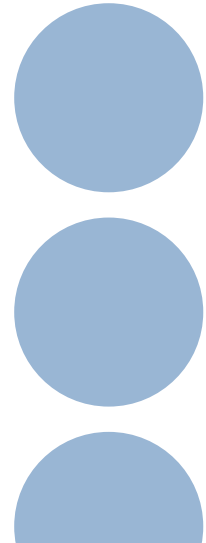


Brand- und Explosionsschutz

ID 041646



1

Brand- und Explosionsschutz

- Grundlagen, Schadensereignisse, **Experimentalvortrag** ←
- Forderungen des Gesetzgebers
- Hilfestellung für die Praxis
 - EX-Gefahren durch Stäube (Holzstaub)
 - EX-Gefahren durch Gase (Lacke, Lösemittel)

ID 041647

2

Explosion in Beschichtungsanlage

Schadensausmaß:

- 1 Toter
- 1 Schwerverletzter
- Totalschaden an der Halle

Ursache:

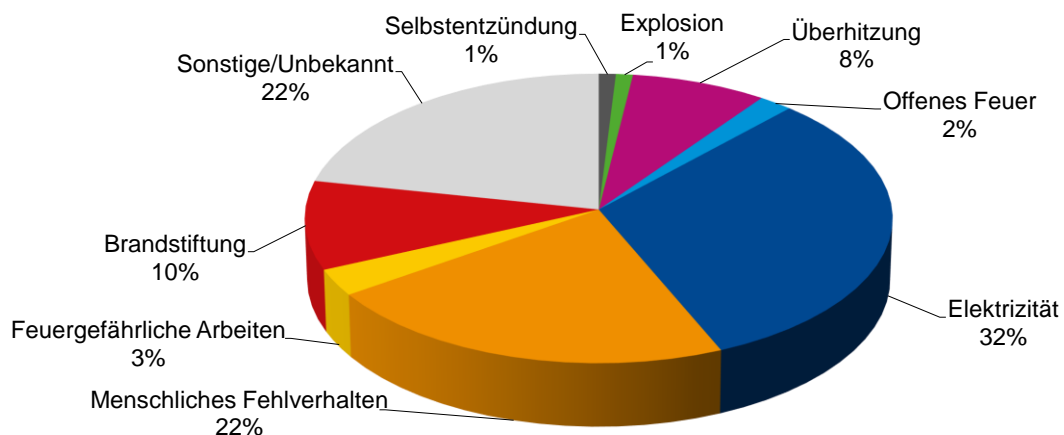
Reinigungsarbeiten mit
25 l Nitro-Verdünnung



ID 018755a

3

Brandursachen in der Bundesrepublik Deutschland



Datenquelle: IFS Institut für Schadensverhütung und Schadenforschung, Brandursachenstatistik 2023

ID 002073

4

Brand- und Explosionsschutz

- Was haben wir davon?
- Was bringt uns das?
- Was kostet das?



Foto: Dr. R. Gayde, Landesdirektion Sachsen, Abteilung Arbeitsschutz, Chemnitz

ID 050358

5

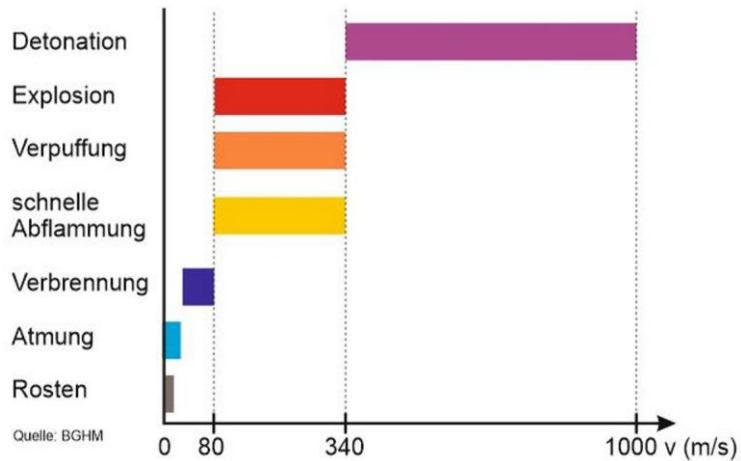
Auswirkungen von Bränden

- jährlich 800 - 1000 Brandtote in Deutschland,
→ 80 - 90 % durch Rauchvergiftung
- > 10.000 Personen mit erheblichen Verletzungen
- Sachschaden ca. 2,5 Mrd. €/Jahr
- Folgeschaden ca. 25 Mrd. €/Jahr
- 70 % der von einem Großbrand betroffenen Firmen verschwinden vom Markt, 43 % sofort, der Rest innerhalb von 3 Jahren

