

Bitte wenden Sie sich in allen Fragen des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit bei der Arbeit an den Unfallverhütungsdienst der für Sie zuständigen Landesstelle:

**Wien, Niederösterreich und Burgenland:**

UVD der Landesstelle Wien  
Webergasse 4, 1203 Wien  
Telefon (01) 331 33-0 Fax 331 33 293

UVD der Außenstelle St. Pölten  
Wiener Straße 54, 3109 St. Pölten  
Telefon (02742) 25 89 50-0 Fax 25 89 50 606

UVD der Außenstelle Oberwart  
Hauptplatz 11, 7400 Oberwart  
Telefon (03352) 353 56-0 Fax 353 56 606

**Steiermark und Kärnten:**

UVD der Landesstelle Graz  
Göstinger Straße 26, 8021 Graz  
Telefon (0316) 505-0 Fax 505 2609

UVD der Außenstelle Klagenfurt  
Waidmannsdorfer Straße 35, 9021 Klagenfurt  
Telefon (0463) 58 90-0 Fax 58 90 5001

**Oberösterreich:**

UVD der Landesstelle Linz  
Blumauer Platz 1, 4021 Linz  
Telefon (0732) 69 20-0 Fax 69 20 238

**Salzburg, Tirol und Vorarlberg:**

UVD der Landesstelle Salzburg  
Dr.-Franz-Rehrl-Platz 5, 5010 Salzburg  
Telefon (0662) 21 20-0 Fax 21 20 4450

UVD der Außenstelle Innsbruck  
Meinhardstraße 5a, 6020 Innsbruck  
Telefon (0512) 520 56-0 Fax 520 56 17

UVD der Außenstelle Dornbirn  
Eisengasse 12, 6850 Dornbirn  
Telefon (05572) 269 42-0 Fax 269 42 85

[www.auva.sozvers.at](http://www.auva.sozvers.at)

[www.auva.sozvers.at](http://www.auva.sozvers.at)

# Explosionen von Gasen und Dämpfen



## Inhalt

Grundlagen	2
Wann besteht Explosionsgefahr?	7
Maßnahmen zur Verhinderung der Explosionsgefahr	9
Zoneneinteilung in explosionsgefährdeten Bereichen	15
Kennzahlen ausgewählter Stoffe	19

**Wann kommt es zu einer Explosion?**

## Grundlagen

Explosionsschutz ist zwar Aufgabe einer Fachkraft, doch sollte jeder Betriebsangehörige Grundkenntnisse auf diesem Gebiet besitzen. Eine Explosion mit gefährlicher Auswirkung ist nur dann möglich, wenn folgende Voraussetzungen gleichzeitig gegeben sind:

- Die Konzentration des Gemisches liegt innerhalb der Explosionsgrenzen;
- eine wirksame Zündquelle ist vorhanden;
- der Dispersionsgrad (Verteilungsgrad) ist hoch genug;

**Bei Gasen und Dämpfen ist ein ausreichender Dispersionsgrad praktisch immer gegeben.**

- eine gefährliche („Gefahr drohende“) Menge an explosionsfähiger Atmosphäre ist vorhanden.

Aufgabe des Explosionsschutzes ist es, eine oder mehrere der oben angeführten Voraussetzungen mit Sicherheit zu verhindern.

Zur Abschätzung der Explosionsgefahr ist die Kenntnis einiger Grundlagen und Kennzahlen erforderlich. Die wichtigsten sind:

### Brennbare Flüssigkeiten

Brennbare Flüssigkeiten sind solche, deren Dämpfe oder Nebel mit Luft (Sauerstoff) ein brennbares oder explosionsfähiges Gemisch bilden können. Brennbare Dämpfe entstehen aus Flüssigkeiten, deren Temperaturen über den Flammpunkten liegen. Beim Versprühen von Flüssigkeiten können Nebel (Aerosole) gebildet werden, wodurch ein explosionsfähiges Gemisch schon unterhalb des Flammpunktes erreichbar ist.

