

## Brandschutzforum Austria

Vorlesung

Löschmittel können auch die Umwelt gefährden!

### Löschmittel und Umweltschutz

© Univ.-Lektor Dr. Otto Widetschek, KFU Graz

⇒1

## Löschmittel historisch

► **Mittelalter: Wassereimer, einfache Spritzen**



Löscheimer aus Leder



Krücken-spritze



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒2

## Löschmittel historisch

- Mittelalter: Wassereimer, einfache Spritzen
- **um 1900: Schaum und Pulver (Petrochemie)**
- **Tetra-Löscher, CO<sub>2</sub>-Löscher (Elektrobrände)**




© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒3

## Löschschaum



Schwerschaum (VZ bis 20)



Mittelschaum (VZ 20 bis 200)

Filmbildende Schäume (oberflächenaktiv), Light Water

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒4

## Druckluftschäum

**CAFS = Compressed Air Foam System**



Betrieb



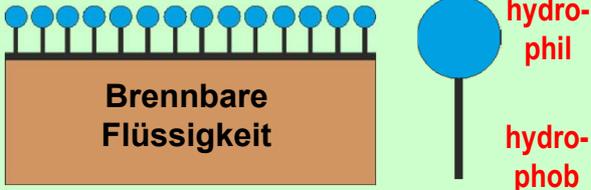
Feuerwehr  
Schwerschaum (VZ 7)

Hersteller: Fa. Rosenbauer, Linz owid

⇒5

## Fluor-Tensid-Moleküle

Light-Water- Moleküle



hydrophil

hydrophob

Brennbare Flüssigkeit

► filmbildende Substanz (**AFFF = Aqueous Film Forming Foam**)

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒6

## Verwendung

- ▶ Textil- und Papierindustrie
- ▶ Schmier- und Imprägniermittel
- ▶ Luftfahrt
- ▶ Photoindustrie
- ▶ Feuerlöschtechnik (Löschschaum)  
PFOS (Hauptanteil)



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒7

## Was ist PFOS?

**PFOS (Perfluorooctansulfonsäure =  $C_8HF_{17}O_3S$ )**

- ▶ Umweltpersistent (langlebige Substanz)
- ▶ Bioakkumulierbar (für Säugetiere toxisch und kanzerogen)

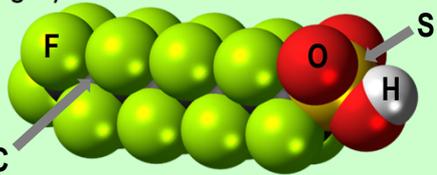


Bild: Wikipedia © by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒8

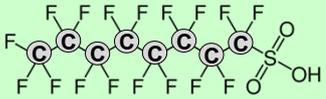
## Was sind PFAS?

**PFAS (Ewigkeitchemikalie)**  
Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen  
OECD: mind. 4.730 PFAS mit mehr als 3 C-Atomen



Alkygruppe = Alkan, dem ein Wasserstoff fehlt  
z. B.: Einfachstes Alkan (Methan =  $CH_4$ )  
minus H → R -  $CH_3$  (Methyl)  
Einfachstes Fluoralkan: F -  $CH_3$  (Fluormethan)

**PFOS**  
PFAS mit 8 C-Atomen  
Perchlorooctansulfonsäure



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒9

## Chemische Industrie

Einer der größten Hersteller für AFFF-Löschschäume (Fluortenside)



**2000:** Hohe Konzentration von PFOS im Blut der Beschäftigten gefunden

- ▶ Produktion wurde eingestellt

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒10

## Was sind POPs?

Schaummittel mit fluorierten Tensiden (PFT) gehören in die Gruppe der **persistenten organischen Schadstoffe** (Persistent Organic Pollutants = POPs).

- ▶ Kommen ursprünglich nicht in der Natur vor!
- ▶ Toxisch für Mensch und Tier
- ▶ Kanzerogen



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒11

## Verbote (EU)

- ▶ Herstellung und Nutzung für PFOS durch die **EU-Verordnung 757/2010** verboten!
- ▶ Verbot der Freisetzung von persistent organischen Schadstoffen (POP) durch die **EU-Verordnung 2019/1021**.



