



Atemschutz

**Schutz vor flüchtigen
und
gefährlichen Stoffen**

Klaus Ehrmann, Fachberater Chemie FW Siegen & Feuerwehr Netphen

Gefahren an der Einsatzstelle



Atemgifte

Merkregel vier A, ein B,
ein C und vier E



Angst



Ausbreitung



Atomare Strahlung



Chemische Stoffe



Biologische Stoffe



Erkrankung/Verletzung



Explosion



Elektrizität



Einsturz

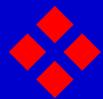


Gase – Gase sind vollständig in Luft gelöst, manche Gase haben einen charakteristischen Eigengeruch (z. B. Cyanwasserstoff, Blausäure) oder haben eine charakteristische Farbe (z. B. nitrose Gase)

Brandgas



Nebel (Dämpfe, Aerosole) sind feinverteilte Flüssigkeitströpfchen in der Luft



Rauche sind feinverteilte Feststoffe (Stäube, Partikel) in der Luft

Brandrauch

Relative Gasdichte Vergleich mit der Molekülmasse von Luft
(Molekülmasse Luft: 29 amu)

relative Gasdichte Luft: 1 (Festlegung)

❖ relative Gasdichte kleiner < 1

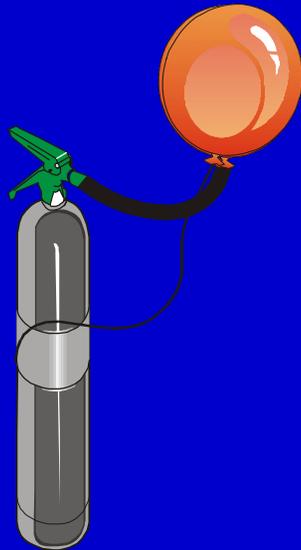
Gas ist leichter als Luft

❖ relative Gasdichte ~ 1

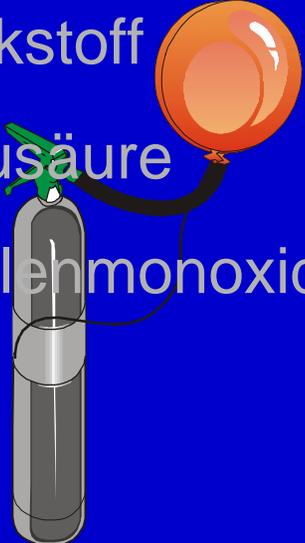
Gas ist ähnlich schwer wie Luft

❖ relative Gasdichte > 1

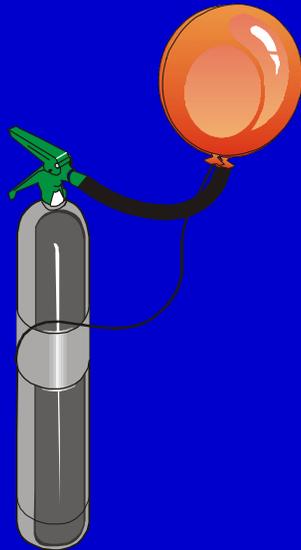
Gas ist schwerer als Luft



Wasserstoff	0,08
Helium	0,17
Stadtgas	0,40
Methan	0,55
Ammoniak	0,77



Acetylen	0,91
Stickstoff	0,93
Blausäure	0,93
Kohlenmonoxid	0,96
Luft	1,00



Chlorwasserstoff 1,20

Kohlendioxid 1,50

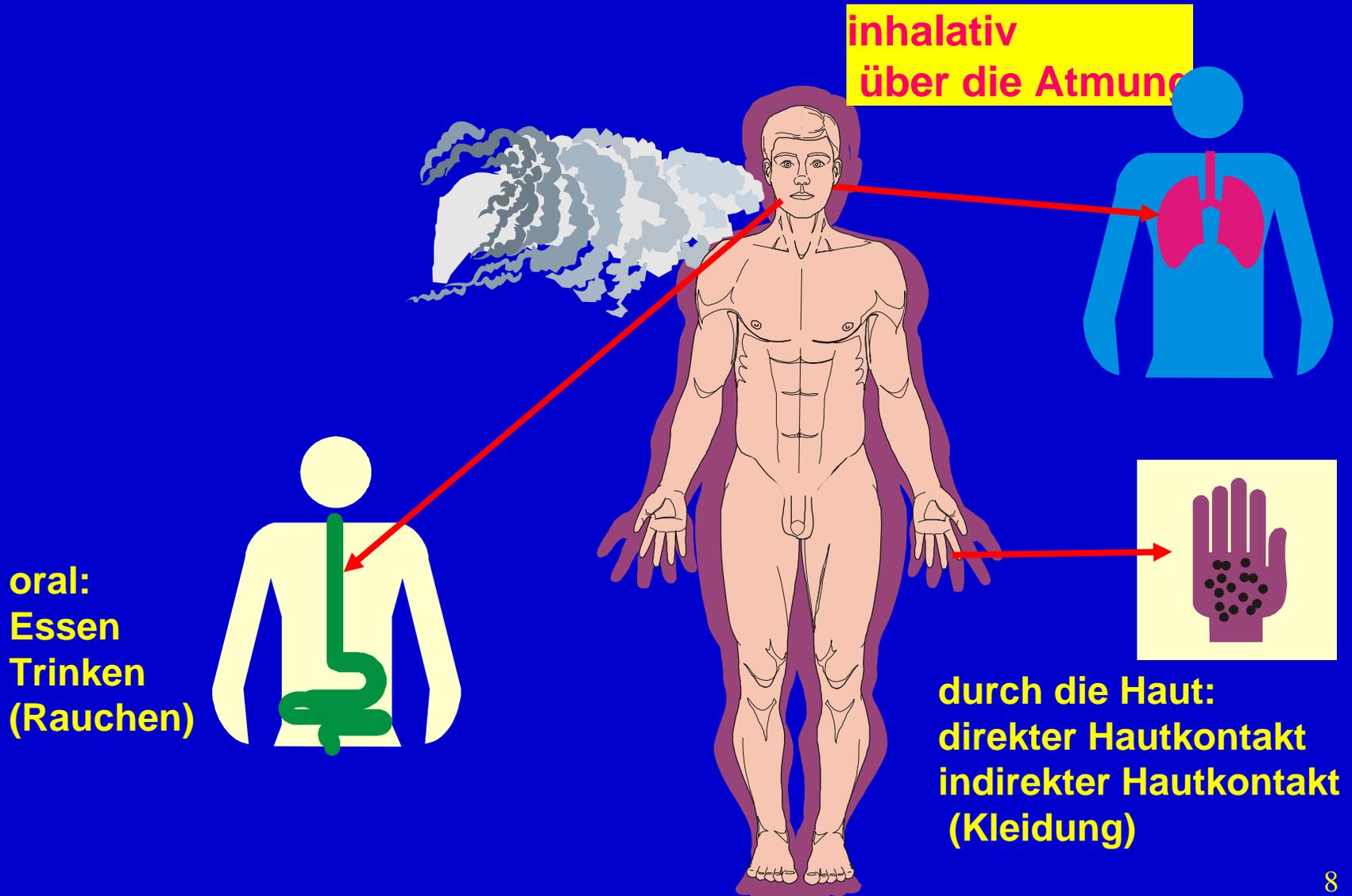
Nitrose Gase 1,50

Butan 2,10

Benzin, Diesel

Heizöl 2,90

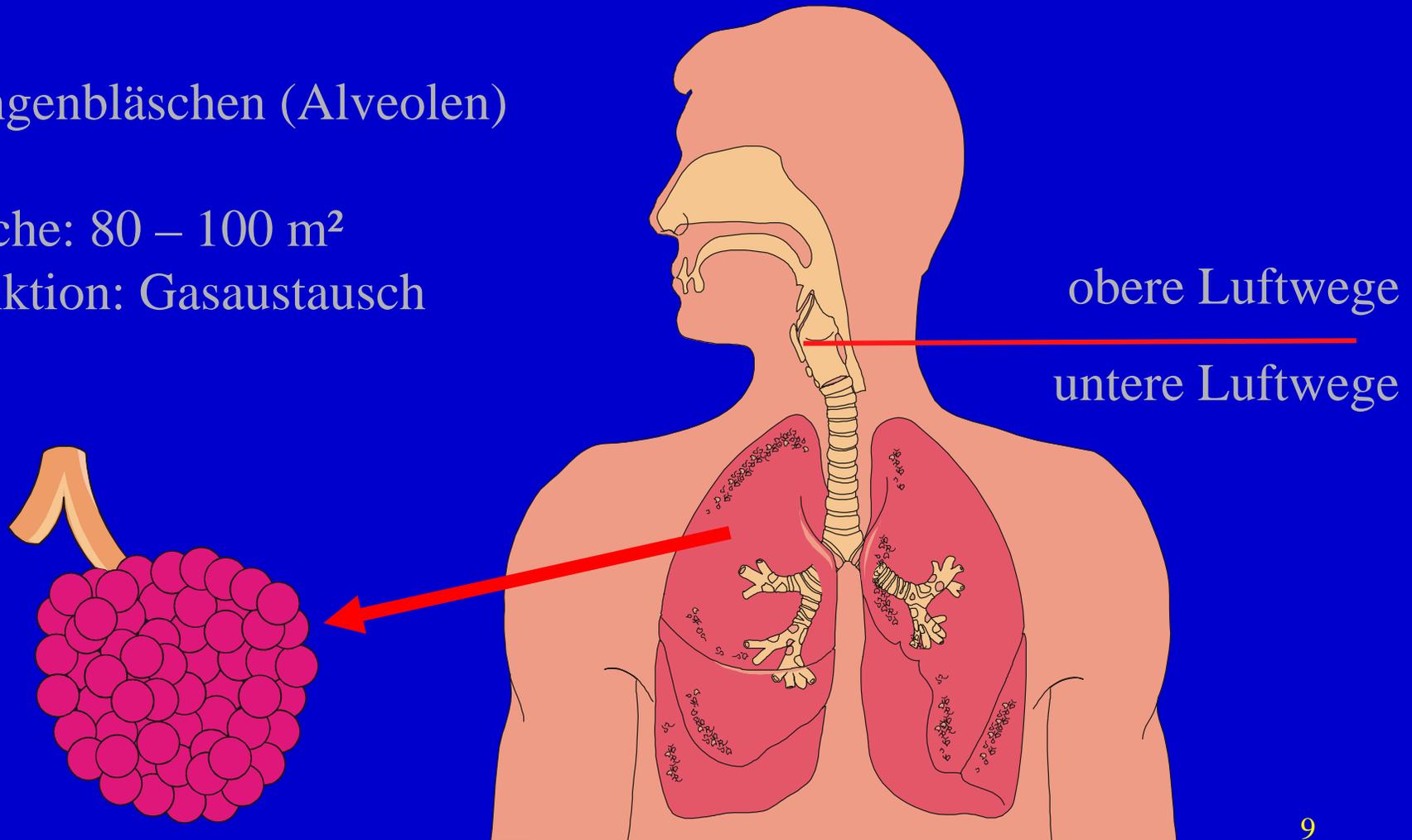
Aufnahmewege von Atemgiften



Lungenbläschen (Alveolen)

Fläche: 80 – 100 m²

Funktion: Gasaustausch



Funktion Atmung

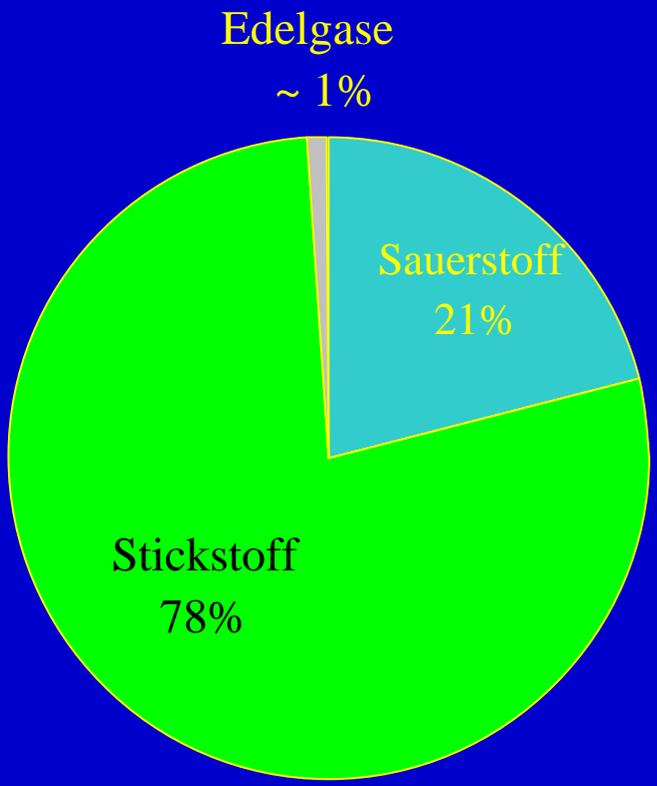
Luftgase (Sauerstoff) der Einatemungsluft wandern durch die Alveolarwand in das Blut