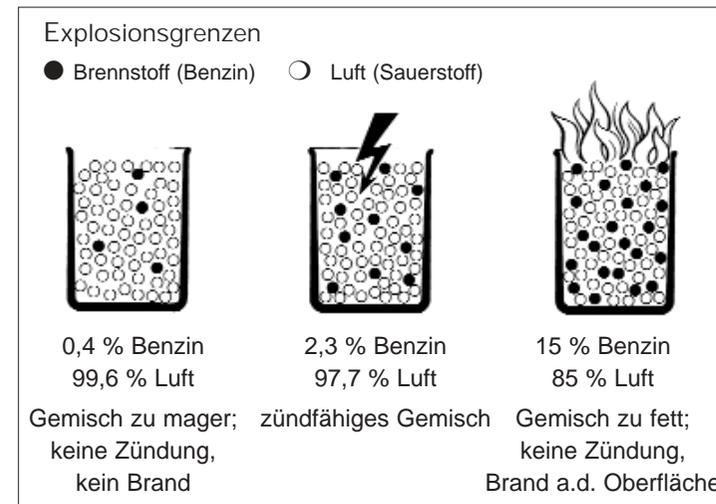
**Was sind „Brennbare Flüssigkeiten“?**

Der Flammpunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die Temperatur, ab der sich Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass eine Zündung oder Explosion möglich ist. Abhängig vom Flammpunkt werden brennbare Flüssigkeiten in folgenden Gefahrenklassen eingeteilt:

### Gefahrenklasse

A I	nicht wassermischbar,	Flammpunkt	< 21 °C
A II	nicht wassermischbar,	Flammpunkt	21 bis 55 °C
A III	nicht wassermischbar,	Flammpunkt	> 55 °C
B I	wassermischbar,	Flammpunkt	< 21 °C
B II	wassermischbar,	Flammpunkt	21 bis 55 °C

### Explosionsgrenzen



Die Mischungen brennbarer Dämpfe, Gase oder Nebel mit Luft sind nur innerhalb eines bestimmten Bereiches explosionsfähig. Unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) ist zu wenig Brennstoff vorhanden; das Gemisch wird als



Flammpunktprüfer

**Im Bereich zwischen UEG und OEG herrscht Explosionsgefahr**

### Was ist der Explosionsbereich?

„zu mager“ bezeichnet. Oberhalb der oberen Explosionsgrenze (OEG) ist zuviel Brennstoff bzw. zu wenig Sauerstoff vorhanden; das Gemisch wird als „zu fett“ bezeichnet.

Der Bereich zwischen den Explosionsgrenzen wird als Explosionsbereich bezeichnet. Die Explosionsgrenzen werden in Volumsprozent angegeben. Bei Erreichen der UEG ist der MAK-Wert bereits um ein Vielfaches überschritten.

**MAK-Wert für Toluol: 100 ppm**  
**UEG für Toluol: 12 000 ppm bzw. 1,2 Vol.-%**  
**1 Vol.-% = 10 000 ppm**

Mit steigender Temperatur vergrößert sich der Explosionsbereich. Bei Gemischen ist im Allgemeinen die niedrigste UEG einer Einzelkomponente zu beachten.

Dispersionsgrad

Für Explosionen ist eine innige Durchmischung des brennbaren Stoffes mit Luft erforderlich. Ein Maß für die Durchmischung ist der Dispersionsgrad.

**Auch wenn das Gas oder der Dampf wesentlich schwerer ist als Luft, wird nie mehr eine Entmischung stattfinden.**

Wirksame Zündquellen

Zündquellen sind dann als wirksam zu bezeichnen, wenn sie so viel Energie an das brennbare Gemisch abgeben, dass eine selbständige Fortpflanzung der Verbrennung eintritt.