ID 033571

6

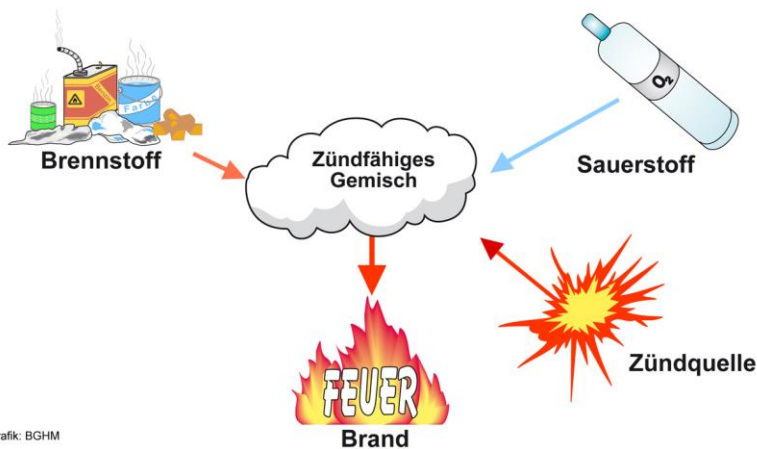
Unterschied Verbrennung/Explosion/Detonation



ID 050359

7

Voraussetzungen für Verbrennungsvorgänge



Versuche:

1. Kerze + Becherglas
2. Waschlösung + Schale

Grafik: BGHM

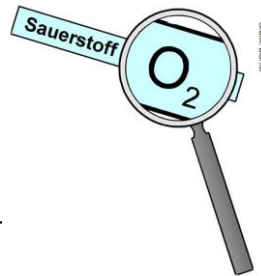
ID 050360

8

Eigenschaften von Sauerstoff

Sauerstoffanteil in der Luft (21%) ist nicht wahrnehmbar:

- Man sieht ihn nicht.
- Man riecht ihn nicht.
- Man schmeckt ihn nicht.

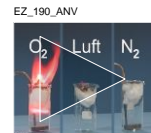


Versuche:

3. Baumwolle + Kerze
4. Schwer entflammbarer Stoff + Kerze
5. Schwer e. Stoff + Kerze + Sauerstoff
6. Zigarette + Sauerstoff

Erhöhter Sauerstoffanteil in der Luft

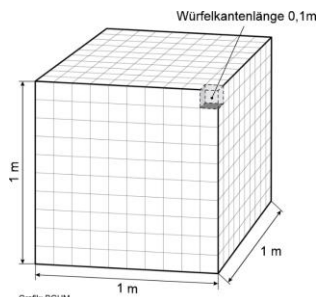
- erleichtert das Entzünden,
- beschleunigt den Verbrennungsvorgang
- steigert die Verbrennungstemperatur.



Faustregel:

Erhöhung des Sauerstoffanteils in der Luft um 1% bedeutet doppelte Verbrennungsgeschwindigkeit

Brennbarkeit und Oberflächengröße



Versuche:

7. Holz + Holzwole + Kerze
8. Stahl + Stahlwole + Kerze
9. + schwenken
10. Staub aus Lackanlage + Löffel
11. Staub aus Lackanlage + Häuschen



Feststoff, Staubexplosion EH_390_ANV



Feststoff, aufgewirbelter Staub EZ_403_ANV



Feststoff, Stahlwole glimmt/brennt EZ_401_ANV

Kantenlänge	Oberfläche	Würfelzahl (m³)	Oberfläche (m²)
1 m	6 m²	1	6 m²
0,1 m	$6 \times 10^{-2} \text{ m}^2$	10^3	60 m²
0,01 m	$6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	10^6	600 m²
0,001 m	$6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$	10^9	6.000 m²
0,0001 m	$6 \times 10^{-8} \text{ m}^2$	10^{12}	60.000 m²

Brennbarkeit und Oberflächengröße von Holz

- Brennverhalten eines Holzwürfels wird durch Vergrößerung der Gesamtoberfläche in Bezug auf die Masse positiv beeinflusst
- In Bezug auf einen massiven Holzwürfel kann die Oberfläche durch Zerspanung oder durch Schleifen vergrößert werden.
 - Holzwürfel.....brennt nur schwer
 - Späne (ca. 100-fach größer).....brennt sehr gut
 - abgelagerter Feinstaub (ca. 1000-fach größer).....Glimmbrand/offener Brand
 - aufgewirbelter Feinstaub (ca. 10.000-fach größer).....Verpuffung/Explosion
- Auch schwer brennbare Stoffe wie Aluminium sind als Feinstaub explosionsfähig

ID 041593

11

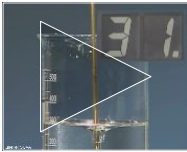
Begriffsbestimmungen zum Brennstoff

1. Flammpunkt
2. Zündtemperatur / Glimmtemperatur
3. Dichte von Gasen / Dämpfen
4. Explosions- bzw. Zündgrenzen
5. Mindestzündenergie

ID 050365

12

Der Flammpunkt



- ✓ $FP < 0^{\circ}C$ hochentzündlich
- ✓ $0 < FP < 21^{\circ}C$ leichtentzündlich
- ✓ $21 < FP < 55^{\circ}C$ entzündlich

Der Flammpunkt ist **die niedrigste Temperatur**, bei der sich aus einer Flüssigkeit Dämpfe entwickeln, so dass sie mit der über der Flüssigkeit stehenden Luft ein durch Fremdzündung entflammbares Gemisch bilden.