Blutgase (Kohlendioxid) wandern durch die Alveolarwand in die Ausatemungsluft

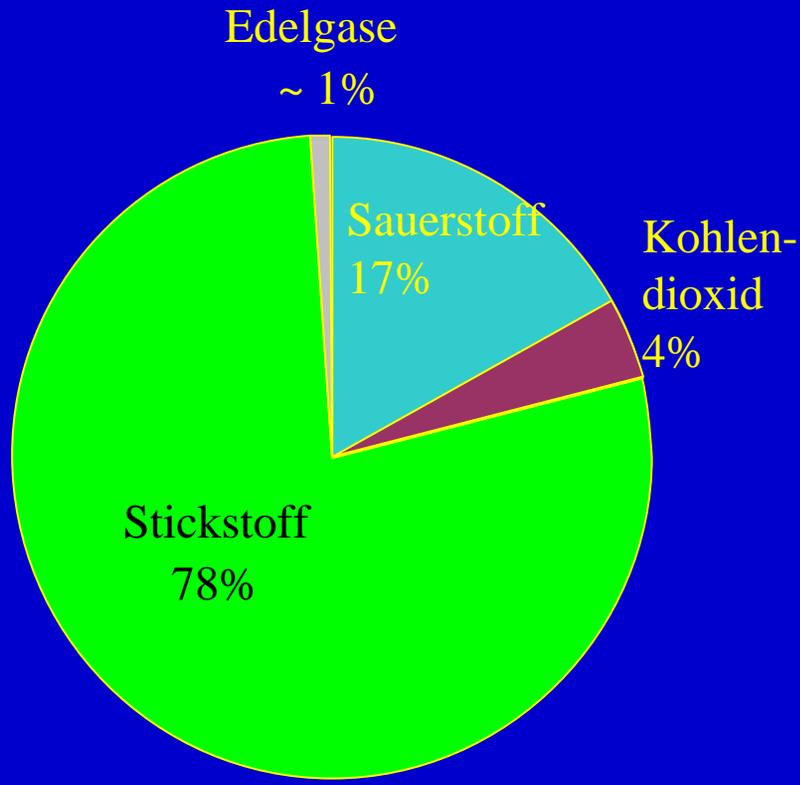


Bestandteile der Luft

Einatemungsluft



Ausatmungsluft



Atemvolumen

Tätigkeit	Atemvolumen		
	$l \text{ min}^{-1}$	$l \text{ h}^{-1}$	$m^3 \text{ h}^{-1}$
in Ruhe	3 - 6	180 - 360	0,18 – 0,36
im Sitzen	8 - 12	480 - 720	0,48 – 0,72
leichte Arbeit (60 W)	22 – 30	1.320 – 1.800	1,30 – 1,89
mittelschwere Arbeit (120 W)	35 - 60	2.100 – 3.600	1,20 – 3,60
schwere Arbeit (200 W)	50 - 105	3.000 – 6.300	3,00 – 6,30

Toxische Effekte



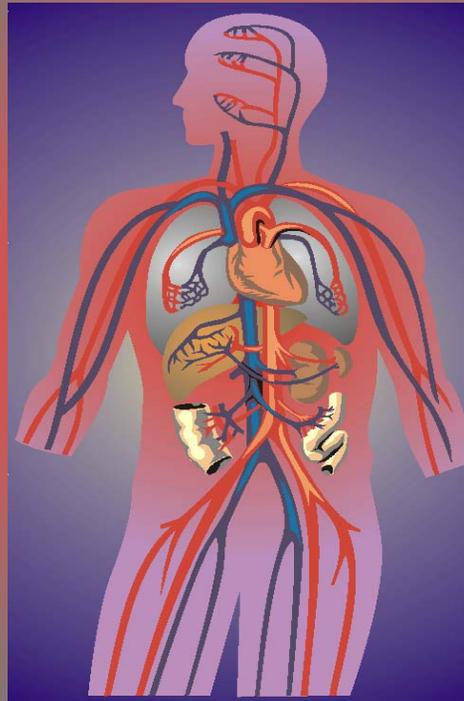
Organschaden



**cancerogen
Krebserzeugend**



**Wirkung auf
ungeborenes Leben**

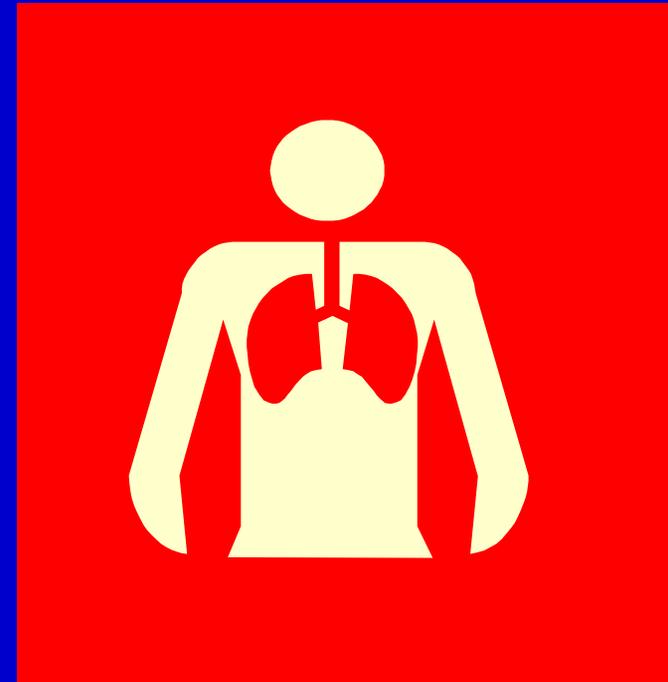


**bleibender
Schaden**



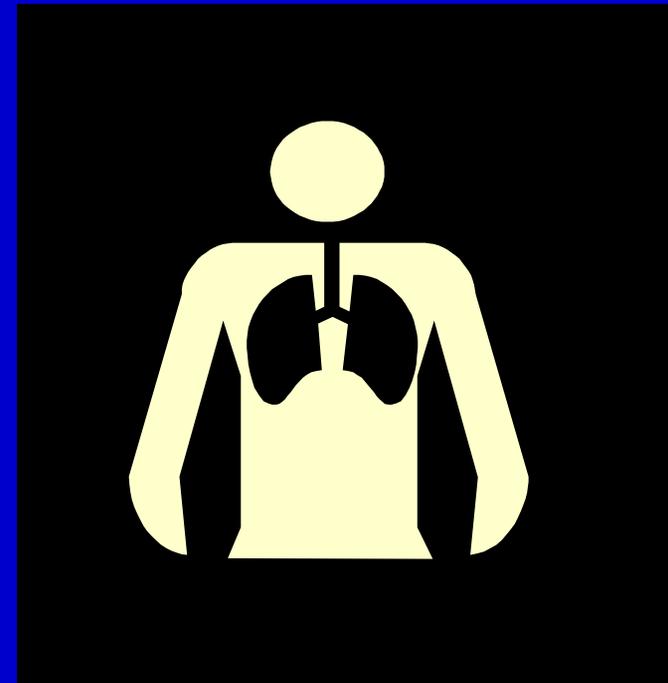
Tod

<u>Latenzzeit</u>	kurz Minuten- wenige Stunden
Einwirkung	meist einmalig
Konzentration	hoch
Regeneration	wenn Organschaden nicht zu groß, oft vollständige Regeneration



chronische Toxizität

<u>Latenzzeit</u>	lang Monate – Jahre Jahrzehnte
Einwirkung	meist mehrmalig
Konzentration	niedrig
Regeneration	oft nicht vollständige Regeneration



Toxische Wirkungen chemischer Substanzen

all ding sind gifft
und nichts ohne gifft
allein die dosis macht,
das ein ding kein gifft ist