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒12

## Empfehlungen (PFOS)

- ▶ Keine Einleitung von Löschschaum in Oberflächengewässer (Fischtoxizität)
- ▶ Übungen mit fluorfreiem Löschschaum (Übungsschaummittel)
- ▶ Einsatz von Protein- und Mehrbereichsschaummittel bevorzugen
- ▶ Bau von Löschwasserrückhaltebecken in Betrieben



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒13

## BC-Löschpulver

Das Löschpulver besteht aus vielen, kleinen Teilchen, welche in die Verbrennungsreaktion in der Flamme chemisch-physikalisch eingreifen!

**Korngröße:**  
2-200 µm

**Pulver-  
wolke**

Speisesoda  
NaHCO<sub>3</sub>

**1 kg Pulver** enthält bis zu **100 Milliarden** (100.000.000.000) Pulverteilchen



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒14

## Nachteile von Pulver

Panikgefahr

Kontamination




© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒15

## Tetra-Löschler



- ▶ Erster Gas-Handfeuerlöscher
- ▶ Chemisch: Tetrachlorkohlenstoff (CCl<sub>4</sub>)
- ▶ Phosgenbildung auf heißen Oberflächen (COCl<sub>2</sub>), hochtoxisch

$CCl_4 + O_2 \rightarrow 2 COCl_2$

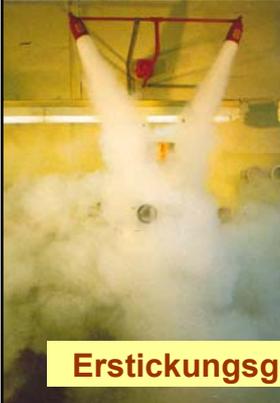
→

**Verbot ab 1950 als Löschmittel!**

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒16

## Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)




**Erstickungsgefahr für Menschen!**

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒17

## Anwendung



**Mobiler  
CO<sub>2</sub>-Feuerlöscher**



**Stationäre  
Gaslöschanlage**

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒18

## Löschmittel historisch

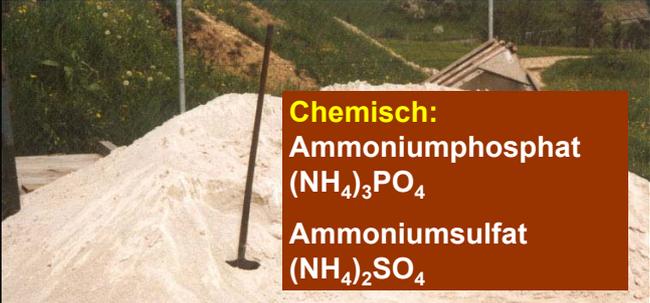
- ▶ Mittelalter: Wassereimer, einfache Spritzen
- ▶ um 1900: Schaum und Pulver, Tetra- und CO<sub>2</sub>-Löscher
- ▶ nach 1945: **ABC-Pulver und Halone**



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒19

## ABC-Pulver



**Chemisch:**  
 Ammoniumphosphat  
 $(NH_4)_3PO_4$   
 Ammoniumsulfat  
 $(NH_4)_2SO_4$

▶ **Wirkt in der Flamme antikatalytisch und auf die Glut durch Stickeffekt (Kruste)!**

⇒20

## ABC-Löschpulver

▶ Löscheinsatz am Österreich-Ring, Spielberg



⇒21

## Halone

Halone sind modifizierte Kältemittel (Fluorkohlenwasserstoffe = FCKW)

Einbau von Brom (Br), welches antikatalytisch löschwirksam ist!