Hat eine Flüssigkeit eine Temperatur die niedriger als der Flammpunkt ist, lässt sie sich nicht entzünden.

Versuche:

- 12. Diesel / Waschlösung/ Schale + Streichholz
- 13. Diesel zerstäuben
- 14. In Diesel getränkter Lappen + Streichholz (Oberflächenvergrößerung)

ID 015002b

13

Flammpunkte brennbarer Flüssigkeiten

Stoff	Flammpunkt (ca. °C)
Petroläther	-41
Normalbenzin	-20
Äther	-16
Benzol	-11
Methylalkohol	+11
Spiritus	+16
Testbenzin	+35
Petroleum	+40
Dieselöl	+55 – +70
Stearin	+196
Schmieröl	+220

ID 002705a

14

Zündtemperatur / Glimmtemperatur

Die **Zündtemperatur** eines Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der eine Entzündung im Gemisch mit Luft eintritt.

Stoffbeispiele:

Methan	595 °C
Xylol	465 °C
Acetylen	305 °C
Benzin	200 - 300 °C
Heizöl	220 °C
Diethyläther	170 °C
Schwefelkohlenstoff	95°C

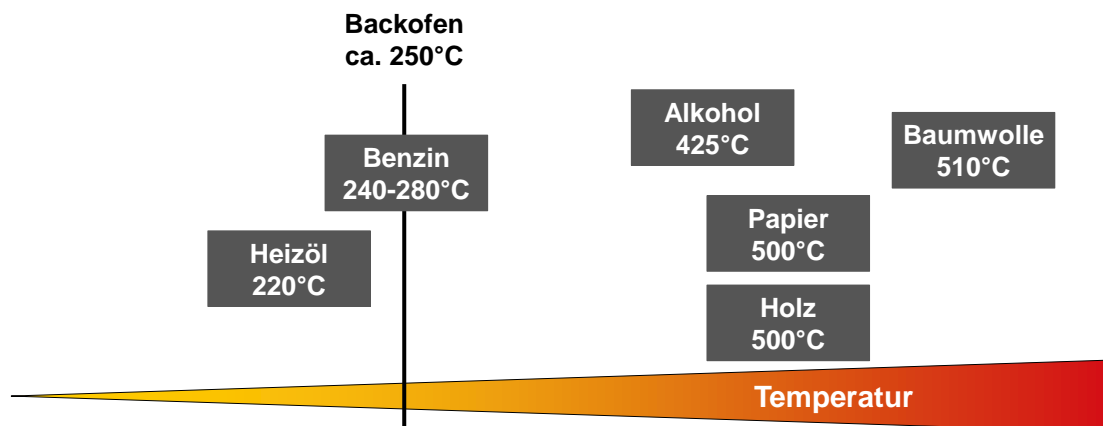
Die **Glimmtemperatur**:

Niedrigste Temperatur einer Oberfläche auf der eine Staubschicht von 5 mm Dicke entzündet wird (beschreibt Zündverhalten).

ID 050368

15

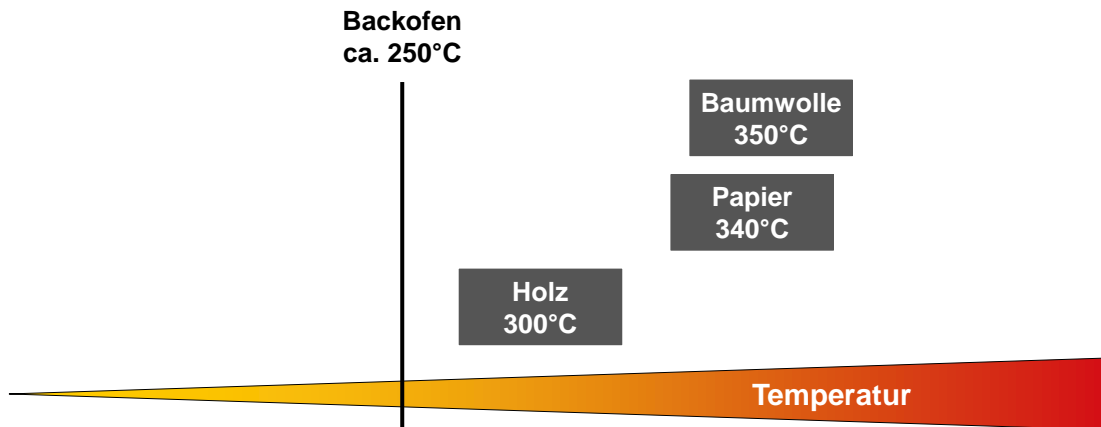
Zündtemperatur [°C]