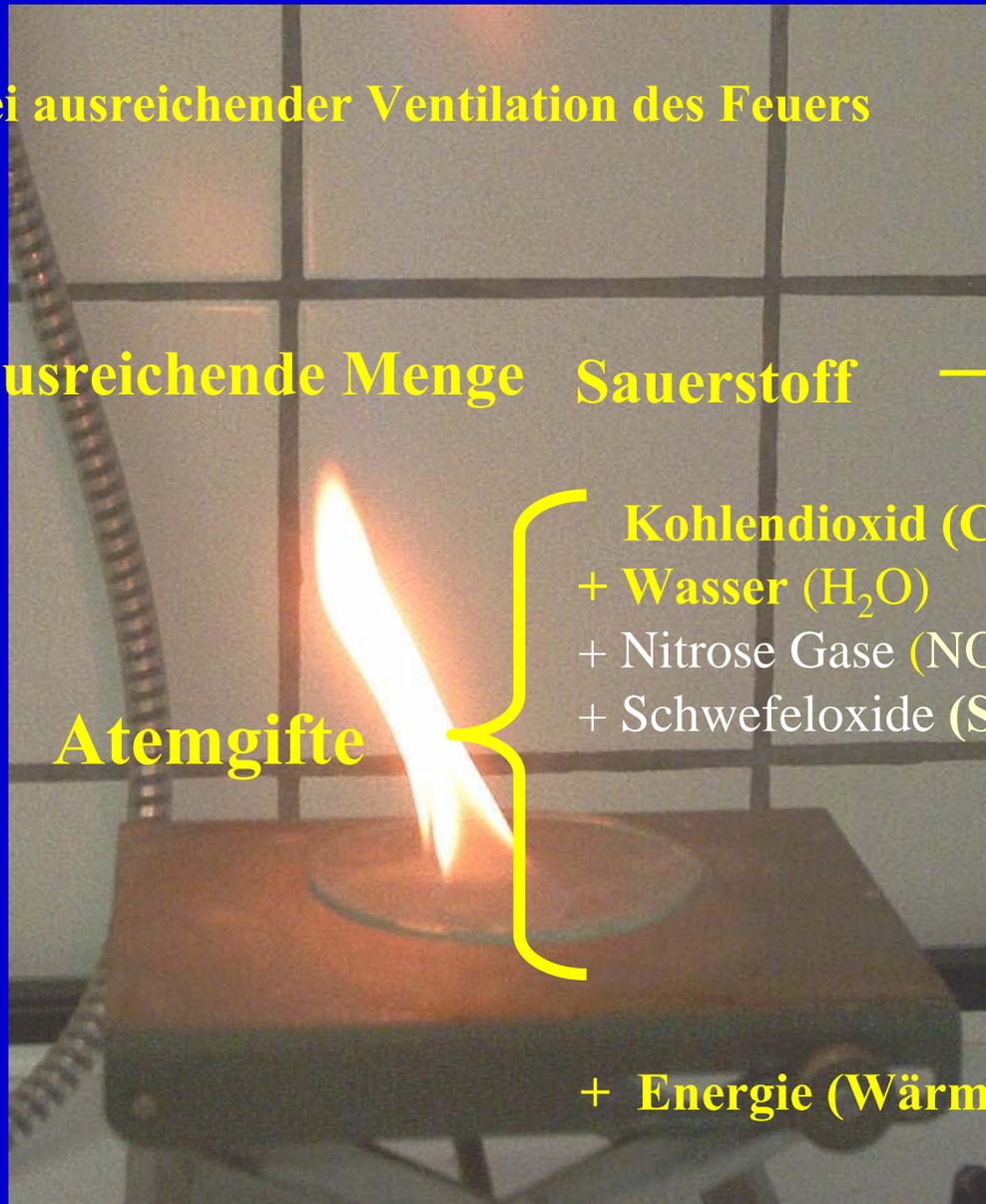
Phillipus Aureolus Theophrastus Bombastus
von Hohenheim genannt Paracelsus (1493 – 1541)



Brandprodukte bei Realbränden

Brandprodukte bei ausreichender Ventilation des Feuers

Brandlast + ausreichende Menge Sauerstoff →



Atemgifte

Kohlendioxid (CO_2)
+ Wasser (H_2O)
+ Nitrose Gase (NO_x)
+ Schwefeloxide (SO_x)

+ Energie (Wärme)

Brandprodukte bei Realbränden

Brandprodukte bei **unzureichender** Ventilation des Feuers (Realbrand)

Brandlast + **zu wenig** **Sauerstoff** →

Atemgifte

- + Kohlendioxid (CO₂)
- + Wasser (H₂O)
- + Nitrose Gase (NO_x)
- + Schwefeloxide (SO_x)
- + **Kohlenmonoxid (CO)**
- + **Blausäure (HCN)**
- + **weitere Produkte unvollkommener Verbrennung**
- + **Ruß**
- + **Energie (Wärme)**

Brandrückstand
Rußkondensate
Kontaminanten

Inhaltsstoffe von Brandrauch (Auswahl)

	Vorkommen im Brandrauch
Kohlendioxid	immer
Kohlenmonoxid	immer Realbrand
Nitrose Gase	abhängig von Brandlast & Brandbedingungen
Salzsäure, Phosgen	abhängig von Brandlast
Schwefeldioxid	abhängig von Brandlast
verschiedene Kohlenwasserstoffe	}
Alkohole	
Aldehyde/Ketone	
Carbonsäuren	
.....	
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	immer Realbrand

circa 5000 Einzelsubstanzen in Brandrauch nachweisbar

Atemgifte der Gruppe I: Atemgifte mit erstickender Wirkung

Toxische Wirkung: Verdrängung des Luftsauerstoffs

Sauerstoffgehalt der Atemluft Wirkung auf Lebewesen

17 – 21 Vol%

volle Leistungsfähigkeit

15 – 17 Vol%

Ermüdung, Benommenheit,
Lethargie

13 – 15 Vol%

Bewusstlosigkeit

< 13 Vol%

Tod

Atemgifte der Gruppe I: Atemgifte mit erstickender Wirkung

Gas

Vorkommen

Stickstoff

Luft (78 Vol%)

technisches Gas (Gasflaschen)

tiefkalte Flüssigkeit

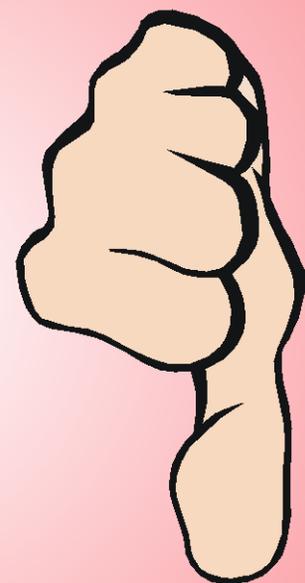
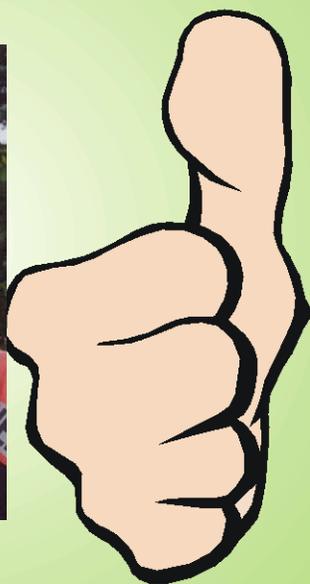
Wasserstoff

technisches Gas (Gasflaschen)

Methan

Gärgase in Siloanlagen, Stollen,
Schächten, Brunnen, Gruben und
ähnliches

Schutz vor Atemgiften der Gruppe I



Atemschutzfilter schützen nicht vor Atemgiften der Gruppe I

toxische Wirkung: Ätz- und Reizwirkung

Einige Gase haben in niedriger Konzentration eine charakteristische Farbe (nitrose Gase: gelbe – rostrote Farbe) oder einen charakteristischen Eigengeruch (Phosgen – Geruch nach Heu).