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒22

## Halon 1211 und Halon 1301



Halon 1211 (CF<sub>2</sub>ClBr)





Halon 1301 (CF<sub>3</sub>Br)



⇒23

## Löschmittel historisch

- ▶ Mittelalter: Wassereimer, einfache Spritzen
- ▶ um 1900: Schaum und Pulver, Tetra- und CO<sub>2</sub>-Löscher
- ▶ nach 1945: ABC-Pulver und Halone
- ▶ **um 1990: Neue Löschtechnologien durch Umweltaspekte (Sandoz, Ozon etc.)**



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

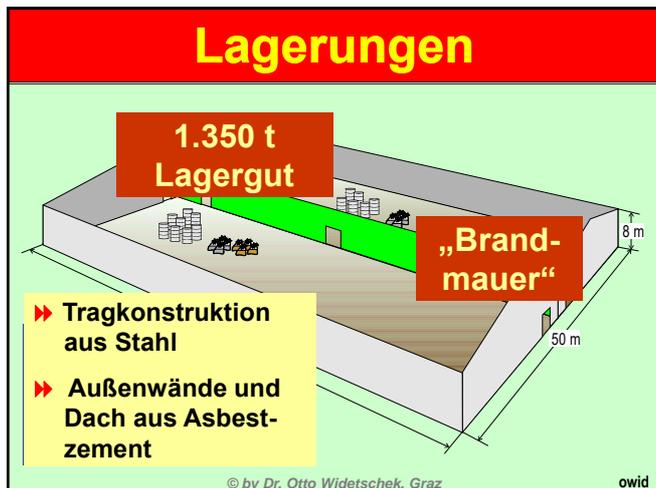
⇒24



⇒25



⇒26



⇒27



⇒28



⇒29



⇒30



## Große DEKO-Arbeiten

⇒31



## Umweltkatastrophe

Toter Rheinaal

450 km des Flusses ökologisch tot!

owid

⇒32



## Wendepunkt: Golfkrieg 1991

Annexion von Kuwait durch den Irak

732 Ölquellen brennen in Kuwait

⇒33



## Ölquellenbrände in Kuwait

Red Adair:  
Löschen durch Sprengungen  
(Prognose: 5 Jahre)

⇒34



## Aerosol-Löschverfahren

MIG-Düsentriebwerke aus Ungarn  
(Wasserdampf im Abgasstrahl),  
Löschdauer einige Monate

⇒35



## 1. Int. Halontagung

28./29. Juni 1988  
in Lugano,  
Schweiz

⇒36



⇒37



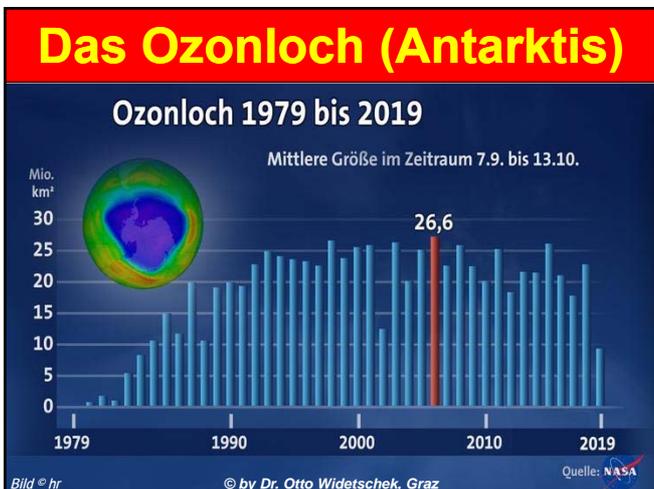
⇒38



⇒39



⇒40



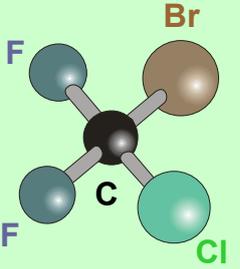
⇒41



⇒42

## Halon 1211 (CF<sub>2</sub>ClBr)

Siedepunkt: -3,3 °C, Dampfdruck: 229 kPa (20 °C)



C ... Kohlenstoff (1)  
 F ... Fluor (2)  
 Cl .. Chlor (1)  
 Br .. Brom (1)

