

Ausbildungsunterlagen für Atemschutzgerägeträger



Atemschutzgerägeträger

3. Atemgifte

Atemschutzgeräteträger

3. Atemgifte



Inhalt

- 3.1 Grundlagen
 - 3.2 Begriffsbestimmung Atemgifte
 - 3.3 Arten von Atemgiften
 - 3.4 Brandrauch
 - 3.5 Schutz vor Brandprodukten
 - 3.6 Erste Hilfe bei Vergiftungen mit Atemgiften
-



1 Grundlagen

Es ist bekannt, dass

- bei Bränden schädigende Stoffe schnell, in großen Mengen und mit großer Gefährlichkeit entstehen können,
- bei Unfällen, Havarien und anderen Unglücksfällen mit gefährlichen Stoffen diese ungewollt freigesetzt werden können und ihre Umgebung bedrohen.

Durch Brandrauch und frei gewordene Gefahrstoffe kommt es zu Gefährdungen der Einsatzkräfte und aller, die sich im Gefahrenbereich aufhalten, z. B. Arbeitnehmer, Schaulustige und Unfall- bzw. Havarieopfer.

Die Gefährdungen gehen von Stoffen und Stoffverbindungen aus, wenn sie ihre Eigenschaften frei und ungehindert entfalten können. Wenn sie sich z. B. freisetzen, umbilden, oder ihre Konzentration erhöhen können, oder wenn im Brandrauch besonders viele Verbrennungsprodukte von Kunststoffen schweben. Dann entwickeln sich große Potenziale von Gefahren für Menschen, Tiere, Umwelt und Sachgüter.

Zum Glück sind dabei Großschadensereignisse selten. Aber auch bei kleineren Ereignissen können heute große Gefahrenpotentiale entstehen. Wenn die Feuerwehr zum Einsatz kommt, ist oft mit derartigen Situationen zu rechnen. Gefahren im Einsatz zur Brandbekämpfung ergeben sich vor allem durch

- Eigenschaften der Stoffe und
 z. B.: bei Leckagen an Rohrleitungen und Tankwagen entstandene Säurelachen, Säurenebel, Benzindämpfe
- Eigenschaften der Stoffe und Stoffverbindungen bei thermischer Zersetzung, z. B.: Pyrolyseprodukte wie Ruß mit Dioxinen und Furanen behaftet
- gasförmige Verbrennungsprodukte und Gemische gasförmiger Verbrennungsprodukte z. B.: Kohlenmonoxid, Brandrauch, Dioxine und Furane,
- Einsatz bestimmter Löschmittel, z. B. Kohlendioxid (CO₂).

Schädigende Stoffe können vorkommen.

Tabelle 1: Beispiele von Atemgiften mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen sowie deren Vorkommen

| Atemgift | Vorkommen |
|--|---|
| Kohlenwasserstoffe wie Aceton, Ether, Alkohole, Benzine, Benzole, Trichlorethylen („Tri“), Schwefelkohlenstoff | Lösungsmittel, Entfettungsmittel, chem. Industrie, Kunststoffherstellung, chemische Reinigung |
| Blausäure (HCN) | Schädlingsbekämpfungsmittel, chemische Industrie, galvanische Betriebe, Pyrolyseprodukt stickstoffhaltiger Kunststoffe |
| Kohlenstoffmonoxid (CO) | alle unvollkommenen Verbrennungen, Abgase |
| Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | alle vollkommenen Verbrennungen, Abgase, Gärkeller, Futtersilos, Löschmittel, Treibmittel, Wassergas (40% CO, 50% H ₂ Rest H ₂ O-Dampf, CO ₂ u.a.) |
| Quecksilberdämpfe | Spiegel-, Thermometerherstellung, Metallrauche, Löten, Schweißen, Schmelzen |

Bei vielen Schadensfällen lassen sich nachweisen. So entstehen bei Bränden z.B. ganze Komplexe in Wirkung und Aggregatzustand unterschiedliche Gifte.

Infolgedessen und wegen der Auswirkungen physikalischer Mechanismen verstärken sich oft noch ihre gefährlichen Einzelwirkungen auf den menschlichen Organismus.