ID 013128

16

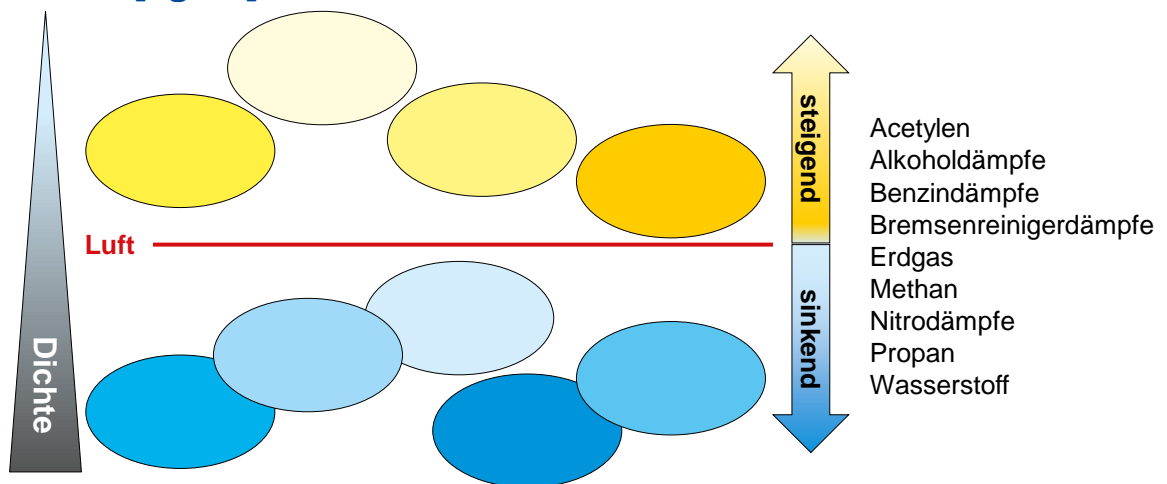
Glimmtemperatur [°C]



ID 013127

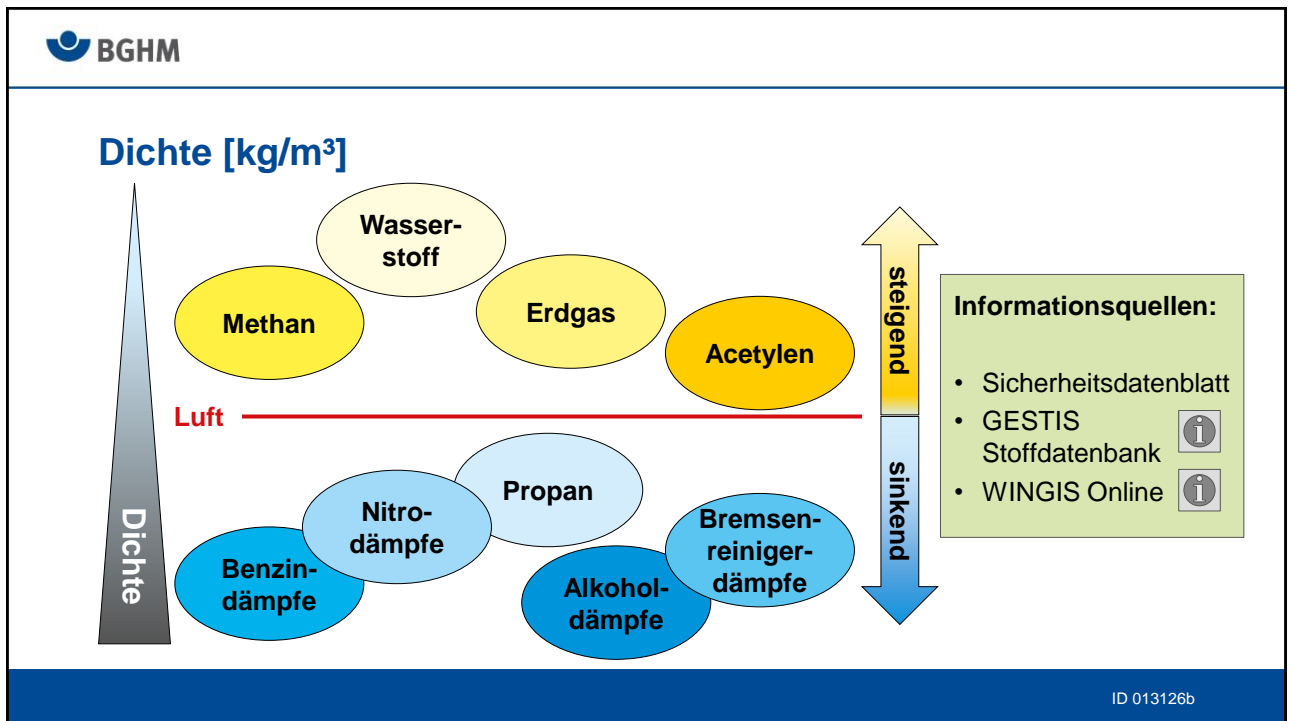
17

Dichte [kg/m³] - Bitte ordnen Sie zu!