▶ Handfeuerlöscher

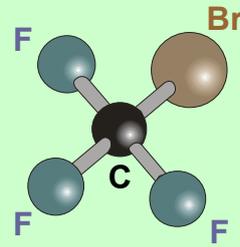


© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒43

## Halon 1301 (CF<sub>3</sub>Br)

Siedepunkt: -58 °C, Dampfdruck: 1,43 MPa (20 °C)



C ... Kohlenstoff (1)  
 F ... Fluor (3)  
 Br .. Brom (1)

▶ Ortsfeste Löschanlagen

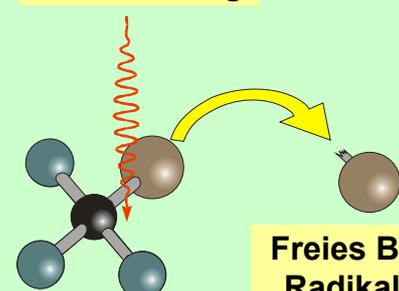


© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒44

## Abspaltung von Brom

UV-Strahlung

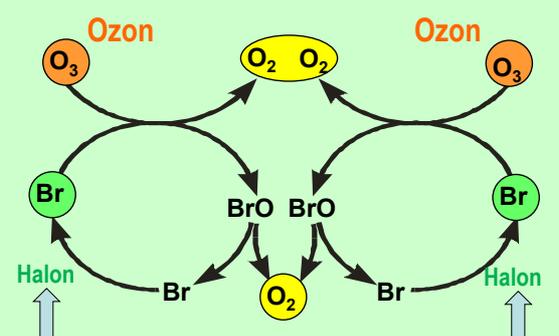


Freies Brom-Radikal Br\*

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒45

## Die Ozonvernichtung



**2 O<sub>3</sub> + h.v → 3 O<sub>2</sub>**

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒46

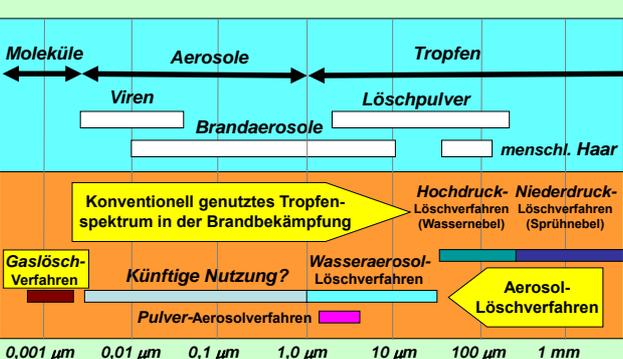
## Löschen



© by Dr. Otto Widetschek, Graz

⇒47

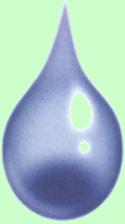
## „Teilchen“-Größen



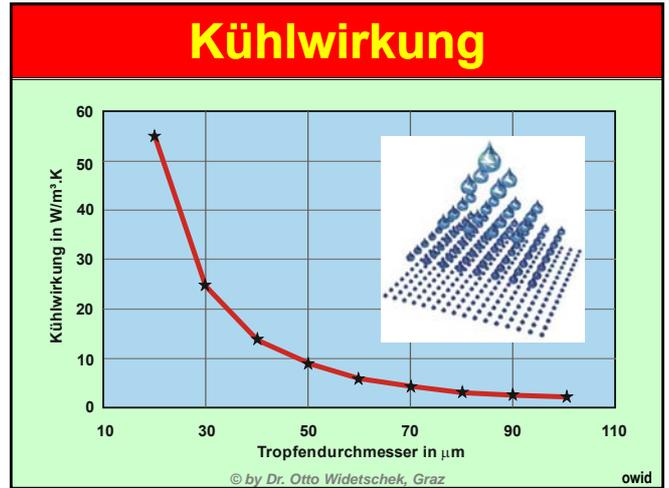
© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒48