Latenzzeit: Phosgen hat eine Latenzzeit bis zu 48 – 72 Stunden

Atemgifte der Gruppe II: Atemgifte mit Ätz- oder Reizwirkung

Wasserlöslichkeit

Wirkung

gut wasserlöslich

Ätz- und Reizwirkung oberen Atmungsorgane („Kratzen im Hals“)

mäßig wasserlöslich

Ätz- und Reizwirkung bis in den Bereich der Bronchien

schlecht wasserlöslich

Ätz- und Reizwirkung bis in den Bereich der Lungenbläschen, Gefahr des toxischen Lungenödems



Beispiel

Salzsäure, Ammoniak

Schwefeldioxid, Chlor, Staub $d > 5\mu\text{m}$

nitrose Gase, Phosgen, Staub $d < 5\mu\text{m}$

Atemgifte der Gruppe II: Atemgifte mit Ätz- oder Reizwirkung

Beispiel:

Brand einer Feldscheune: Freisetzung nitroser Gase (NO_x) durch thermische Beaufschlagung von gelagerten Düngemitteln.



Atemgifte der Gruppe II: Atemgifte mit Ätz- oder Reizwirkung

Beispiel:

Chlorgasaustritt
Freizeitbad

Maßnahmen

Niederschlagen der Dämpfe
durch Wassernebel

Westfälische Rundschau
17. 12. 2003

Chlorgasunfall keine Gefahr für die Bürger

Gift trat aus undichtem Druckmesser im Netpher Freizeitbad aus

NETPHEN. (dh)

Ein Chlorgasaustritt im Freizeitbad im Obernautal verursachte gestern Morgen einen Großeinsatz der Netphener Feuerwehr.

Gegen 6.50 Uhr meldete ein automatischer Gasspürer den Chlorgasaustritt im Bereich der Technikräume des Netpher Hallenbades. Die Leitstelle in Siegen alarmierte daraufhin mit Sirene unter anderem die Feuerwehr-Löschzüge Netphen, Dreis-Tiefenbach und Grissenbach sowie den Rettungsdienst. Die Polizei übernahm die Absicherung der Gefahrenstelle im oberen Obernautal.

Die Überwachungstechnik im Erdgeschoss des Bades löste nicht nur den Alarm aus, sondern auch die

Sprinkleranlage. Der Wassernebel von der Decke der Technikräume dient dazu, die austretenden Gase in der Flüssigkeit zu lösen und damit die Gefahr für Menschen durch das Einatmen der hochgiftigen Chemie zu mindern.

Die Feuerwehr Netphen war laut Polizeibericht vom Nachmittag in kürzester Zeit vor Ort. Aufgrund der technischen Sicherungseinrichtungen und dem schnellen Arbeiten der Sicherheitskräfte habe nach Auskunft der Experten vom Amt für Arbeitsschutz und der Feuerwehr zu keiner Zeit eine Gefahr für die Bevölkerung bestanden.

Von den vier Beschäftigten, die sich zum Zeitpunkt des Vorfalles im Gebäude befanden, wurde niemand verletzt. Die Kripo Siegen nahm zusammen mit dem Amt für Ar-

beitsschutz sofort die Ermittlungen auf. Die Ursache war schnell gefunden. Ein defekter Manometer hatte den Gasaustritt verursacht.



Mit Chemieschutzanzügen und Atemschutz ging die Feuerwehr vor und schloss die Ventile der undicht gewordenen Chlorgasflasche.

WP-Foto: Henning Prill

Grubenlampen und

Schutz vor Atemgiften der Gruppe II



Atemschutzmaske mit Schutzfilter



Voraussetzung: keine Atemgifte der Gruppe I und Sauerstoffgehalt der Atemluft ist größer 17 Vol%.



Umluftunabhängiges Atemschutzgerät z. B. PA



Sofortmaßnahmen bei Schädigungen durch Atemgifte der Gruppe II:

- ❖ Verletzte in rauchfreie/gasfreie Bereiche bringen – in der Regel ins Freie und zur windzugewandten Seite (Luv) des Einsatzortes
- ❖ Verletzte stabil lagern – sitzend (nur bei Bewusstlosen stabile Seitenlage)
- ❖ Verletzte nie alleine lassen
- ❖ Feuerwehrarzt/Notarzt alarmieren

Gruppe III: Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen

toxische Wirkung:

spezielle Stoffwirkung

nach Aufnahme über die
Lunge auf:

- Blut
- Nerven
- spezielle Orgazellen

**Latenzzeit: Minuten - Stunden bis
einige Jahrzehnte**



Gruppe III: Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen

Chemische Substanz	Vorkommen
Kohlendioxid	Brandrauch (immer) Weinkeller Silos (Grünfutter-, Getreide-, Heu- Brunnenschächte, Stollen, Kanalisation
Kohlenmonoxid	Produkt unvollkommener Verbrennung (PIC) Bestandteil des Brandrauchs bei jedem Realbrand. Zimmerbrände 1 – 10% CO Zigarettenrauch 1,5 – 4,5% CO
Blausäure	Produkt unvollkommener Verbrennung (PIC) Bestandteil des Brandrauchs bei der Verbrennung stickstoffhaltiger Produkte z. B. Wolle, Stroh, Lebensmittel, Kunststoffe

Atemgift mit akut toxischer Wirkung: Kohlendioxid

Wirkung im Körper: Regulierung der Atmung

CO₂ – Konzentration Einatemungsluft

Symptome

0,1 %

Richtwert für Wohnraumkonzentration, oberhalb dieser Konzentration gesundheitliche Beeinträchtigungen (Pettenkofer Maßstab)

> 2%

Erhöhung von Atemfrequenz und Atemzugvolumen

4 – 6%

Kopfschmerzen, Herzklopfen, Blutdruckanstieg, psychische Erregung, Schwindel Benommenheit