ID 013126a

18



19

BGHM

Dichte brennbarer Gase/Dämpfe, schwerer/leichter als Luft

brennbare Gase schwerer als Luft
EZ_650_ANV

Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten schwerer als Luft
EH_690_ANV

Gas-Luft-Gemisch breitet sich horizontal aus
EH_670_ANV

Erdgas leichter als Luft, steigt in höheres Stockwerk
EZ_691_ANV

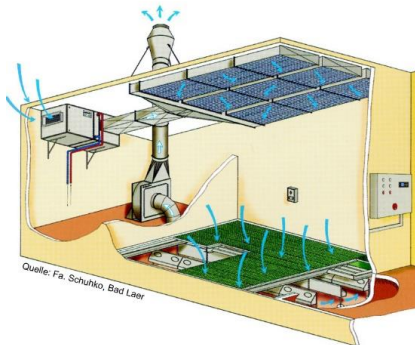
Versuche:

15. Rutsche Propan + Kerze
16. Rutsche Lappen mit Waschlösung + Kerze
17. Zwei Häuschen + Kerze
18. Zwei Gläser nur Dämpfe umfüllen

H ID 012327a

20

Dichte und Lüftungsmaßnahmen



Dichteverhältnis Stoff / Luft gibt Hinweise für die günstige Gestaltung von Absaugeinrichtungen

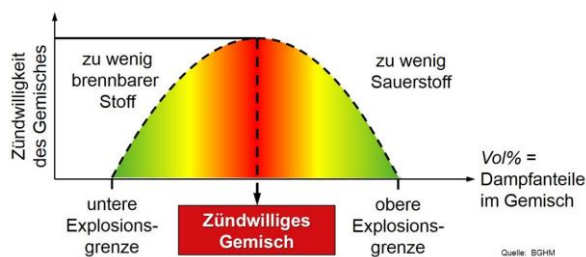
> 1	z. B. Lösemittel
< 1	z. B. Schweißrauche

- brennbare Gase meist leichter als Luft
- Flüssiggase schwerer
- Lösemitteldämpfe schwerer

ID 041598

21

Explosionsgrenzen



UEG = untere Explosionsgrenze:
Niedrigste Konzentration eines Stoffes mit dem Sauerstoff der Luft, bei der eine Explosion möglich ist

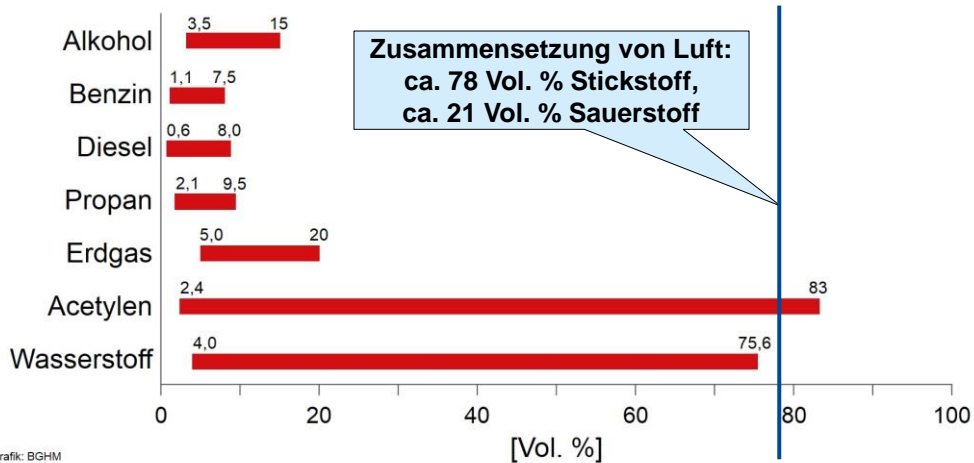
OEG = obere Explosionsgrenze:
Höchste Konzentration eines Stoffes mit dem Sauerstoff der Luft, bei der eine Explosion möglich ist

Versuche:
19. 3 Flaschen + Tropfen

ID 012150a

22

Explosionsgrenzen [Vol. %]



ID 013129

23

Mindestzündenergie

Kleinste gespeicherte Energie, die bei der Entladung ausreicht, das zündwillige Gemisch zu entzünden.

- Stäube typisch > 1 mJ
Gase/Dämpfe (ethanol, Propan) > 0,025 mJ
Gase/Dämpfe (Acetylen, Wasserstoff) < 0,025 mJ

Einige Zündquellen	
Büschelentladungen	≤ 1 mJ
Einzelne Schleif- und Schlagfunken	≤ 1 mJ
Schleiffunkengarben (Trennschleifer)	≤ 100 mJ
Schlagfunkengarben (Mühlen)	≤ 1000 mJ
Schweißfunken	≤ 10 J

Einige Mindestzündenergien*	
Wasserstoff	0,011 mJ
Acetylen	0,017 mJ
Methanol	0,140 mJ
Ethylacetat	1,420 mJ
Aluminium	50,000 mJ
Kakao	100,000 mJ
Weizenmehl	>100,000 mJ

Versuch:
20. Zündrohr Tropfen
21. Batterie / Stahlwolle

ID 050371

24

Bedeutende Zündquellen mit ausreichender Zündenergie nach EN 1227-1

- heiße Oberflächen
- Flammen und heiße Gase
- mechanisch erzeugte Funken
- elektrische Anlagen
- elektrische Ausgleichsströme
- statische Entladung
- Blitzschlag
- elektromagnetische Strahlung
- chemische Reaktion
- ...



