Beispiele - kein «Rezeptbuch»
- Einheitliche Zonen - keine «Mischzonen»
- Rechteckige Geometrie - keine kugel- oder kegelförmige Zonen

## 4.1 Umfüllen (z. B. Zapfstelle, Umpumpen) Mischanlage (z. B. Rühren, Mischen)



# Weitere Beispiele Ex-Zoneneinteilung

Lagern von leichtbrennbare Flüssigkeiten in einem Raum.



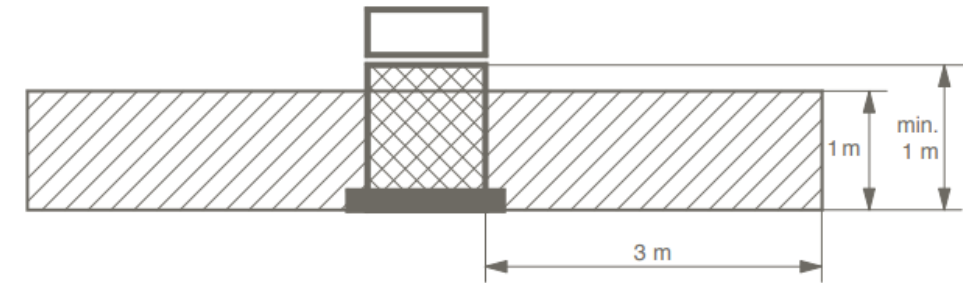
Die dargestellten Beispiele basieren auf der Annahme einer guten, freien natürlichen Lüftung oder einer ausreichenden künstlichen Lüftung.



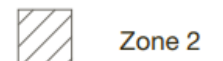
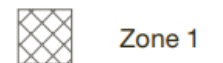
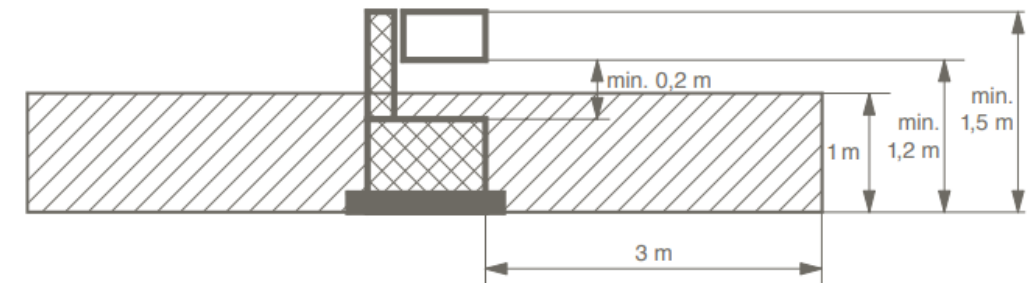
## 4.4 Tankstelle für leichtbrennbare Flüssigkeiten (mit Pendelung) mit elektronischem Rechenwerk (im Freien)

Gasdichte Platte bzw. Durchführungen zwischen dem hydraulischen und dem elektronischen Teil