Folgende Zündquellen treten am häufigsten auf:

- Heiße Oberflächen
- Flammen, Feuer, Glutherde

### Welche Zündquellen gibt es?

- Mechanisch oder elektrisch erzeugte Funken
- Elektrostatische Entladungen

Sauerstoff

Der für die Explosion entscheidende Bestandteil der Luft ist der Sauerstoff. Luft enthält rund 21 Vol.-% Sauerstoff. Es gibt zahlreiche Gase, Dämpfe und Nebel, die auch bei geringerem Sauerstoffgehalt explosionsfähig sind. Die Explosionsgefahr nimmt mit steigendem Sauerstoffanteil zu.



*Funken sind nach wie vor die häufigste Zündquelle*

Gefahr drohende Menge

Als Faustregel kann man annehmen, dass zehn Liter zusammenhängende explosionsfähige Atmosphäre Gefahr drohend sind.

**Ein Fingerhut brennbarer Flüssigkeit ergibt bereits zehn Liter explosionsfähige Atmosphäre.**

Zündtemperatur

Die Zündtemperatur ist die niedrigste Temperatur, bei der das zündwilligste Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemisch unter bestimmten Versuchsbedingungen gerade noch zur Entzündung gebracht werden kann.

Temperaturklassen

Abhängig von der Zündtemperatur werden Stoffe in folgende Temperaturklassen eingeteilt:

- |    |                |                |
|----|----------------|----------------|
| T1 | Zündtemperatur | > 450 °C       |
| T2 | Zündtemperatur | 300 bis 450 °C |
| T3 | Zündtemperatur | 200 bis 300 °C |
| T4 | Zündtemperatur | 135 bis 200 °C |

**Die Zündtemperaturen werden in Temperaturklassen eingeteilt**

- T5 Zündtemperatur 100 bis 135 °C
- T6 Zündtemperatur < 100 °C

Zonen (ÖVE EX 65)

Man unterscheidet für brennbare Gase, Dämpfe und Nebel 3 Zonen:

- Zone 0 umfasst Bereiche, in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ständig oder langfristig vorhanden ist (z. B. das Innere und der Rand von Behältern, Rohrleitungen);
- Zone 1 umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gelegentlich auftritt (z. B. Spritzkabine);
- Zone 2 umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt (z. B. Bereiche, die unmittelbar an Zone 1 angrenzen).

**Dichteverhältnis zu Luft**  
 Das Dichteverhältnis gibt an, wievielmalschwerer (Dichteverhältnis > 1) bzw. wievielmals leichter (Dichteverhältnis < 1) der Dampf bzw. das Gas im Verhältnis zu Luft ist.



Zone 1 ist durch die Signalleine markiert

## Wann besteht Explosionsgefahr?

Eine für die Sicherheit der Arbeitnehmer gefährliche Konzentration von Gasen, Dämpfen oder Nebel liegt jedenfalls dann vor, wenn die Hälfte der Konzentration der unteren Explosionsgrenze erreicht ist. Deshalb müssen die Arbeitsplätze so gestaltet sein, dass sich leicht entzündliche, entzündliche oder schwer entzündliche Arbeitsstoffe in einer derartigen Konzentration nicht ansammeln können (z. B. durch eine wirksame Absaugung).

### Beurteilung der Ex-Gefahr

Konzentration des ex-fähigen Stoffes in % der UEG	Wahrscheinlichkeit der Ex-Gefahr	Anmerkung
10 %	sehr gering	Konzentrationsunterschreitung muss sichergestellt sein
10 bis 50 %	gering, wenn bei Erreichen von 50 % entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden	Konzentrationsunterschreitung muss sichergestellt sein
50 %	hoch	Arbeiten jeder Form unzulässig

**Der Arbeitsplatzgestaltung kommt beim Ex-Schutz höchste Bedeutung zu**

**Kontinuierliche Messungen sind notwendig!**

Die Konzentrationsüberwachung auf UEG ist nur dann aussagekräftig, wenn

- sie kontinuierlich durchgeführt wird,
- die Messpunkte richtig gewählt werden und
- die Konzentrationen nicht stark schwanken.

**Sind starke Konzentrationsschwankungen zu erwarten, ist davon auszugehen, dass Explosionsgefahr vorliegt.**

Durch Lüftung, Absaugung oder Inertisierung muss sichergestellt sein, dass die Konzentration des explosionsfähigen Stoffes 50 Prozent der unteren Explosionsgrenze ständig unterschreitet.