### Tröpfchengröße

		
<b>ca. 1mm</b>	<b>ca. 0,1 mm</b>	<b>ca. 0,01 mm</b>
<b>Vollstrahl</b>	<b>Sprühstrahl</b>	<b>Nebelstrahl</b>

⇒49



⇒50

### Tröpfchengröße

	
<b>Wasser-schaden</b>	<b>Kleine Wurf-weite</b>
↑	↑
<b>Klassischer Sprinkler</b>	<b>Feinsprüh-anlage</b>

⇒51

### Das LUF

**Lösch-Unterstützungs-Fahrzeug (LUF)**

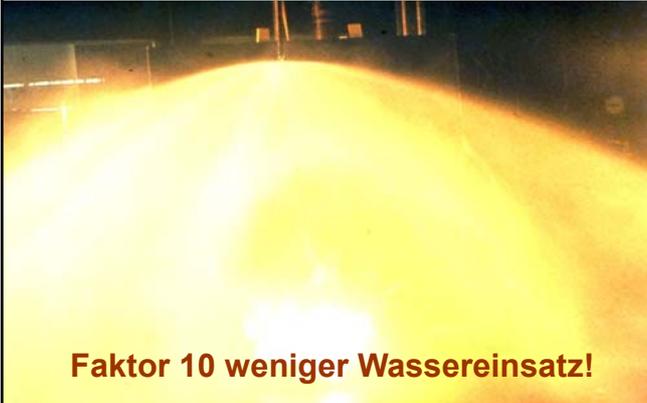


**Wasser-nebel**

Hersteller: Fa. Rechners, Vorarlberg

⇒52

### Hochdrucknebel (Hi Fog)



**Faktor 10 weniger Wassereinsatz!**

⇒53

### Anna Amalia Bibliothek



**HI-FOG-Düsen**

**Weimar**

⇒54

## Löschgase

<b>Chemische Löschgase</b>	<b>Inertgase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Trigon 300 (?)</li> <li>▶ FM 200 (?)</li> <li>▶ Novec 1230</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Kohlendioxid</li> <li>▶ Inergen</li> <li>▶ Argon, Stickstoff etc.</li> </ul>	
Löschwirkung durch Antikatalyse	Löschwirkung durch Stickeffekt	
Umweltschutzaspekte: ☠ Ozonschicht ☠ Treibhauseffekt	Personenschutzaspekte: ☠ Erstickungs(Vergiftungsgefahr)	

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒55

## Antikatalyse – Halone

Brennstoff  $\xrightarrow{\text{Flamme}}$   $\text{H}^*, \text{OH}^*$   
 Halon 1301  $\xrightarrow{\text{Flamme}}$   $\text{Br}^*$

Alle Substanzen mit \* sind Radikale

$$\text{Br}^* + \text{H}^* \rightarrow \text{HBr}$$

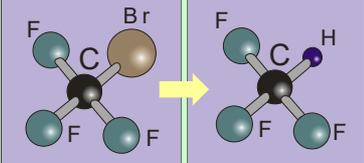
$$\text{HBr} + \text{OH}^* \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Br}^*$$

Vernichtung von  $\text{H}^*$  und  $\text{OH}^*$  unter Neubildung von  $\text{Br}^*$

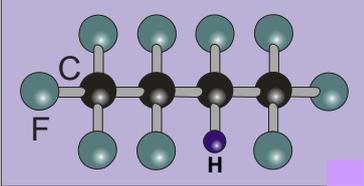
© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒56

## „Halonersatzmittel“



**Trigon ( $\text{CHF}_3$ )**



**FM 200 ( $\text{C}_4\text{HF}_9$ )**

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒57

## GWB-Faktor



**Trigon, FM 200 & Co:**  
Verboten, wegen zu hohem GWB-Faktor!

**GWP = Global Warming Potential (Erderwärmungspotential)**

Cartoon: Enzo © by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

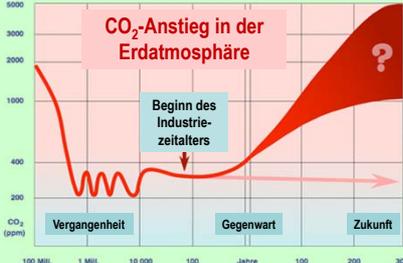
⇒58

## Der Treibhauseffekt

▶ Auch Löschgase können durch einen hohen GWP-Faktor den Treibhauseffekt verstärken.



