

**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-Löschler, CO<sub>2</sub>-Löschler (Elektrobrände)**





© by Dr. Otto Widetschek, Graz      owid

⇒3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Löschschaum

Schwerschaum (VZ bis 20)

Mittelschaum (VZ 20 bis 200)

Filmbildende Schäume (oberflächenaktiv), Light Water

⇒4

---

---

---

---

---

---

---

---

## Druckluftschaum

**CAFS = Compressed Air Foam System**

Betrieb

Schwerschaum (VZ 7)

Hersteller: Fa. Rosenbauer, Linz owid

⇒5

---

---

---

---

---

---

---

---

## Fluor-Tensid-Moleküle

Light-Water- Moleküle

Brennbare Flüssigkeit

hydrophil

hydrophob

▶ 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)

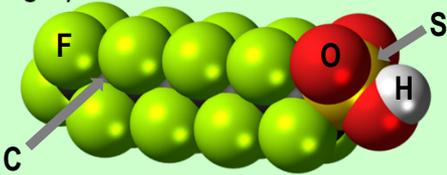


Bild: Wikipedia © by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒8

---

---

---

---

---

---

---

---

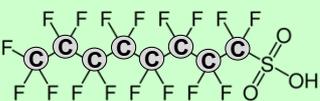
## Was sind PFAS?

**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  
Perchloroctansulfonsäure



© 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-Löcher



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

$$\text{CCl}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{COCl}_2$$

➔ **Verbot ab 1950 als Löschmittel!**

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒16

---

---

---

---

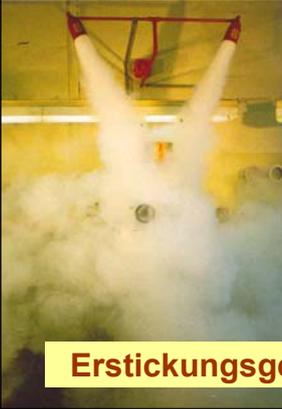
---

---

---

---

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



**Erstickungsgefahr für Menschen!**

⇒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 Umweltschutzaspekte (Sandoz, Ozon etc.)**



© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Großbrand in Basel, Fa. Sandoz



⇒25

---

---

---

---

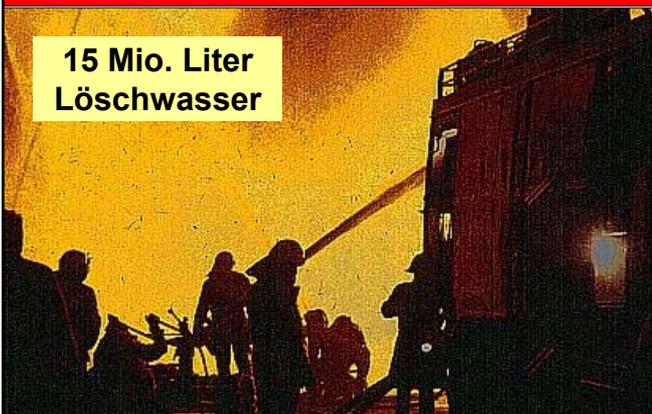
---

---

---

---

## Schwieriger Löschvorgang



⇒26

---

---

---

---

---

---

---

---

## Lagerungen



⇒27

---

---

---

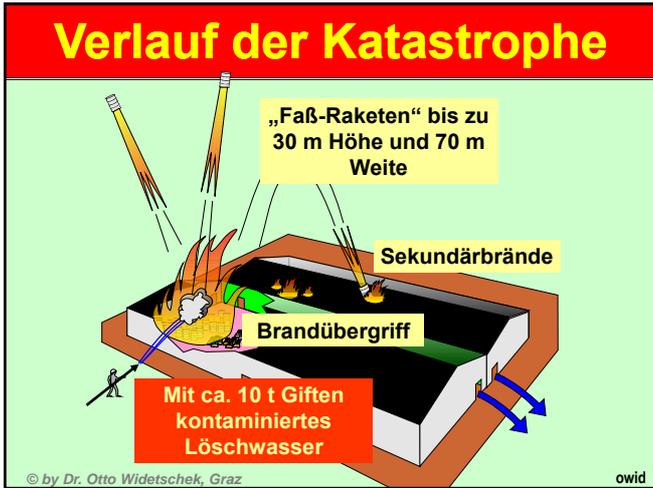
---

---

---

---

---



⇒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  
(Wassernebel im Abgasstrahl),  
Löschdauer einige Monate