### Maßnahmen zur Verhinderung der Explosionsgefahr

Die vordringlichste Aufgabe des Verantwortlichen eines Betriebes, in dem brennbare Stoffe (Gase, Flüssigkeiten) gelagert oder verwendet werden, ist es, die gefährdeten Bereiche von einem Fachmann in Zonen einteilen zu lassen. Der Zonenplan muss im Betrieb aufliegen. Die Zoneneinteilung ist durch theoretische Überlegungen und unter Zuhilfenahme von Fachliteratur (z. B. Beispielsammlung in den „Ex-Schutz-Richtlinien“ ZH1/10) festzulegen.

**Die Behörde hat vorzuschreiben, innerhalb welcher Bereiche wirksame Zündquellen nicht vorhanden sein dürfen, d. h., sie hat die Zoneneinteilung durchzuführen oder zu veranlassen.**

Für die Zoneneinteilung sind Messungen mit Explosimetern nicht zielführend, da sonst Störfälle simuliert werden müssten.

Die Zoneneinteilung ist die Grundlage für die richtige Auswahl der Schutzmaßnahmen.

Im Ex-Schutz stehen drei Maßnahmenkomplexe zur Verfügung:

- Primäre Maßnahmen  
Diese verhindern die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre oder schränken sie zumindest ein.
- Sekundäre Maßnahmen  
Diese versuchen, die Zündquelle zu eliminieren.
- Konstruktive Maßnahmen (tertiäre Maßnahmen)  
Diese versuchen, die Auswirkung einer Explosion auf ein

**Vorrangig:  
Der Zonenplan!**

**Es gibt drei  
Gruppen von  
Ex-Schutzmaßnahmen**

unbedenkliches Maß zu beschränken. Diese Maßnahmen werden immer dann zusätzlich gesetzt, wenn eine Explosion nicht absolut vermeidbar ist.

***Sekundäre Maßnahmen sind für sich allein als Schutzmaßnahmen nicht ausreichend.***

Primäre Schutzmaßnahmen

Diese müssen – wie schon der Name sagt – primär, d. h. vorrangig gesetzt werden. Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

Lüftungsmaßnahmen

Durch entsprechende mechanische Lüftung (die natürliche Lüftung ist meist nicht ausreichend) können die Zonen 0 und 1 wesentlich „kleiner“ gehalten werden.

- Natürliche Lüftung  
In geschlossenen Räumen ist je nach Lage des Raumes und der Dichtheit von Türen und Fenstern mit einer Luftwechselzahl von 0,5 bis 1,5 zu rechnen. Durch Zu- und Abluftöffnungen kann der Luftwechsel verdoppelt werden. Zu- und Abluftöffnungen sollten im Raum möglichst diagonal gegenüberliegend angeordnet werden.
- Technische Lüftung  
Dieser ist eindeutig der Vorzug zu geben. Es gibt zwei Arten: Die Absaugung oder die Belüftung. Welcher Lüftungsart der Vorzug zu geben ist oder ob sie zu kombinieren sind, muss von Fall zu Fall entschieden werden.

Inertisierung

Durch die Zugabe von

- gasförmigen Inertstoffen wie Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgasen, Verbrennungsgasen

***Primäre Schutzmaßnahmen sind zuerst zu setzen***

- Wasserdampf (Vorsicht vor elektrostatischen Aufladungen!)
- pulverförmigen Inertstoffen

wird die Bildung explosionsfähiger Gemische verhindert. In den meisten Fällen ist die Absenkung des Sauerstoffgehaltes auf 8 Prozent ausreichend. Durch Gaswarngeräte, Strömungswächter etc. muss die Schutzmaßnahme überwacht werden.

In den Explosionsschutzrichtlinien ZH1/10 des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften sind Inertisierungstabellen enthalten, die angeben, welche Sauerstoffkonzentration für die sichere Verhinderung der Explosionsgefahr beim Umgang mit brennbaren Stoffen erforderlich ist.