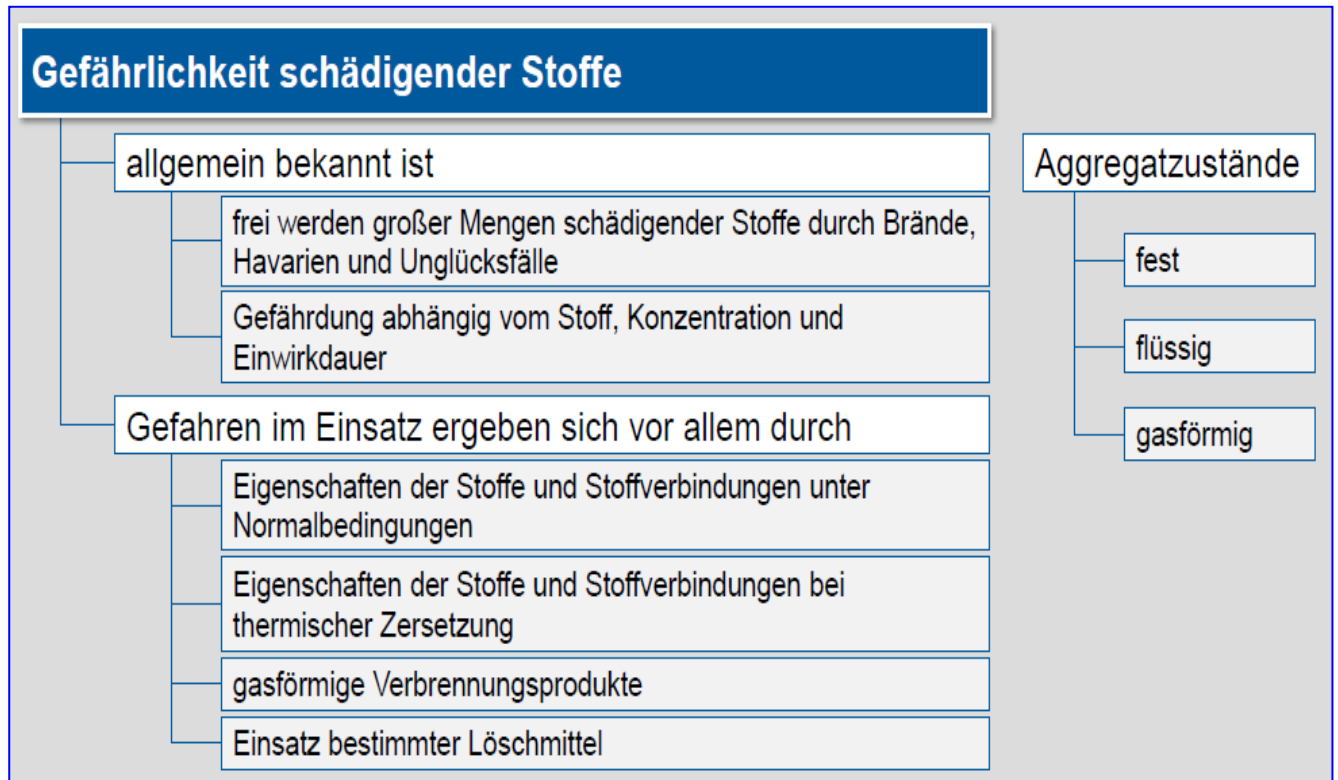


Bild 1: Gefährlichkeit der schädigenden Stoffe und Atemgifte – Überblick

Einen besonderen Stellenwert nehmen Rauchgase ein. Sie entstehen bei Bränden. Zwar ist die Brandbekämpfung im Gesamtaufkommen der Einsatzfähigkeit der Feuerwehren in Deutschland deutlich gesunken, aber derzeit entstehen immer noch etwa 1.500.000 Brände jährlich. Diese Zahl verändert sich über einige Jahre hinweg analysiert kaum. Erhöht hat sich dagegen die Zahl der tödlichen Rauchvergiftungen. So wurden jährlich etwa

- 600 Menschen getötet
- 6.000 Menschen schwer verletzt und
- 60.000 Menschen leicht verletzt.

Von den etwa 600 Brandtoten

- verlieren etwa 85 % durch eine Rauchvergiftung ihr Leben
- sterben über 80% in ihren Wohnungen
- werden 70 % nachts im Schlaf überrascht, wobei sogar über 90% durch Brandrauch vergiftet werden.

Hauptursache ist der immer rauchintensivere Verbrennungsvorgang. Das liegt vor allem an der gestiegenen Verwendung von Kunststoffen im Haushalt. Heute bestehen viele Haushaltsartikeln, Verpackungen, Wohnraumausstattungen und Möbel aus Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) und Polyvinylchlorid (PVC). Diese Kunststoffe erzeugen beim Verbrennen hoch giftige Gase, zum Teil sogar Ultragifte. Sie sind als „gefährlich bereits in geringen Mengen“ einzuschätzen.

Beispiel 1

Am 09.07. 2011 starb eine 85 jährige Frau in W. an den Folgen eines Zimmerbrandes. Die Einsatzkräfte fanden die Frau auf einem Sofa sitzend, gleichsam schlafend, vor.