### 4.4.1 Gehäuse des Rechenwerks min. IP 54



### 4.4.2 Gehäuse des Rechenwerks min. IP 33

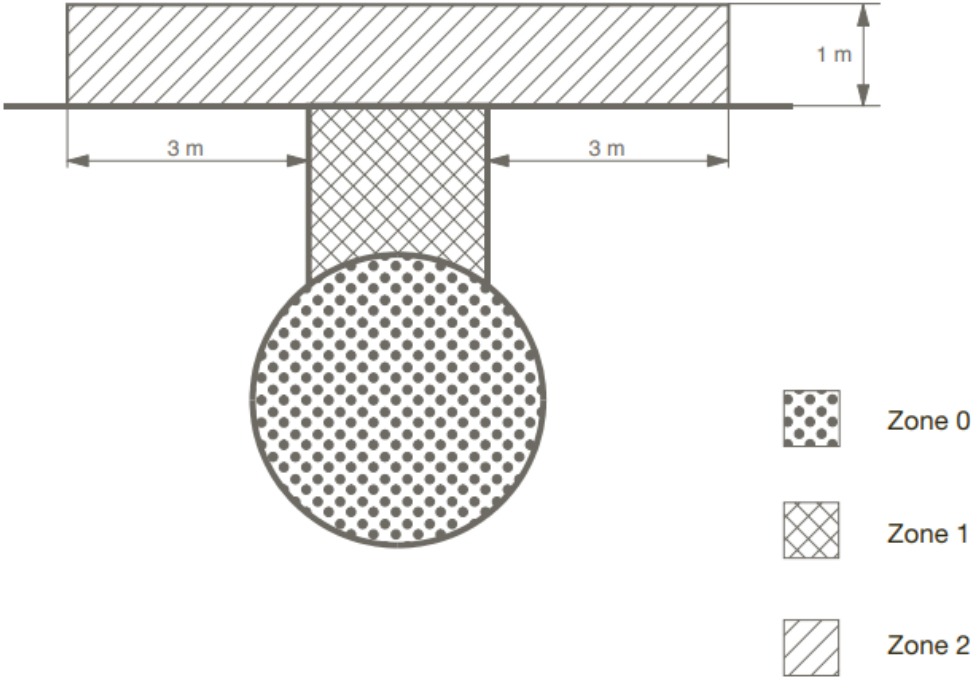




# Weitere Beispiele Ex-Zoneneinteilung

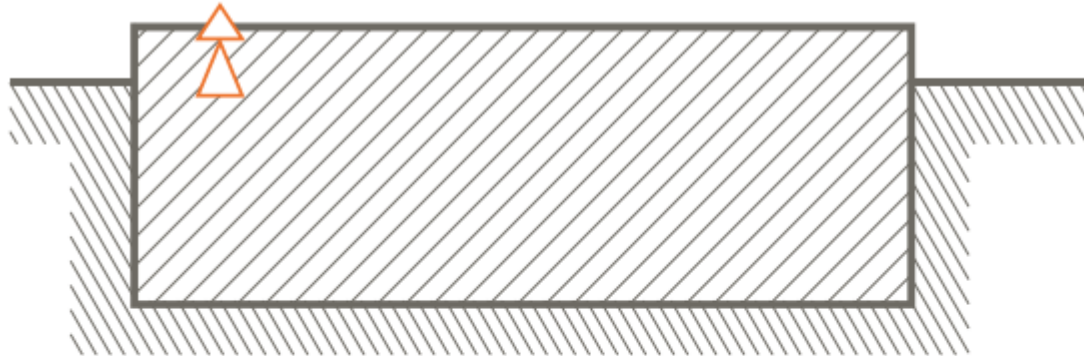
## Domschacht

1.2.2 Erdverlegte Tankanlagen für leichtbrennbare Flüssigkeiten



# Weitere Beispiele Ex-Zoneneinteilung

Regenbecken, Kanalisation keine Zone, aber Ex-Schutz bei festinstallierten Geräten (z.B Lampen)

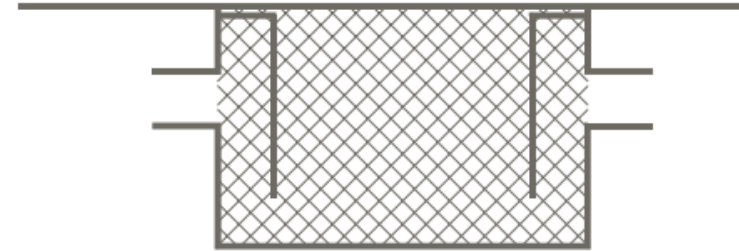


fest installierte oder mobile künstliche Lüftung für das Einsteigen

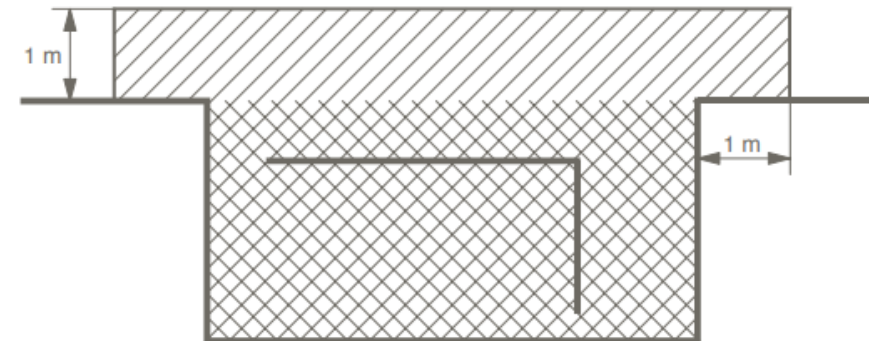


## 4.8 Abscheider für leichtbrennbare Flüssigkeiten

### 4.8.1 Geschlossener Abscheider



### 4.8.2 Offener Abscheider



# Planung der Explosionsschutzmassnahmen



**Berücksichtigen der:**

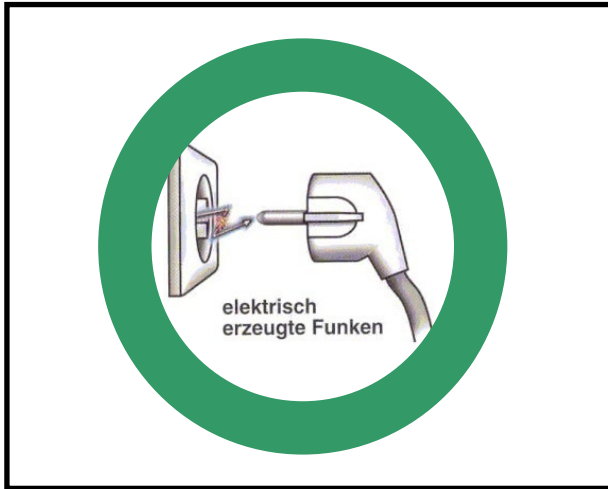
- **Normalen Betriebsbedingungen**
- **Anfahr- und Abstellvorgänge**