⇒35

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1. Int. Halontagung



**28./29. Juni 1988  
in Lugano,  
Schweiz**

⇒36

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒37

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒38

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒39

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒40

---

---

---

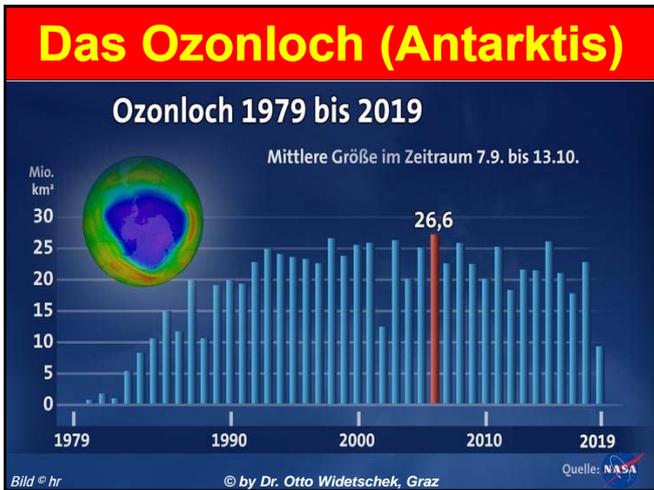
---

---

---

---

---



⇒41

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒42

---

---

---

---

---

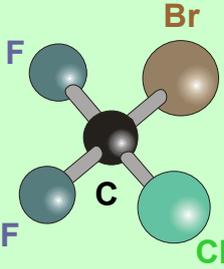
---

---

---

## 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

---

---

---

---

---

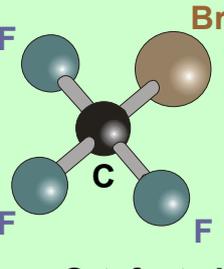
---

---

---

## 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

---

---

---

---

---

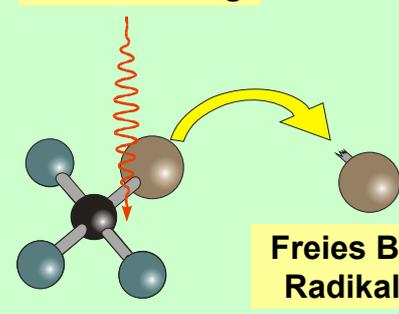
---

---

---

## Abspaltung von Brom

UV-Strahlung



Freies Brom-Radikal Br\*

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒45

---

---

---

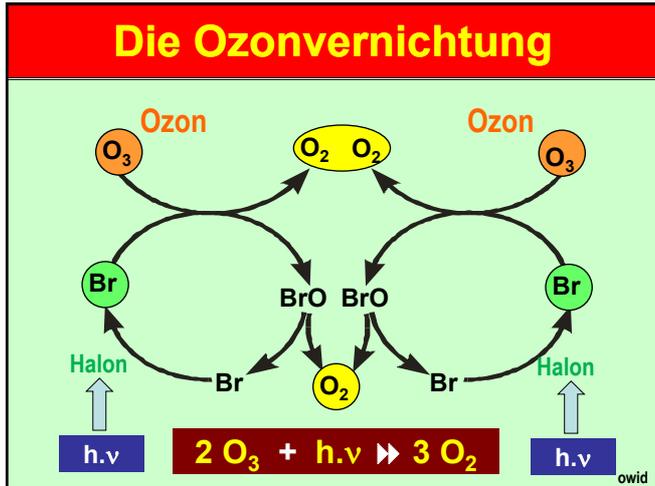
---

---

---

---

---



⇒46

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒47

---

---

---

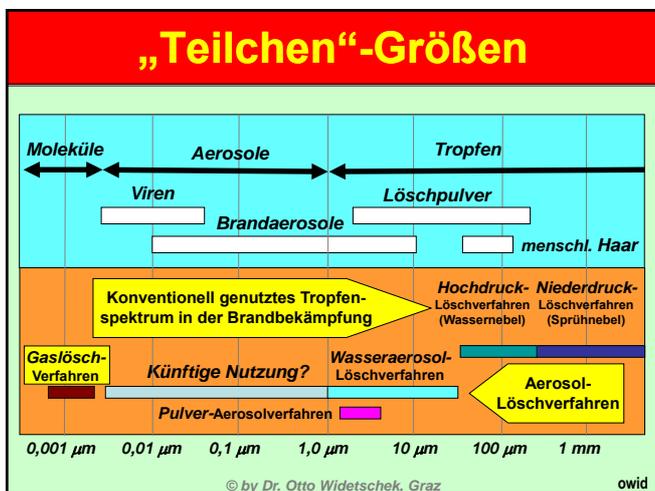
---

---

---

---

---



⇒48

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tröpfchengröße

		
ca. 1mm	ca. 0,1 mm	ca. 0,01 mm
Vollstrahl	Sprühstrahl	Nebelstrahl

⇒49

---

---

---

---

---

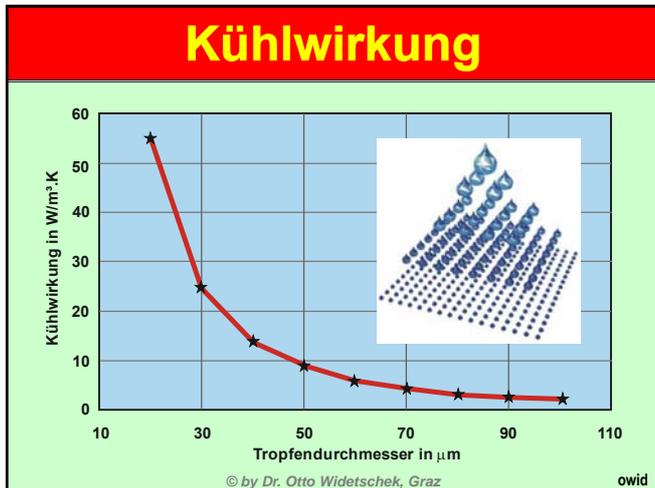