Treibhauseffekt:  
Wie im Glashaus



CO<sub>2</sub>-Anstieg in der Erdatmosphäre

Beginn des Industriezeitalters

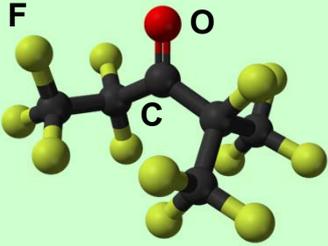
Vergangenheit      Gegenwart      Zukunft

Quelle: [www.co2-story.de](http://www.co2-story.de) und [www.de.wikipedia.org](http://www.de.wikipedia.org) owid

⇒59

## Antikatalyse - Novec 1230

Summenformel:  $\text{C}_6\text{F}_{12}\text{O}$

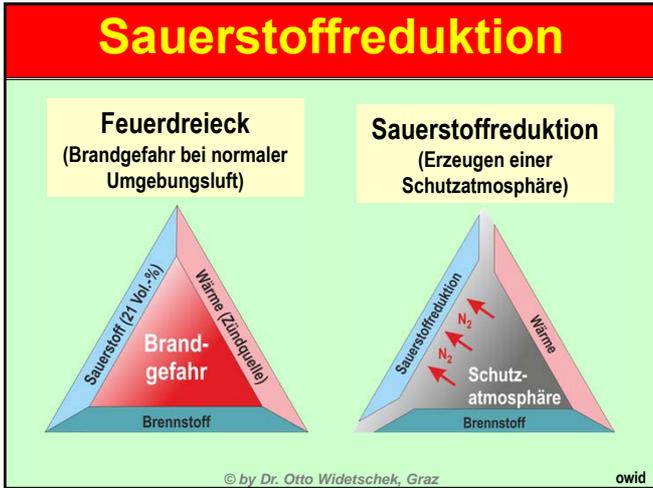




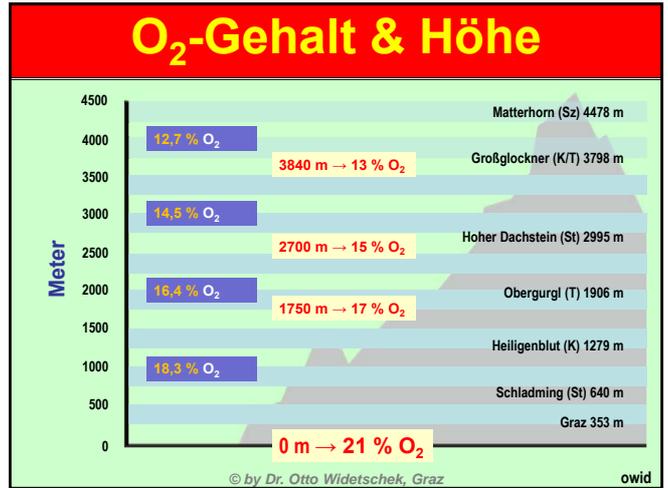
**Löschen durch Wärmeentzug (Schwingungen)**