Brennbare Stoffe	Maximale Sauerstoffkonzentration in % bei Inertisierung mit	
	Stickstoff	Kohlendioxid
Butan	12,1	14,5
Ethan	11,0	13,3
Ethylen	10,0	11,7
Hexan	12,1	14,5
Kohlenmonoxid	5,4	5,4
Methan	12,1	14,6
Propan	11,8	14,2
Wasserstoff	5,0	5,0

***ACHTUNG!***

***Ist das zu schützende Medium selbst Sauerstoffträger (z. B. Peroxide), so kann die Inertisierung als Schutzmaßnahme nicht angewendet werden!***

***Inerte Stoffe verhindern die Bildung von ex-fähigen Gemischen***

**Warnanlagen müssen gewartet werden**

### Konzentrationsüberwachung

Es werden Gaswarngeräte installiert, die mit Hilfe von Schnüfflern Luftproben ziehen, diese in Messgeräten auswerten und erforderlichenfalls Schutzmaßnahmen einleiten. Man unterscheidet zwischen:

- Gaswarnanlagen mit Alarmgeber
- Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schutzmaßnahmen
- Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen.

**Die regelmäßige Eichung und Wartung der Messgeräte ist grundsätzlich Voraussetzung für einen wirksamen Ex-Schutz.**

### Verhinderung oder Einschränkung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen

Neben der Lüftung gibt es noch andere Maßnahmen, die die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken. Zu diesen Maßnahmen zählen:

- geschlossene Systeme
- Dichtheitskontrollen auch an den Entnahmestellen etc.
- Dichtheitsprüfungen vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach längeren Betriebsunterbrechungen.

### Sekundäre Schutzmaßnahmen

Wenn durch primäre Schutzmaßnahmen kein ausreichender Schutz sichergestellt ist, sind zusätzlich sekundäre Schutzmaßnahmen erforderlich.

Nach heutigem Stand der Kenntnisse gibt es zahlreiche Zündquellen:

- Offene Flammen (Feuerzeug, Zündholz) oder Glut (Zigarette)
- Heiße Oberflächen (z. B. Heizwicklungen)
- Durch elektrische Anlagen erzeugte Funken (z. B. Lichtschalter, Radio)
- Mechanisch erzeugte Funken und Reibung (z. B. durch Werkzeuge)
- Statische Elektrizität (Entladungsfunken)
- Chemische Reaktionen
- Blitzschlag
- Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase, elektromagnetische Wellen

Es ist schwer möglich, alle Zündquellen zu vermeiden. Beispielsweise können mechanisch oder elektrostatisch erzeugte Funken aus Unwissen oder durch unvorsichtige Manipulation entstehen. Deshalb ist die sekundäre Schutzmaßnahme allein nie ausreichend.

Für elektrische Betriebsmittel gibt es nach ÖVE EX 65 folgende Verwendungsvorschriften:

- In Zone 0 dürfen die üblichen ex-geschützten elektrischen Betriebsmittel nicht verwendet werden. Es sind nur ausdrücklich für Zone 0 zugelassene Betriebsmittel einzusetzen.
- In Zone 1 dürfen explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel mit dem Symbol  $\text{Ex}$  verwendet werden.
- Für Zone 2 gibt es für elektrische Betriebsmittel Ausnahmen und Erleichterungen, die in der ÖVE EX 65/1981, Pkt. 5.3 angeführt sind (z. B. Leuchten Schutzart IP 54).



*Hier fehlt die Erdung – Gefahr der statischen Aufladung*

**Sekundäre Schutzmaßnahmen = Ausschließen von Zündquellen**

### Tertiäre Maßnahmen

Es handelt sich dabei um konstruktive Maßnahmen, die zwar keine Explosion verhindern, aber sicherstellen, dass die Explosion unter Kontrolle bleibt, kein Personenschaden und möglichst geringer Sachschaden auftritt.