> 10%

Krämpfe, Bewusstlosigkeit, Atemstillstand

> 20%

Bewusstlosigkeit innerhalb 25 sec; Atemstillstand

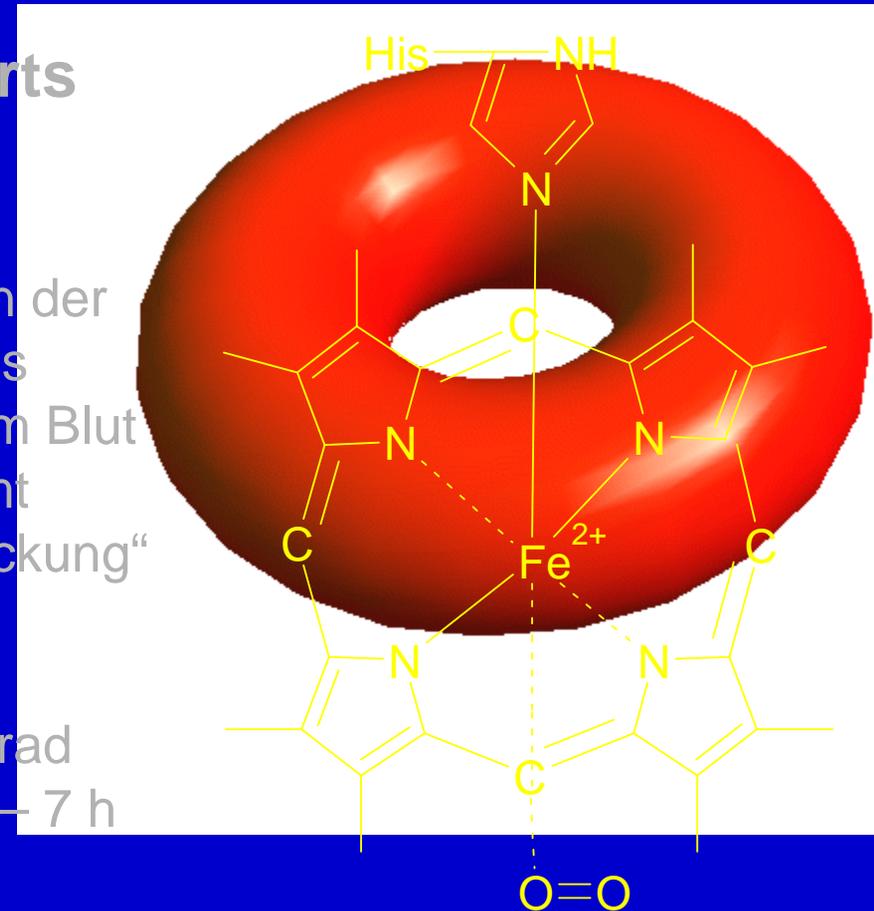
Kohlenmonoxid Vergiftung

Störung des Sauerstoff -Transports zu den Zellen

bei einer Kohlenmonoxid - Konzentration in der Atemluft von ~ 0,1 Vol% sind circa 50% des Hämoglobins blockiert und können damit im Blut keinen Sauerstoff transportieren , es kommt dann zu einer so genannten „inneren Erstickung“

Intoxikation: toxischer Effekt reversibel,
Halbwertszeit: abhängig vom Vergiftungsgrad
Luft (21 Vol% O₂) bei Normaldruck circa 2 – 7 h

CO



Atemgift mit akut toxischer Wirkung: Kohlenmonoxid

Symptome einer Kohlenmonoxid Vergiftung

CO Konzentration Luft	CO · Hb Blut	Symptome
	0,5 – 0,8%	CO · Hb aufgrund endogener CO Bildung
~ 0,005 %	5 – 10%	leichte Einschränkungen sinnlicher Wahrnehmungen
~ 0,01 %	10 – 20%	Kopfschmerz, Mattigkeit, Unwohlsein, Kurzatmigkeit Anstrengung, Herzklopfen
~ 0,05 %	20 – 30%	Schwindel, Bewusstseinsbeschränkung, Gliederschläffheit, - lähmung
	30 – 40%	Haut rosafarben, Bewusstseinschwund, Atmung verflacht, Kreislaufkollaps
	40 – 50%	tiefe Bewusstlosigkeit, Lähmung Cheyne - Stokes´ sche Atmung, Sinken der Körpertemperatur
~ 0,1 – 0,2 %	50 – 70%	tödlich innerhalb 10 min – 1 h
~ 0,3 – 0,5 %	> 70%	tödlich innerhalb weniger Minuten

Atemgift mit akut toxischer Wirkung: Kohlenmonoxid

....

Von den Leichenträgern im Leichenhaus ... konnte erfahren werden, daß diese die Leichen geborgen haben.

Nach deren Angaben lag das Kind auf dem Bett in Rückenlage. Der Kopf zeigte zum rechter Fenster.

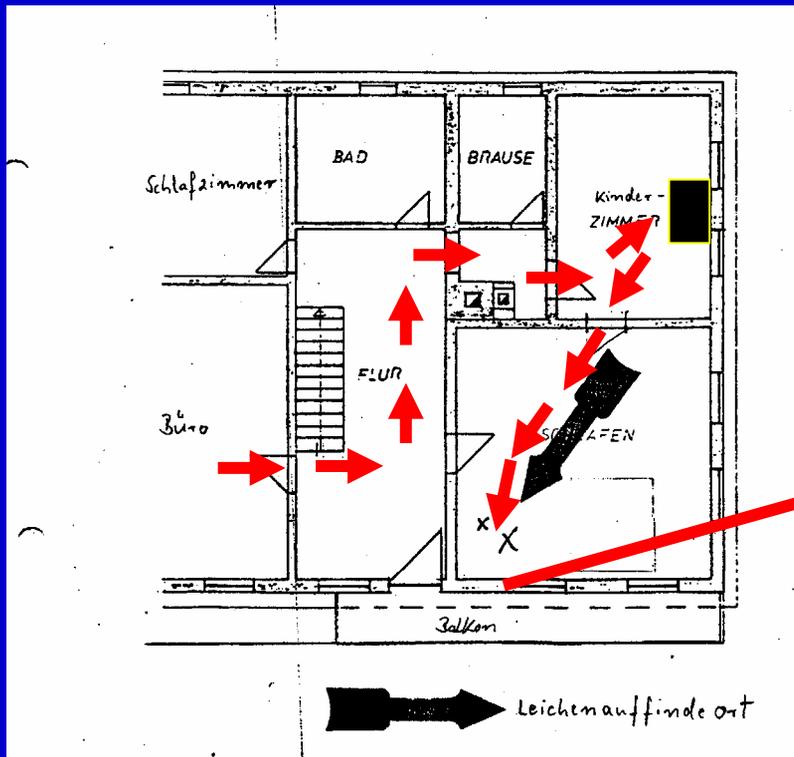
Frau S. lag unmittelbar vor dem Fenster auf der rechten Körperseite.

Aufgrund der Situation in diesem Zimmer im ersten davon auszugehen, daß Frau S. ihr Kind aus dem Raumholte, im Bereich des Fensters ablegte und das Fenster noch öffnen wollte.

Dies dürfte ihr aber aufgrund der starken Rauch- und Hitzeeinwirkung nicht mehr gelungen sein.

Von den noch anwesenden Feuerwehrleuten kann erfragt werden, daß bei deren Eintreffen dieses Fenster- geschlossen war.

Atemgifte mit akut toxischer Wirkung: Kohlenmonoxid



Die Kohlenmonoxidbestimmung im Herzblut von Doris S. ergab Werte zwischen 55 % und 69 %, die entsprechende Untersuchung des Herzblutes von Christoph S. erbrachte Werte zwischen 62 % und 75 %.

Diese Befunde belegen, dass Christoph und Doris S. zum Zeitpunkt des Brandes geatmet und somit gelebt haben. Die Kohlenmonoxidkonzentrationen erklären den Tod infolge der Einatmung von Brandgasen.