---

---

---

---

---



⇒50

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tröpfchengröße

	
Wasser- schaden	Kleine Wurf- weite
↑	↑
Klassischer Sprinkler	Feinsprüh- anlage

⇒51

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒52

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒53

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒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

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

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

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

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

⇒56

---

---

---

---

---

---

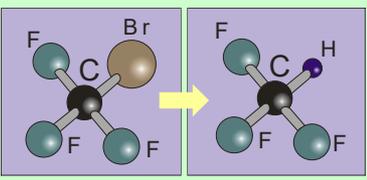
---

---

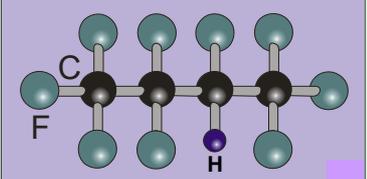
---

---

## „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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

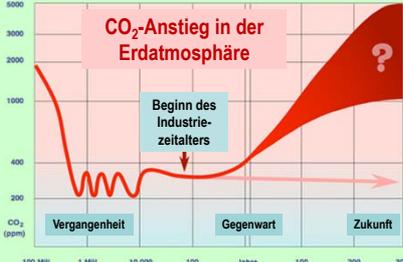
---

## Der Treibhauseffekt

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



Treibhauseffekt:  
Wie im Glashaus



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

Beginn des  
Industrie-  
zeitalters

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

---

---

---

---

---

---

---

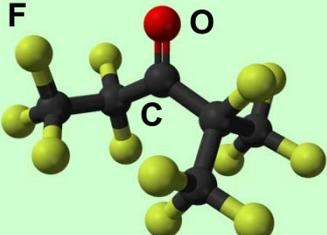
---

---

---

## Antikatalyse - Novec 1230

Summenformel: C<sub>6</sub>F<sub>12</sub>O



F      O      C



Löschen durch Wärmeentzug (Schwingungen)