Die wichtigsten konstruktiven Maßnahmen sind:

- Explosionsdruckfeste Bauweise  
Die Anlage (Behälter, Rohrleitungen etc.) wird so dimensioniert, dass sie dem maximalen Explosionsdruck standhält.
- Explosionsdruckentlastung  
Bei Auftreten einer Explosion stellt diese Maßnahme sicher, dass die Druckwelle gefahrlos abgeleitet werden kann. Die Druckentlastungsöffnungen (z. B. Berstscheiben, Explosionsklappen) sind so anzuordnen, dass beim Austritt von Flammen, Stoffen oder Druckwellen keine Personen gefährdet werden können.
- Explosionsunterdrückung  
Diese Maßnahme stellt sicher, dass eine anlaufende Explosion durch Detektoren rechtzeitig erkannt und durch Löschmittel gefahrlos unterdrückt wird.
- Flammen durchschlagsichere Einrichtungen  
Mechanische Flammensperren (z. B. Schnellschlussschieber) und automatische Löschmittelsperren sorgen dafür, dass sich die Explosion nicht in gefährlicher Weise ausbreiten kann.

**Mit konstruktiven Maßnahmen lassen sich die Folgen einer Explosion in Grenzen halten**

### Zoneneinteilung in explosionsgefährdeten Bereichen

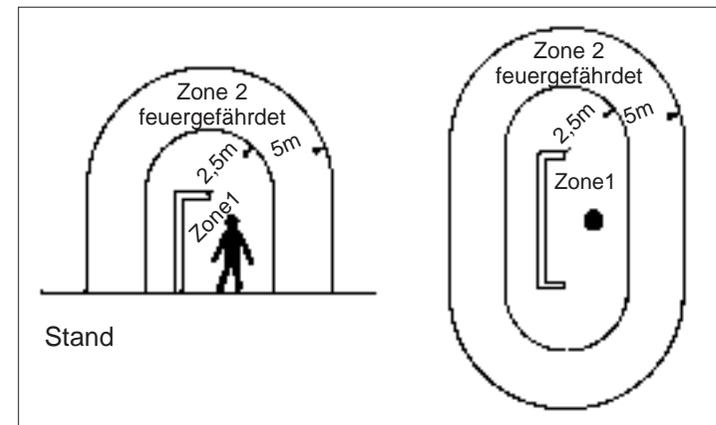
#### Lackierarbeiten

In einem Arbeitsraum mit 40 m Länge, 20 m Breite und 5 m Höhe sollen Lackierarbeiten durchgeführt werden.

Es ist anzustreben, dass für diese Spritzarbeiten ein eigener explosionsgeschützter Spritzraum geschaffen wird. Ist das aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich, muss ein Spritzstand mit Absaugung im Arbeitsraum eingerichtet werden.

Die Zoneneinteilung um den Spritzstand ist vom Flammpunkt der Lacklösungsmittel abhängig.

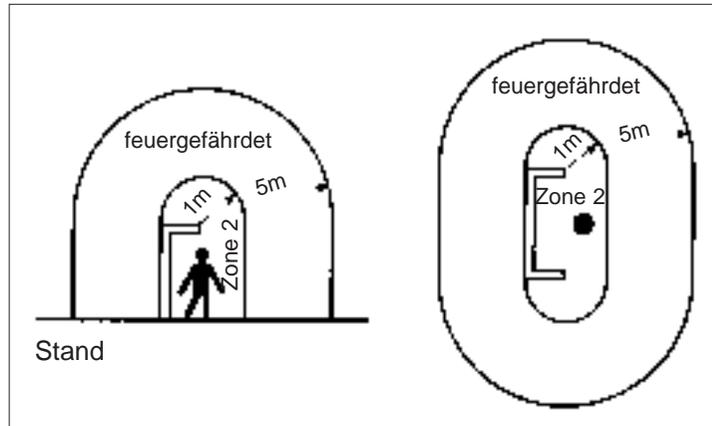
Haben die Lösungsmittel des Lackes einen Flammpunkt unter 40 °C, dann ist folgende Zoneneinteilung als Grundlage zu beachten:



**Zoneneinteilung bei Flammpunkt unter 40 °C**

## Zoneneinteilung bei Flammpunkt über 40 °C

Haben die Lösungsmittel des Lackes einen Flammpunkt über 40 °C, dann ist folgende Zoneneinteilung als Grundlage zu beachten:



Trockenräume für lackierte Teile gelten im Regelfall unabhängig vom Flammpunkt der verwendeten Lösungsmittel als Zone 2. Lacktrockenöfen bzw. -tunnel gelten in der Regel als Zone 1, fallweise als Zone 0.



Solche Spritzarbeiten sind nur kurzzeitig und mit Atemschutz durchzuführen



Auch bei kleinen Lackierarbeiten ist eine wirksame Absaugung erforderlich

## Reinigungsarbeiten

Beim Reinigen und Entfetten mit brennbaren Lösungsmitteln ist die Zoneneinteilung entsprechend folgender Tabelle zu beachten:

Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen bei Reinigungsarbeiten mit brennbaren Lösungsmitteln			Schutzmaßnahmen nach den Ex-Schutzrichtlinien ZH 1/10	
Arbeitsplatz	Bemerkungen	Flammpunkt	Lüftung	Zoneneinteilung
getrennte Arbeitsräume	durch großflächige Verdunstung Bildung von geA möglich	Fp < 40 °C oder über Fp erwärmt	Absaugung (Belüftung)	Zone 1: ganzer Raum
eigene, feste Reinigungsplätze im Arbeitsraum	durch großflächige Verdunstung Bildung von geA möglich	Fp < 40 °C oder über Fp erwärmt	Absaugung (Belüftung)	Zone 1: 5,0 m Höhe: 1,5 m
Reinigen einzelner Maschinen von Hand	kein Versprühen! Handreinigung	Fp < 40 °C oder über Fp erwärmt	Absaugung (Belüftung)	Zone 1: 1,0 m
		Fp < 40 °C oder über Fp erwärmt	keine Absaugung oder Belüftung	Zone 1: 5,0 m Höhe: 1,5 m
		Fp > 40 °C	keine Absaugung oder Belüftung	keine Zone
Tauchbecken oder Tauchbehälter	Teile frei von ablaufenden Lösungsmitteln (ausreichende Verweilzeit)	Fp < 40 °C oder über Fp erwärmt Oberfläche größer 0,25m <sup>2</sup>	Absaugung	Zone 1: 2,5 m Höhe: 1,5 m
		gFp < 40 °C oder über Fp erwärmt Oberfläche kleiner 0,25m <sup>2</sup>	keine Absaugung	Zone 1: 2,5 m Höhe: 1,5 m
		Fp > 40 °C	keine Absaugung	keine Zone

Fp Flammpunkt geA gefährliche explosionsfähige Atmosphäre

### Klebearbeiten

In einem Arbeitsraum mit 40 m Länge, 20 m Breite und 5 m Höhe sollen Klebearbeiten mit einem Klebstoff, dessen Lösungsmittel einen Flammpunkt  $< 40\text{ °C}$  haben, durchgeführt werden.



Wirksam abgesaugter Klebearbeitsplatz

Aus Gründen des Gesundheits- und Brandschutzes ist es vorteilhaft, wenn Klebearbeiten in einem eigenen Raum mit technischer Lüftung durchgeführt werden. Ist dies aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich, sind an den Klebearbeitsplätzen mechanische Absaugungen erforderlich. Für die Vorrathaltung des Klebstoffes sind möglichst Spargefäße zu verwenden.

Wegen der mechanischen Absaugung der Lösungsmitteldämpfe ist eine Zone 1 nicht erforderlich. Als Faustregel gilt für Zone 2 ein Umkreis von 1 m um den Klebearbeitsplatz.