Atemgift mit akut toxischer Wirkung: Cyanwasserstoff (Blausäure)

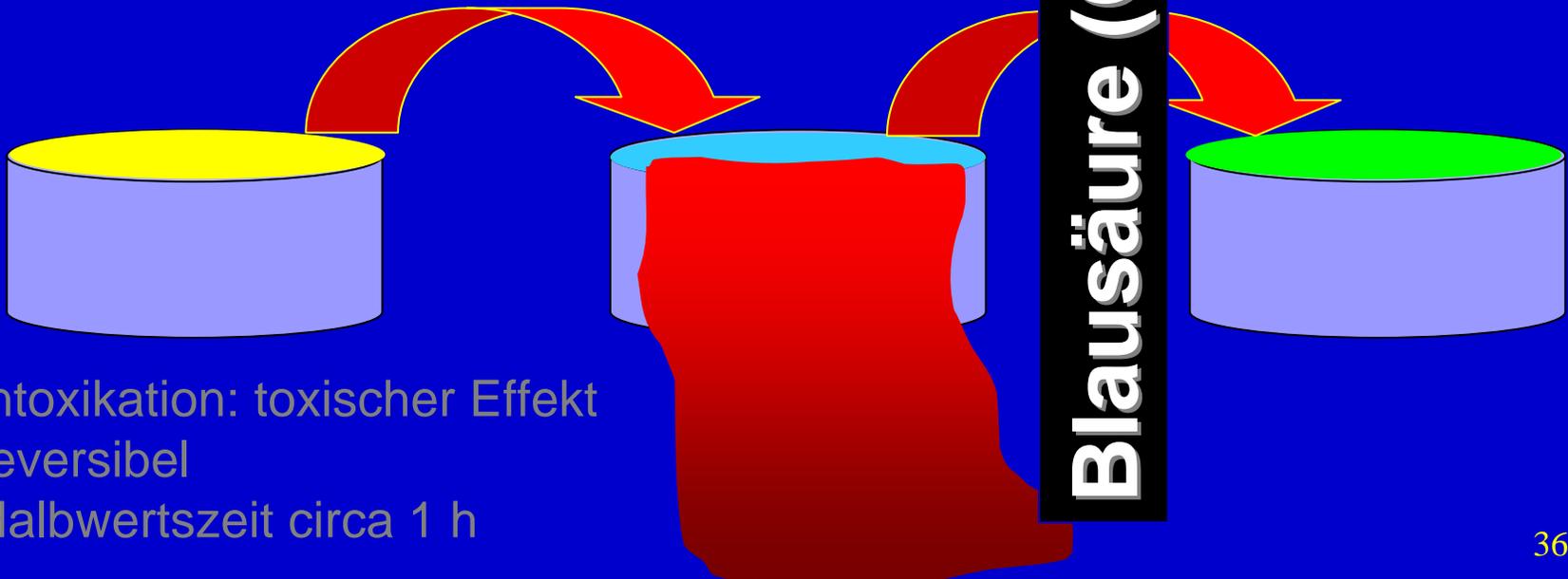
Wirkung Cyanwasserstoff: Blockierung der Atemkette

Atemkette



Sauerstoff

H_2O
Wasser



Intoxikation: toxischer Effekt
reversibel
Halbwertszeit circa 1 h

Rußbestandteile mit chronisch toxischer Wirkung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

circa 500 Einzelsubstanzen

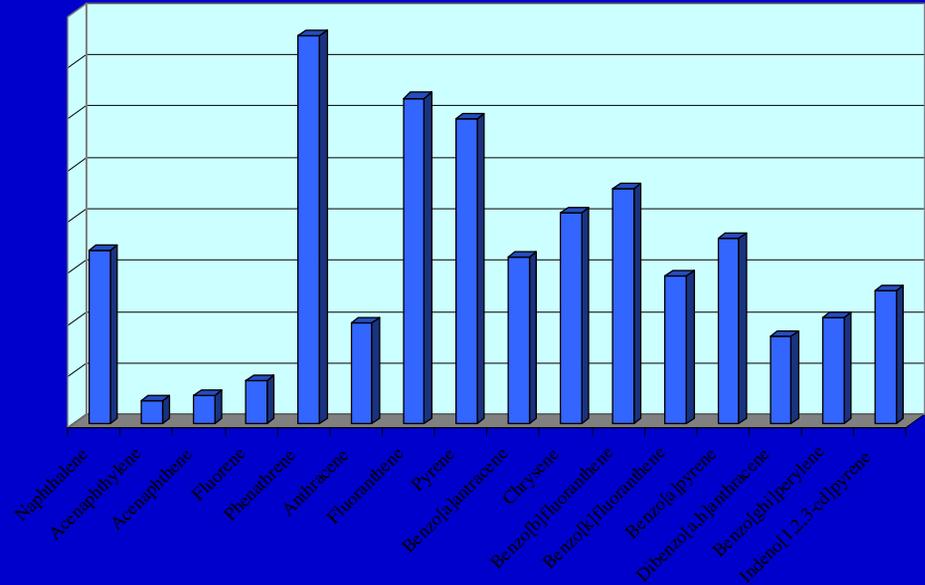
Konzentrationen PAK in Brandschutt

n.n. – 10.000 mg/kg und höher

Konzentrationen PAK in Ruß

n.n. – 100.000 µg/m² und höher

Relative Intensity EPA PAH Soot Condensate



1775 Percival Pott : Krebs bei Schornsteinfegern durch Ruß

Benzo[a]pyren [BaP]

akute Toxizität : ???

LD₅₀ (oral, rat): 50 – 500 mg/kg

chronische Toxizität: erbgutverändernd
krebserzeugend
fortpflanzungsgefährdend

toxische Effekte : nicht reversibel

ANAKON 2003 Konstanz 2 - 5 April 2003

Detection Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Real Fire Debris And In Soot Condensed On The Surface Of The Clothing Of Firefighters



K. Ehrmann^b, B. W. Wenclawiak^b

^a Universität Siegen, Analytische Chemie I, Adolf Reichwein Straße, 57068 Siegen wenclawiak@chemie.uni-siegen.de
^b Umwelt Schadstoff-Analyse Center, Bergmannsweg 3, 57080 Siegen



Figure 1: Combustion products of fire are: Products of complete Combustion e.g. Carbon dioxide and Products of incomplete Combustion (PIC) e.g. soot, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) etc.

Introduction

Under conditions of complete combustion organic matter will be completely converted into gaseous products e.g. carbon dioxide. Under real fire conditions oxygen is deficient, so the combustion of the fuel lead to incomplete and therefore the fire smoke contains different products of incomplete Production (PIC) e.g. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) (1, 2) and soot (Figure 1).

In compartment fires, in the absence of a vent for the escape of smoke and heat, hot smoke builds up a ceiling layer from which soot and non-volatile products of incomplete combustion condensed after cooling. These condensed products build up a soot layer which pollutes the surface of all things they contact (Figure 2 and 3). Some components of these condensed layers particularly PAHs are able to migrate from the surface of the polluted material into the material. The migration depends on the type of the polluted material e.g. lipophilic, density etc.



Figure 2 and 3: Soot condensation on surface of furniture and equipment

Results and Discussion

Fire debris and soot deposits of real fires contain polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in varied amounts. Quantity of the build PAHs depends on fuel load and fire conditions (Figure 7 and 8).