copyright by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

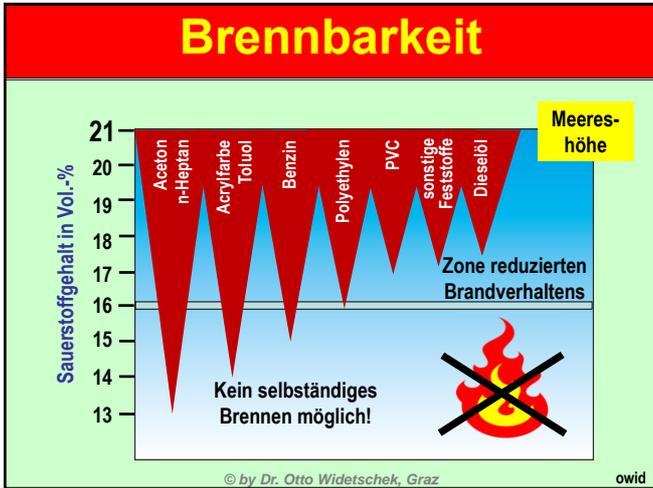
⇒60



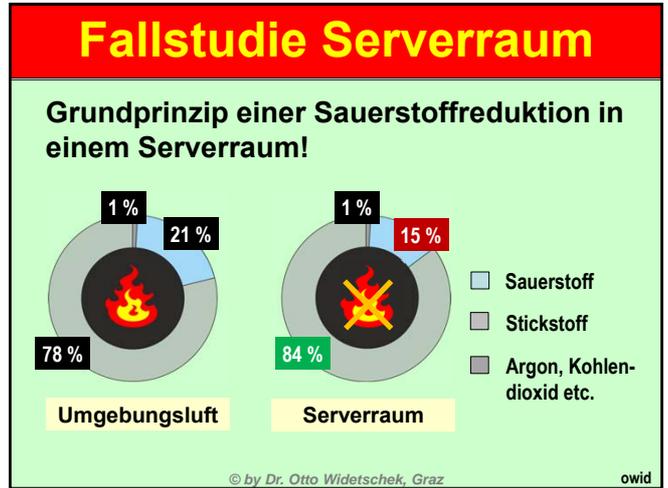
⇒61



⇒62



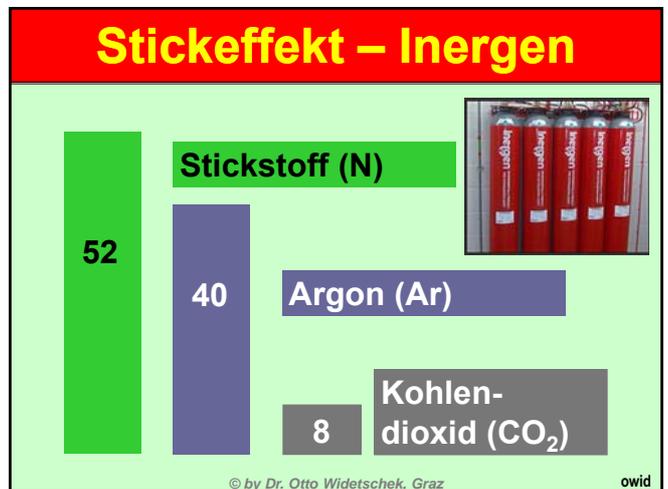
⇒63



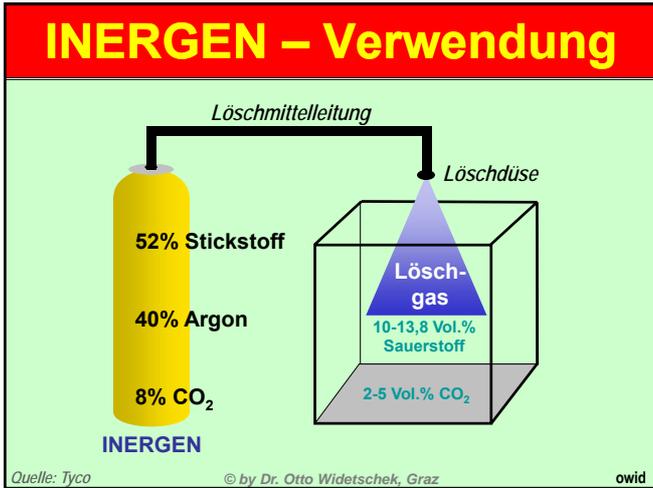
⇒64



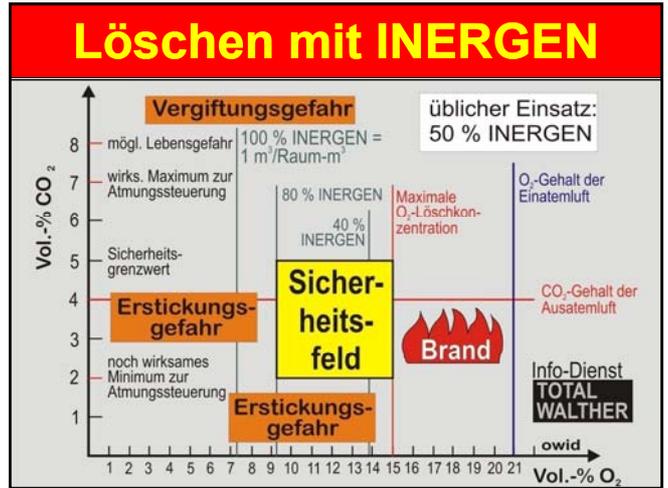
⇒65



⇒66



⇒67



⇒68



⇒69



⇒70



⇒71



⇒72

## Löschgase (Übersicht)

Löschmittel	Chem. Formel	Auslegung	Wirkung (NBGS in Vol.-%)	ODP-Faktor	GWP-Faktor
Trigon	CHF <sub>3</sub>	16,5 %	50 %	1	14.800
FM 200	C <sub>3</sub> HF <sub>6</sub>	7,5-8,7 %	9 %	1	3.220
Novac 1230	C <sub>6</sub> F <sub>12</sub> O	5-7 %	10 %	1	1
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	35-50 %	5 %	0	1
Stickstoff	N <sub>2</sub>	38-40 %	43 %	0	-
Argon	Ar	38-40 %	43 %	0	-
Inergen	N <sub>2</sub> (52 %) Ar (40 %) CO <sub>2</sub> (8 %)	38-40 %	43 % („CO <sub>2</sub> -Trick“)	0	-

NBGS = Niedrigste beobachtete Gefahrenschwelle (Vol.-%)

⇒73

## Grenzen der Löschgase

- ▶ Vorauslöschmittel (Rückzündungen!)
- ▶ Gute Löschwirkung nur in geschlossenen Räumen
- ▶ Nicht für Brandklasse A und D Entstehungsbrände!
- ▶ Physiologische Wirkungen auf den Menschen