copyright by Dr. Otto Widetschek, Graz      owid

⇒60

---

---

---

---

---

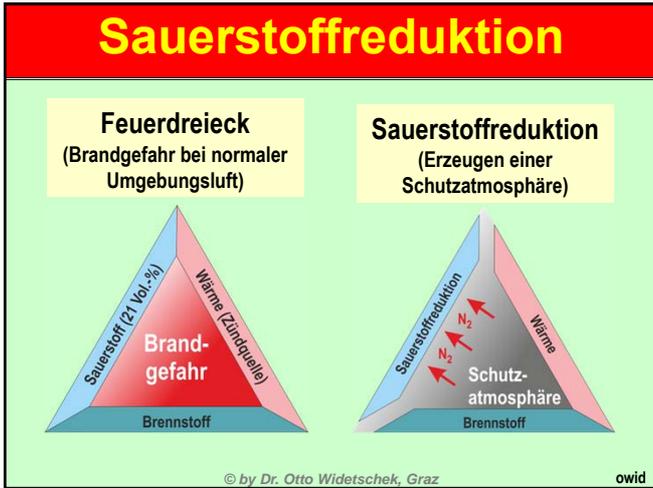
---

---

---

---

---



⇒61

---

---

---

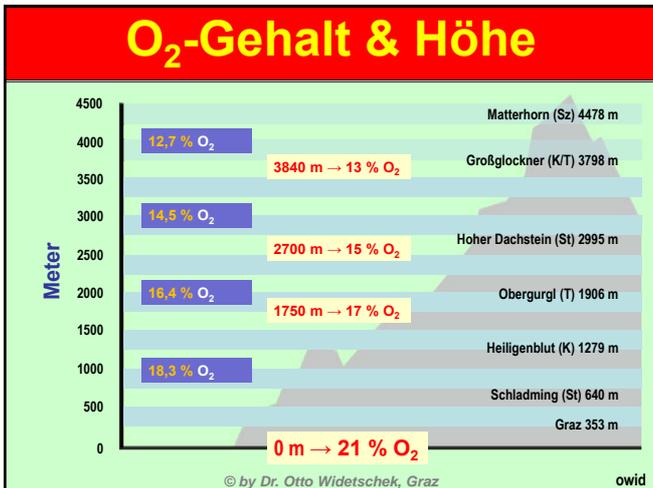
---

---

---

---

---



⇒62

---

---

---

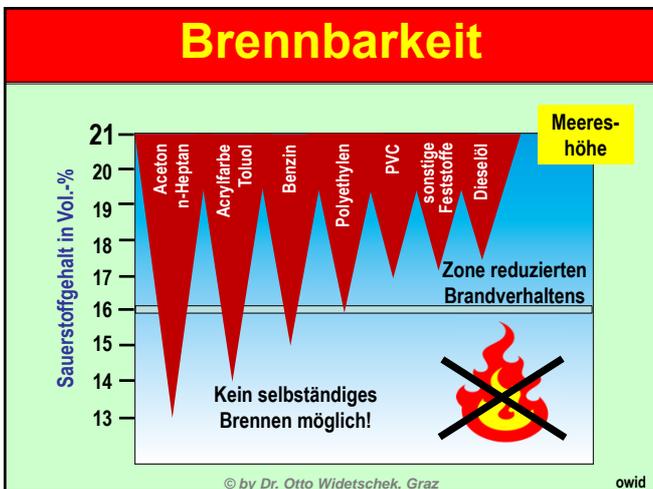
---

---

---

---

---



⇒63

---

---

---

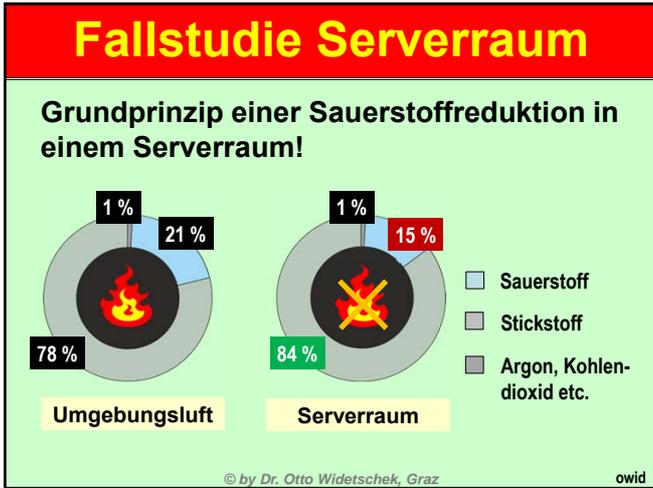
---

---

---

---

---



⇒64

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



⇒65

---

---

---

---

---