The pattern of distribution of relative intensity [I] of the detected 10 EPA PAHs [1] is typical and can be understood as a characteristic "finger print" of the fire scene (Figure 7 and 8).

The PAH naphthalene shows an ambivalent behavior. In 38% of the tested samples naphthalene shows a high level in relative intensity (relative intensity > 10%, Figure 7), in the other cases the relative intensity was very low (relative intensity < 1%) or naphthalene can not be detected.

In the tested fire debris and soot samples the PAHs phenanthrene, fluoranthene and pyrene shows a high level in relative intensity, while the PAH anthracene was very low. (Figure 7, 8, 9 and 10). This seems to be the typical pattern of EPA PAHs in fire debris and soot.



Figure 7: Pattern of the distribution of EPA PAHs in fire debris

Fuel load: polyethylene
 Ventilation: good ventilated fire
 Temperature: high temperature on the fire scene
 Soot: low soot deposition around the fire scene



Figure 8: Pattern of the distribution of EPA PAHs in fire debris

Fuel load: Cotton, polyethylene
 Ventilation: bad ventilated fire
 Temperature: low temperature on the fire scene
 Soot: very high soot deposition around the fire scene

Literature:

- [1] B. D. Cribb, R. Lang, Carcinogenesis - A comprehensive Survey, J. (1974), 209
- [2] I. Schuster, D. Hoffmann, Carcinogenesis - A comprehensive Survey, J. (1974), 225
- [3] EPA 615, Compilation of EPA's Sampling and Analysis Methods, 27 (1996)
- [4] K. Ehrmann, D. C. Hanz, W. Kwartung, B. W. Wenclawiak, Bausteine von der Forschung bis zur Praxis, GfCh-Monographie 12, (1999), 128



Figure 4: Sampling of soot from the surface

Sample Preparation

Extraction: Soxhlet Extraction 24 h hours
 Extraction solvent: dichloromethane
 Purification: Bakerbond spe PAH Sul
 Detection: GC HP 6890 GC - MSD
 Column: HP 5 MS 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm

Experimental

Sampling
Sampling from the surface: From a horizontal layer on the fire scene a define area (e.g. 20 x 20 cm) was rub off with professional sweep brushes (Kornwiper Linie 100, Kimberly Clark) (Figure 4).

Sample of fire debris: Samples of fire debris were collected on the fire scene outside the area of origin.

Samples from Firefighters: The samples were collected with exposure pads placed during fire fighting operation at the upper arm or at the respiratory protective apparatus. (Figure 5 and 6)



Figure 5: Exposure pad

Figure 6: Exposure pad

Relative Intensity EPA PAH Soot Condensate

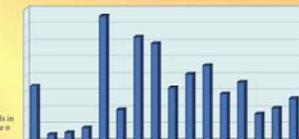


Figure 9: Pattern of the distribution of EPA PAHs in soot condensate (average n = 24)

Relative Intensity EPA PAH Fire Debris

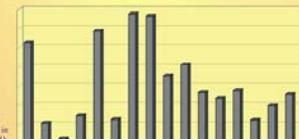
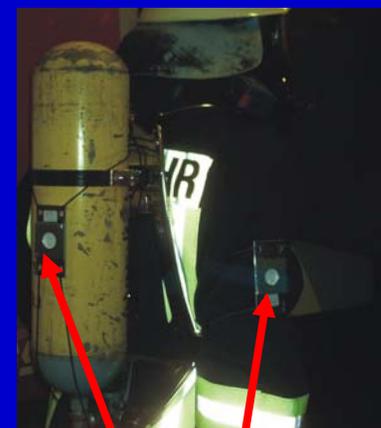


Figure 10: Pattern of the distribution of EPA PAHs in fire debris (average n = 13)

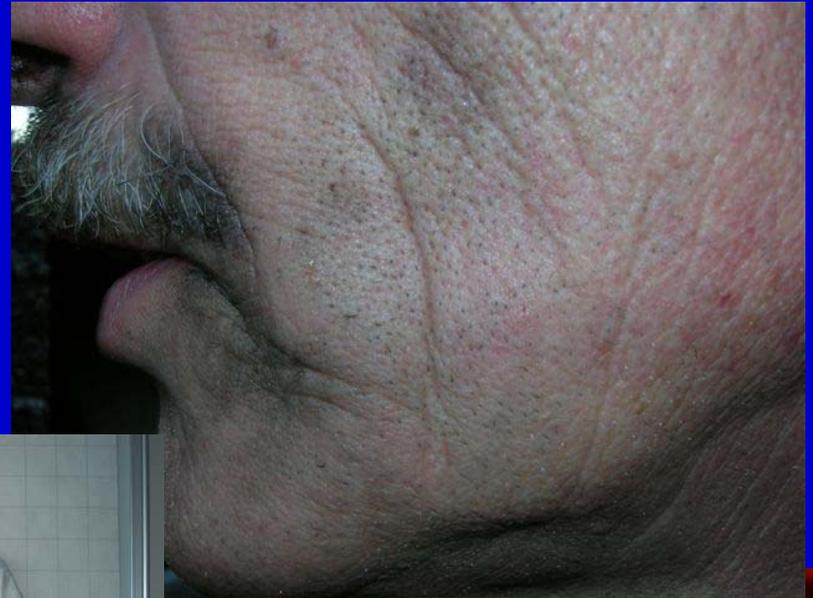
Conclusion

- The Pattern of distribution of EPA PAHs in fire debris and soot samples are characteristic like a "finger print" and depend on the fuel load and fire conditions on the fire scene.
- The PAH naphthalene shows an ambivalent behavior. In 38% of the tested samples naphthalene shows a high level in relative intensity; in the other cases naphthalene shows an low level or can not be detected.
- The typical pattern of EPA PAHs found in fire debris and soot seems to be a high level in relative intensity of phenanthrene, fluoranthene and pyrene and a low level in the relative intensity of anthracene.



FW Mann mit Exposure Pads

Russkontaminationen





**!!! Vor dem Essen
Hände waschen
nicht vergessen !!!**



4 A, 1B, 1C 4E



relative Gasdichte



Brandgas, Brandrauch



Kontamination, Inkorporation



Atemgifte Gruppe I, Beispiele



Atemgifte Gruppe II, Beispiele



Atemgifte Gruppe III, Beispiele



Schutz vor Atemgiften



Sofortmaßnahmen



!!! Kontaminationsverschleppung vermeiden !!!



!!! Sauberkeit der persönlichen Ausrüstung !!!



!!! Hygiene an der Einsatzstelle !!!

Diese Präsentation kann für nicht-kommerzielle Zwecke, für Unterricht und Ausbildung innerhalb der Feuerwehren und für feuerwehrdienstliche Zwecke uneingeschränkt unter Angabe des Autors und Feuerwehrfunktion (Klaus Ehrmann, Fachberater Chemie Feuerwehr Siegen und Feuerwehr Netphen) verwendet werden.

Veröffentlichungen, auch in elektronischen Medien, sind nach Rücksprache und schriftlicher Genehmigung durch den Autor möglich.

Kontakt

klaus.ehrmann@hse-consult.net

www.hse-consult.net

klaus.ehrmann@feuerwehr-siegen.com