- ▶ Folgeschäden (Kälteschock, Korrosion)
- ▶ Umweltschutz (Ozon, Erderwärmung)

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒74

## Moderne Löschmethoden

- ▶ **Hi-Fog** (Hochdruck-Wassernebel)
- ▶ **Novac 1230** (Löschgas durch „Mikro-Kühleffekt“)
- ▶ **INERGEN** (Sauerstoffherabsetzung auf etwa 12 % mit CO<sub>2</sub>-Zusatz)
- ▶ **OxyRedukt** (Sauerstoffherabsetzung auf etwa 14 % durch Stickstoff)
- ▶ **CAFS** (Compressed Air Foam System)

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒75

## Wirkung der Löschmittel

LÖSCHMITTEL		Lösch-effekt
Wasser	Vollstrahl	K
	Sprühstrahl	K
	Nebelstrahl	A, K
Schaum	Schwertschaum	K, S
	Mittelschaum	S, K
	Leichtschaum	S
Pulver	BC-Pulver	A
	ABC-Pulver	S, A
	D-Pulver	S
Kohlendioxid	Gas	S
	Schnee	S
Novac 1230	Löschgas	S, A
	Inergen	Löschgas

K = Kühleffekt    S = Stickeffekt    A = Antikatalyse

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒76

## Kein Universal-Löschmittel!

Der universelle „Wunderlöscher“ lässt noch auf sich warten!

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒77

## Ende des Vortrags

Danke!

Letzte Überarbeitung:  
Oktober 2024

owid

⇒78