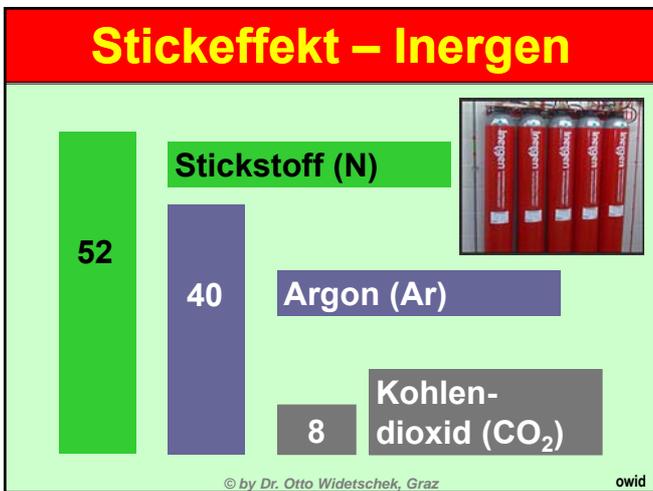
---

---

---

---

---



⇒66

---

---

---

---

---

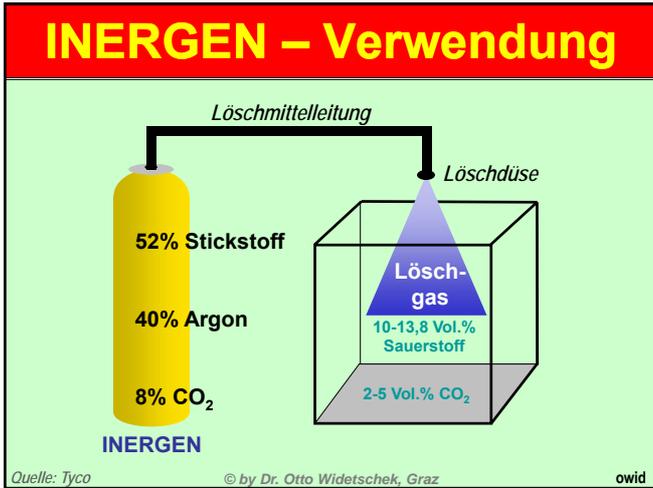
---

---

---

---

---



⇒67

---

---

---

---

---

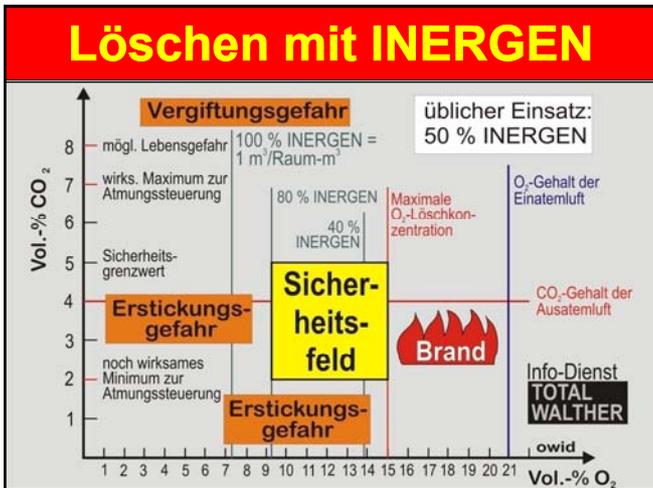
---

---

---

---

---



⇒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
Novec 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)
- ▶ **Novec 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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