Beispiel 2

Die meisten Opfer bei einem Brand sterben nicht an den Flammen. Es ist der Rauch, der sie umbringt. Die neuen Baumaterialien machen ihn immer giftiger. Er ist inzwischen so gefährlich wie ein Kampfgas für den Kriegseinsatz.

Beispiel 3

Versuche ergaben, dass ein brennendes Kunststofftelefon das Volumen eines Einfamilienhaus innerhalb von 10 Minuten komplett mit gefährlichem Rauchgas füllt. Eine 10 kg schwere Schaumgummimatratze, z.B. aus einem Kinderbett, erzeugt etwa 25.000 m³ gefährlichen Rauch.

Beispiel 4

Viele Kunststoffe, Farben usw. werden auf Chlorbasis hergestellt. Bei Bränden wird das Reizgas Chlor freigesetzt und kann neue Verbindungen eingehen, z.B. Senfgas, Chlorzyan, Chlorwasserstoff HCl, CN und CS (auch: Tränengase) und Salzsäure aus der Verbindung Chlorwasserstoff mit Luftfeuchtigkeit oder Löschwasser.

Beispiel 5

Polystyrol setzt unvollständig verbrannt Polystyrol und das Gas Styrol frei. Styrol kann das zentrale Nervensystem erheblich schädigen.

Beispiel 6

Das Einatmen von Kohlendioxid CO₂ innerhalb bestimmter Grenzen beschleunigt die Atemtätigkeit. Daraus entwickelt sich ein höherer Luftumsatz bzw. größeres Atemvolumen der betroffenen Person. Befindet sich diese ungeschützt in einer mit schädigenden Stoffen belasteten Umgebung, können diese Gifte schneller und in größeren Mengen in den Körper eindringen.

CO₂ vermag Sauerstoff aus der Einatemluft zu verdrängen. Deshalb nutzt man es erfolgreich in Löschanlagen als Löschgas. In größeren Mengen vorhanden kann es also den Sauerstoffanteil in der Einatemluft auf den gefährdeten Anteil von unter 17Vol.- drücken. CO₂ in Konzentrationen ab etwa 8 Vol.- % in der Einatemluft wirkt lähmend auf das Atemzentrum. Brandprodukte werden auf Grund ihrer Eigenschaften und Wirkungen als „für Menschen gefährlich“ eingeschätzt. Von diesen Stoffen und Stoffverbindungen gehen für den Menschen Gefahren aus, wenn sie ihn oberflächlich verschmutzen (kontaminieren) oder durch Atmung, Hautresorption, Wunddurchdringung oder Verschlucken in den Menschen eindringen (inkorporieren).

Die Art und Stärke der gefährlichen Wirkungen dieser Stoffe auf den Menschen bestimmen vor allem die Eigenschaften der gefährlichen Stoffe, die Höhe von Konzentration und Einwirkdauer, die Reaktionsfähigkeit mit anderen Stoffen, z. B. Luftsauerstoff und Löschmittel.

Tabelle 2: Atemgifte (Auswahl häufiger Brandprodukte)

| brennbarer Stoff | Verbrennungsprodukte (Atemgifte bei Vollbrand) | Verbrennungsprodukte Schwelbrand (Atemgifte in der Nachlöschphase) |
|---|--|---|
| Holz, Papier, Zellstoff | CO, CO ₂ , Aldehyde, Aromate, Essigsäure, KW | Aldehyde, Aromate, KW, PAK |
| Kunststoffe (Polymere mit C und H) | CO, CO ₂ , NO, Aldehyde, Aromaten, Carbonsäuren, gesättigte und ungesättigte KW | Aldehyde, Aromate, PAK |
| Kunststoffe (Polymere mit Halogenen) | CO, CO ₂ , HCl, COCl ₂ , CKW, Aldehyde, Aromaten, Chloraromaten, Carbonsäuren, PCD, PCDF | CKW, Aldehyde, Aromate, Chloraromate, Carbonsäuren, gesättigte und ungesättigte KW, PCD, PCDF |
| COCl ₂ = Phosgen, KW = Kohlenwasserstoffe, CKW = Chlorkohlenwasserstoffe, PAK = Polycyclische Kohlenwasserstoffe, PCD = Furane, PCDF = Dioxine | | |