**Die Zoneneinteilung wurde den Explosionsschutz-Richtlinien ZH 1/10 des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften der BRD entnommen. Weitere Beispiele sind in dieser Broschüre angeführt.**

Name	Dichte- verhältnis zu Luft	Siede- punkt in °C	Flamm- punkt in °C	Gefahren- klasse	Explosions- bereich in %	Zünd- temperatur in °C
<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe</b>						
Methan	0,55	- 161	Gas		4,4 – 15,0	595
Ethan	1,04	- 89	Gas		2,7 – 15,5	515
Propan	1,56	- 42	Gas		1,7 – 9,5	470
n-Butan	2,05	- 1	Gas		1,5 – 8,5	365
i-Butan	2,05	- 12	Gas		1,3 – 8,5	460
n-Pentan	2,49	36	< - 20	AI	1,4 – 7,8	285
n-Hexan	2,79	69	< - 20	AI	1,2 – 7,4	432
Hexan, Isomere	2,97	58- 63	< - 20	AI	1,0 – 7,4	260
n-Heptan	3,46	98	- 4	AI	1,1 – 6,7	215
Heptan, Isomere	3,46	79- 93	< - 4	AI	1,0 – 7,0	220
n-Octan	3,94	126	12	AI	0,8 – 6,5	210
i-Octan	3,94	99	- 12	AI	1,0 – 6,0	410
Cyclohexan	2,90	81	- 18	AI	1,2 – 8,3	260
Ethylen	0,97	- 104	Gas		2,3 – 34,0	425
Acetylen	0,90		Gas		1,5 – 82,0	305
<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>						
Benzol	2,70	80	- 11	AI	1,2 – 8,0	555
Toluol	3,18	111	6	AI	1,2 – 7,0	535
o-Xylol	3,66	144	30	All	1,0 – 7,6	465
m-Xylol	3,66	139	25	All	1,1 – 7,0	525
p-Xylol	3,66	138	25	All	1,1 – 7,0	525
Ethylbenzol	3,66	136	15	AI	1,0 – 7,8	430
Styrol	3,59	145	32	All	1,1 – 8,0	490
<b>Alkohol</b>						
Methanol	1,10	65	11	B	5,5 – 26,5	455
Ethanol	1,59	78	12	B	3,5 – 15,0	425
i-Propanol	2,07	82	12	B	2,0 – 12,0	425

Name	Dichte- verhältnis zu Luft	Siede- punkt in °C	Flamm- punkt in °C	Gefahren- klasse	Explosions- bereich in %	Zünd- temperatur in °C
i-Butanol	2,55	108	27	All	1,7 –	430
1-Methoxypropanol	3,11	120	32	All	1,7 – 11,5	270
Phenol	3,24	182	79			605
Ketone						
Aceton	2,00	56	– 19	B	2,5 – 13,0	540
Methylethylketon	2,48	80	– 1	Al	1,8 – 11,5	505
Methylisobutylketon	3,46	116	14	Al	1,2 – 8,0	475
Cyclohexanon	3,38	156	43	All	1,3 – 9,4	430
Ester						
Ethylacetat	3,04	77	– 4	Al	2,1 – 11,5	460
n-Butylacetat	4,01	127	22	All	1,2 – 7,5	370
Ethylglykolacetat	4,72	156	51	All	1,7 – 15,7	380
Chlorkohlenwasserstoffe						
Methylenchlorid	2,93	40	–	–	13,0 – 22,0	605
Trichlorethylen	4,53	87	–	–	7,9 –	410
weitere Stoffe						
Wasserstoff	0,07	– 253	Gas		4,0 – 75,6	560
Kohlenmonoxid	0,97	– 191	Gas		11,0 – 74,0	605
Schwefelkohlenstoff	2,64	46	< – 20	Al	1,0 – 60,0	102
Formaldehyd	1,03	– 19	Gas		7,0 – 73,0	300
Ammoniak	0,59	– 33	Gas		15,0 – 28,0	630
Ethylenoxid	1,52	11	Gas		3,0 – 100	440
Essigsäure	2,07	118	40		4,0 – 17,0	485
Tetrahydrofuran	2,49	64	– 17	B	1,5 – 12,0	260