**Einbeziehen von:**

- **Möglichen Betriebsstörungen**
- **Menschlichem Fehlverhalten**
- **Vorhersehbarem Missbrauch**

# Zündquellen

# In Ex- Zonen – Vermeiden wirksamer Zündquellen



**Entfernen**



**Wahrscheinlichkeit des  
Wirksamwerdens verringern**

**Völlig unwirksam machen**





# Beispiele wirksamer Zündquellen



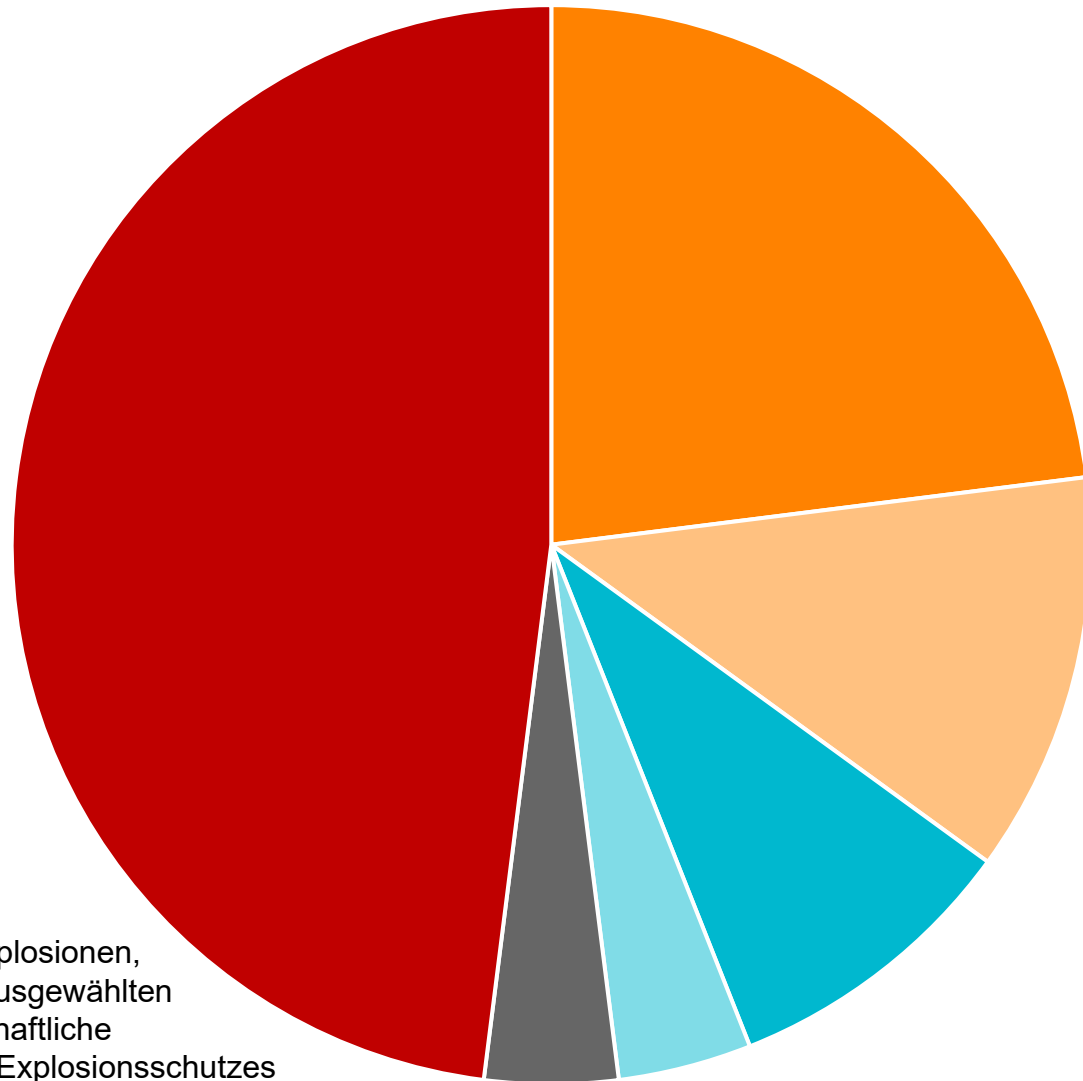
- a) heisse Oberfläche
- b) Glimmnest
- c) elektrostatischer Funke
- d) Flamme
- e) elektrischer Funke
- f) Gewitterblitz
- g) mechanisch erzeugter Funke
- h) Kein Bild: Chemische Reaktion

Bemerkung:

Die Norm SN EN 1127-1 (Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik) listet abschliessend 13 Zündquellen auf.