EZ_570_ANV



EH_530_ANV



EZ_590_ANV

Beispiele für brennbare Flüssigkeiten



vermischte brennbare Flüssigkeiten
EH_490_ANV



Alkoholbrand
(wasserlöslich)
EH_110_ANV



Fassexplosion durch Anhaftungen
EH_520_ANV



Benzinbrand
(wasserunlöslich)
EH_120_ANV



Wie entsteht statische Elektrizität?

Elektrostatische Aufladung entsteht bei der mechanischen Trennung von Stoffen, auf denen sich dabei Ladungen ansammeln, z. B. beim

- Abheben, Reiben, Zerkleinern, Ausschütten von festen Stoffen,
- beim Strömen, Ausschütten und Versprühen von Ihren lösemittelhaltigen Flüssigkeiten (Vorsicht Ausbreitung der Dämpfe)
- beim Strömen von Gasen und Dämpfen, die geringe Mengen von fein verteilten Flüssigkeiten oder fein verteilten Feststoffen enthalten.

Versuche:

- 22. Stab + Watte
- 23. Stab + Röhrchen
- 24. Stab + Kugel
- 25. Stab + Voltmeter
- 26. Platte + Voltmeter
- 27. Platte + Zündrohr

ID 008803

27



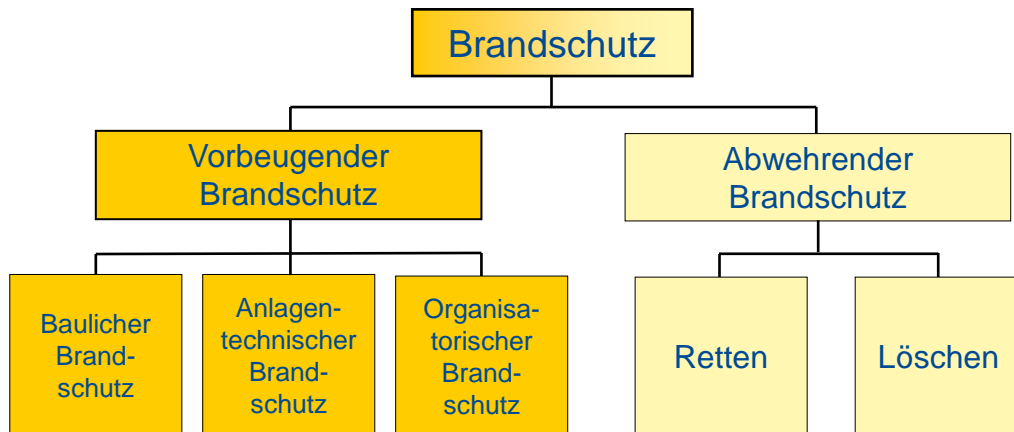
Statische Elektrizität - Maßnahmen

- Leitfähige Gegenstände sind zu erden (**Potentialausgleich**).
- Der Ableitwiderstand des Bodens ist ausreichend niedrig zu halten (kleiner 10^8 Ohm), **dies ist nur bei sauberem Boden der Fall**.
- Durch Verwenden von Schuhen, die elektrostatische Aufladung ausreichend ableiten, z. B. Sicherheitsschuhe mit antistatischen Sohlen.
- Durch Tragen geeigneter Kleidung und anderer Körperschutzmittel (Kleidung aus Kunstfasern vermeiden).
- Das Ausziehen von Kleidungsstücken in Bereichen der Zone 0 und 1 verbieten.
- Geeignete Handschuhe verwenden (Durchgangswiderstand $< 10^8 \Omega$).
- Hohe Luftfeuchtigkeit verhindert elektrostatische Aufladung.
- Auch Ionisierung der Luft kann die Aufladung von Personen verhindern.