# Explosionsereignisse – Häufigkeit wirksame Zündquellen



- elektrische Betriebsmittel
- Statische Elektrizität
- Heisse Oberflächen
- mechanisch erzeugte Funken
- Divers
- Flammen

Quelle:  
Ursachen für Brände und Explosionen,  
Basis 10'000 Ereignisse in ausgewählten  
Industriestaaten – Wissenschaftliche  
Grundlagen des Brand- und Explosionsschutzes  
Kohlhammer



# Zugelassene Arbeitsmittel nach ATEX 95 (2014/34/EU) und IEC 60079-0



## Zone 0 / Zone 20:

Bereich in dem eine explosionsfähige Atmosphäre ständig, über lange Zeit oder häufig vorhanden ist

## Ex-Zone 0: Nur Geräte der



Kategorie 1G



Geräteschutzniveau (EPL) Ga

## Ex-Zone 20: Nur Geräte der



Kategorie 1D



Geräteschutzniveau (EPL) Da

## Zone 1 / Zone 21:

Bereich in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann

## Ex-Zone 1: Nur Geräte der



Kategorie 1G oder 2G



Geräteschutzniveau (EPL) Gb

## Ex-Zone 21: Nur Geräte der



Kategorie 1D oder 2D



Geräteschutzniveau (EPL) Db

## Zone 2 / Zone 22:

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

## Ex-Zone 2: Nur Geräte der



Kategorie 1G, 2G oder 3G



Geräteschutzniveau (EPL) Gc

## Ex-Zone 22: Nur Geräte der



Kategorie 1D, 2D oder 3D

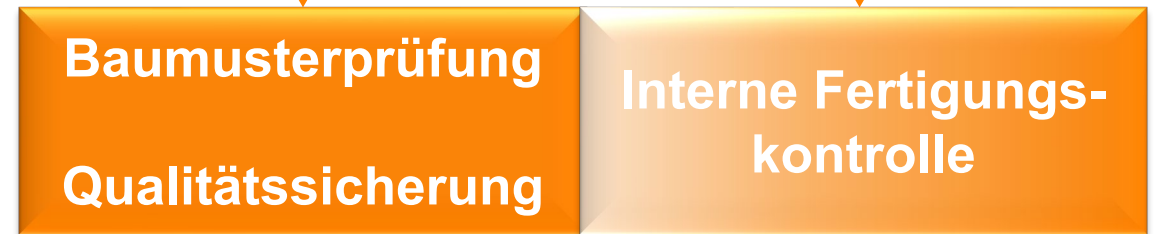


Geräteschutzniveau (EPL) Dc

# Explosionsschutzmassnahmen – rechtliche Basis Schweiz



**VUV:** Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten



**VGSEB:** Verordnung über Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen

# Massnahme Explosionsschutzdokument

Die Artikel 29 und 36 der VUV sind im Merkblatt Explosionsschutz ([www.suva.ch/2153.d](http://www.suva.ch/2153.d)) konkretisiert. Das bedeutet für die Dokumentation:

- Im Rahmen seiner Pflichten stellt der Arbeitgeber sicher, dass ein Dokument (nachstehend «Explosionsschutzdokument» genannt) **erstellt** und auf dem **letzten Stand** gehalten wird.
- Das Explosionsschutzdokument wird **vor Aufnahme** der Arbeit erstellt; es wird überarbeitet, wenn wesentliche Änderungen, Erweiterungen oder Umgestaltungen des Arbeitsumfeldes, der Arbeitsmittel oder des Arbeitsablaufes vorgenommen werden.
- Der Arbeitgeber kann bereits vorhandene Explosionsrisikoabschätzungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte miteinander kombinieren

## Massnahme für Kontrolleure

- Garagen keine Zone –Begründung: gute Durchlüftung bei Arbeiten, Zone 2 nicht durchsetzbar wegen Zündquellen.
  - Früher bei Arbeitsschluss Zone 2, ganze Garage.
- Vorsicht!! Explosionsfähige Atmosphäre neben Zündquellen jederzeit möglich.
- Zone 2 keine Massnahmen für Kontrolleure bei Schuhwerk, Kleidung, Natel, etc. Aber Achtung: bei Zone 1 (umfüllen): Ableitfähiger Boden, ableitfähige Schuhe, keine Natel, etc.



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**suva**