ID 008805

28

Sachliche Gliederung zum Brandschutz



ID 033538

29

Rechtliches und wichtige Regelwerke



- Landes-Bauordnungen
- Arbeitsstättenverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Gefahrstoffverordnung
- Technische Regeln
- DGUV Vorschrift 1
„Grundsätze der Prävention“
- Vorgaben von Brandversicherern

ID 012702

30

Vorbeugender Brandschutz - mögliche Maßnahmen

- **Spezielle Gefährdungsbeurteilung** (sofern „gefährliche explosionsfähige Atmosphäre“ auftreten kann)
- **Brandlast** feststellen („erhöhte Brandgefährdung“ in Kfz-Werkstätten gem. ASR A2.2)
- **Kennzeichnung** der feuergefährlichen Bereiche
- **Rauchverbote** kennzeichnen
- **Feuerlöscheinrichtungen** bereitstellen
- **Brandschutzhelfer** durch Unterweisung und Übung mit Feuerlöscheinrichtungen und Brandschutzorganisation vertraut machen



ID 002706

31

Vorbeugender Brandschutz - mögliche Maßnahmen

- **Brandschutzordnung** und Alarmplan aufstellen
- **Erlaubnisschein** bei Feuer- und Schweißarbeiten ausstellen
- Sicherheitsmaßnahmen beim Arbeiten mit **offenem Feuer** beachten
- Vorschriften zur **Lagerung** brennbarer Flüssigkeiten und Gase beachten (TRGS)
- **Prüfung** der Feuerlöscheinrichtungen dokumentieren
- **Unterweisung** der Mitarbeiter
- **Beratung** und **Brandschau** durch Fachpersonal (Feuerwehr, Baubehörde, Versicherungen usw.)

ID 002706c

32

Erlaubnisschein für Tätigkeiten mit Brand-/Explosionsgefahr

Erlaubnis für Arbeiten mit Zündgefahr

1. Arbeitsort: Name:	Die genehmigte Ausführung von der Arbeitsstelle: Ort (Raum) von ... n, Höhe von ... n, Teil von ... n		
2. Arbeitszeit: von ... Uhr bis ... Uhr	Name:		
3. Arbeitsauftrag: Name:	Name:		
4. Beauftragter: Name:	Name:		
5. Beauftragter: Name:	Name:		
6. Beauftragter: Name:	Name:		
7. Beauftragter: Name:	Name:		
8. Beauftragter: Name:	Name:		
9. Beauftragter: Name:	Name:		
10. Beauftragter: Name:	Name:		
11. Beauftragter: Name:	Name:		
12. Beauftragter: Name:	Name:		
13. Beauftragter: Name:	Name:		
14. Beauftragter: Name:	Name:		
15. Beauftragter: Name:	Name:		
16. Beauftragter: Name:	Name:		
17. Beauftragter: Name:	Name:		
18. Beauftragter: Name:	Name:		
19. Beauftragter: Name:	Name:		
20. Beauftragter: Name:	Name:		
21. Beauftragter: Name:	Name:		
22. Beauftragter: Name:	Name:		
23. Beauftragter: Name:	Name:		
24. Beauftragter: Name:	Name:		
25. Beauftragter: Name:	Name:		
26. Beauftragter: Name:	Name:		
27. Beauftragter: Name:	Name:		
28. Beauftragter: Name:	Name:		
29. Beauftragter: Name:	Name:		
30. Beauftragter: Name:	Name:		
31. Beauftragter: Name:	Name:		
32. Beauftragter: Name:	Name:		
33. Beauftragter: Name:	Name:		
34. Beauftragter: Name:	Name:		
35. Beauftragter: Name:	Name:		
36. Beauftragter: Name:	Name:		
37. Beauftragter: Name:	Name:		
38. Beauftragter: Name:	Name:		
39. Beauftragter: Name:	Name:		
40. Beauftragter: Name:	Name:		
41. Beauftragter: Name:	Name:		
42. Beauftragter: Name:	Name:		
43. Beauftragter: Name:	Name:		
44. Beauftragter: Name:	Name:		
45. Beauftragter: Name:	Name:		
46. Beauftragter: Name:	Name:		
47. Beauftragter: Name:	Name:		
48. Beauftragter: Name:	Name:		
49. Beauftragter: Name:	Name:		
50. Beauftragter: Name:	Name:		
51. Beauftragter: Name:	Name:		
52. Beauftragter: Name:	Name:		
53. Beauftragter: Name:	Name:		
54. Beauftragter: Name:	Name:		
55. Beauftragter: Name:	Name:		
56. Beauftragter: Name:	Name:		
57. Beauftragter: Name:	Name:		
58. Beauftragter: Name:	Name:		
59. Beauftragter: Name:	Name:		
60. Beauftragter: Name:	Name:		
61. Beauftragter: Name:	Name:		
62. Beauftragter: Name:	Name:		
63. Beauftragter: Name:	Name:		
64. Beauftragter: Name:	Name:		
65. Beauftragter: Name:	Name:		
66. Beauftragter: Name:	Name:		
67. Beauftragter: Name:	Name:		
68. Beauftragter: Name:	Name:		
69. Beauftragter: Name:	Name:		
70. Beauftragter: Name:	Name:		
71. Beauftragter: Name:	Name:		
72. Beauftragter: Name:	Name:		
73. Beauftragter: Name:	Name:		
74. Beauftragter: Name:	Name:		
75. Beauftragter: Name:	Name:		
76. Beauftragter: Name:	Name:		
77. Beauftragter: Name:	Name:		
78. Beauftragter: Name:	Name:		
79. Beauftragter: Name:	Name:		
80. Beauftragter: Name:	Name:		
81. Beauftragter: Name:	Name:		
82. Beauftragter: Name:	Name:		
83. Beauftragter: Name:	Name:		
84. Beauftragter: Name:	Name:		
85. Beauftragter: Name:	Name:		
86. Beauftragter: Name:	Name:		
87. Beauftragter: Name:	Name:		
88. Beauftragter: Name:	Name:		
89. Beauftragter: Name:	Name:		
90. Beauftragter: Name:	Name:		
91. Beauftragter: Name:	Name:		
92. Beauftragter: Name:	Name:		
93. Beauftragter: Name:	Name:		
94. Beauftragter: Name:	Name:		
95. Beauftragter: Name:	Name:		
96. Beauftragter: Name:	Name:		
97. Beauftragter: Name:	Name:		
98. Beauftragter: Name:	Name:		
99. Beauftragter: Name:	Name:		
100. Beauftragter: Name:	Name:		

Verschiedene Muster

- www.bghm.de
(Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz > Praxishilfen > Formulare)
- DGUV Information 209-046

ID 002488

33

Organisatorischer Brandschutz

Bereitstellung geeigneter Mittel zur Brandbekämpfung



ÜBEN!



ID 012708

34

Löschmittel und Brandklasse

Tab. 13 Tabelle mit Löschmittel und geeigneten Brandklassen

Arten von Feuerlöschern	A	B	C	D	F
	z. B. Holz, Papier, Kunststoffe, Kohle, Textilien, Autoreifen, Stroh	z. B. Lacke, Farben, Alkohole, Benzine, Wäse, Teer, viele Kunststoffe	z. B. Methan, Acetylen, Erdgas, Propan, Wasserstoff	z. B. Aluminium, Natrium, Kalium, Magnesium	z. B. Speisefette und Speisefette
Pulverlöscher mit ABC-Löschpulver	•	•	•	–	–
Pulverlöscher mit BC-Pulver	–	•	•	–	–
Pulverlöscher mit Metallbrandpulver	–	–	–	•	–
Kohlendioxidlöscher	–	•	–	–	–
Wasserlöscher (auch mit Zusätzen, z. B. Netzmittel, Feinhalbzmittel oder haltungsgünstigenden Mitteln)	•	–	–	–	–
Wassernebellöscher	•	–	–	–	•
Schaumlöscher	•	•	–	–	–
Fettbrandlöscher	•	•	–	–	•

• = geeignet • = bedingt geeignet, soweit für diese Brandklasse zugelassen – = nicht geeignet (•) = Mögliche Brandklassen-Kombination mit der Brandklasse F nach geprüfter Eignung und Zulassung. Quelle: DGUV

Und wie löscht man Personen?

Versuch:

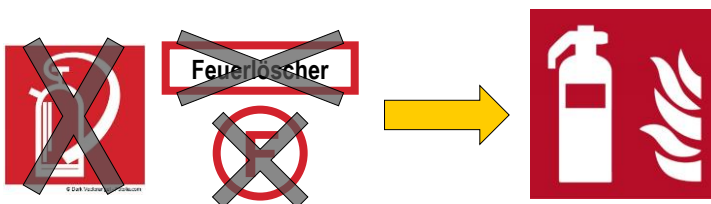
28. Waschlösung mit Wasser auffüllen

ID 015008

35

Anbringen der Feuerlöscher

- Anbringung in Griffhöhe
- leicht zugänglich
- Anbringungsort gut sichtbar kennzeichnen
- alte Schilder gegen neue austauschen



→ Prüfung durch einen Sachkundigen

→ alle 2 Jahre



Foto: BGHM

ID 012719a

36

Aufbewahrung brennbarer Flüssigkeiten

An Arbeitsplätzen darf nur die für den Fortgang der Arbeit benötigte Stoffmenge bereitgestellt werden, durch die die Arbeitnehmer nicht gefährdet werden.



Versuch:

29. 3 Gläser eins leer, eins mit Wasser, eins mit Waschlösung

ID 000168a

37

Kennzeichnung der Zugänge zu Ex-Bereichen



ID 006390

38



Organisatorischer Brandschutz

Verhalten im Brandfall



Quelle: www.bgi-online.de

Verhalten im Brandfall

Ruhe bewahren

1. Brand melden

Telefon: 89 oder 91-112

Wer meldet?
Was ist passiert?
Wie viele sind betroffen/verletzt?
Wo ist es passiert?
Warten auf Rückfragen!
Brandmelder betätigen

2. In Sicherheit bringen

Gefährdete Personen mitnehmen
Türen schließen
Gekennzeichneten Rettungswegen folgen
Aufzug nicht benutzen
Anweisungen befolgen

bei Feueralarm
(schlisses Klingelgeräusch und Sirenenbr)

Sammelplatz vor dem Haupteingang

3. Löschversuch unternehmen

Feuerlöscher bzw. Wandhydrant benutzen

Quelle: BGHM (nach ASR 1.3)

ÜBEN!