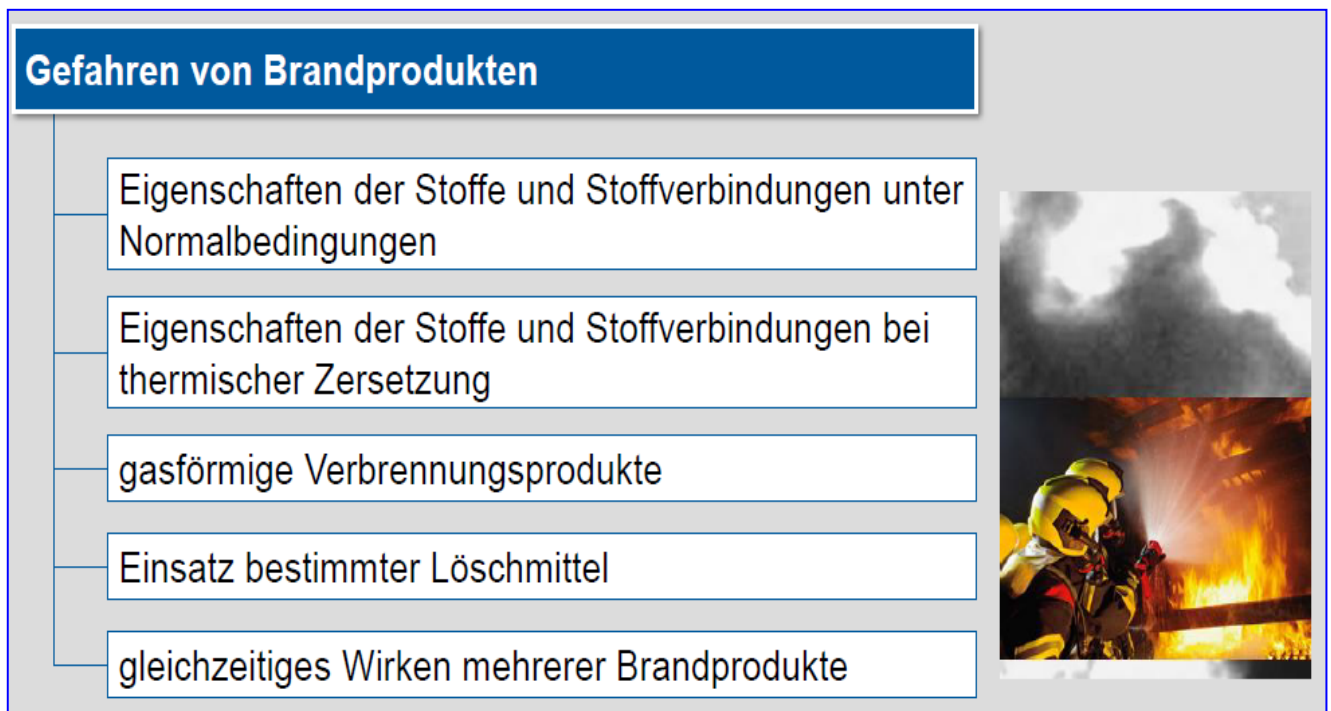


Bild 2: Gefahren der schädigenden Stoffe, Brandprodukte und der anderen Atemgifte

Gefahren von Brandprodukten ergeben sich vor allem durch

- die Eigenschaften der Stoffe und Stoffverbindungen unter Normalbedingungen, z. B. durch austretende Benzindämpfe,
- die Eigenschaften der Stoffe und Stoffverbindungen bei thermischer Zersetzung, z. B. durch Pyrolyseprodukte wie Kohlenmonoxid (CO) und Schwelgas,
- die gasförmigen Verbrennungsprodukte und Gemische gasförmiger Verbrennungsprodukte, z. B. Kohlenmonoxid, Brandrauch, Dioxine und Furane und
- den Einsatz bestimmter Löschmittel, z. B. Kohlendioxid (CO₂) und INERGEN
- das gleichzeitige Wirken mehrerer Brandprodukte, die bei Bränden als ganze Komplexe in Wirkung und Aggregatzustand unterschiedlicher Stoffe entstehen und u.a. erstickend, giftig, ätzend, betäubend, sensibilisierend, brennbar, explosiv und krebserregend wirken können. Viele von ihnen sind nicht sinneswirksam, also vom Menschen nicht erkennbar. Besonders gefährliche wirken meist bereits in kleinsten Mengen. Oft verstärken sich noch ihre gefährlichen Einzelwirkungen auf den menschlichen Organismus.

Dosis und toxischen Wirkungen der schädigenden Stoffe, Brandprodukte und anderer Atemgifte können vorübergehende oder bleibende gesundheitsschädigende Wirkungen verursachen oder zum Tod führen. Die Schwere der zu erwartenden Schädigungen ist besonders abhängig von den stofflichen Gegebenheiten:

- Eigenschaften
- Konzentration
- Einwirkdauer und
- Reaktionen mit anderen Stoffen

sowie vom Geschädigten selbst, vor allem durch:

- Verträglichkeit
- körperlicher Zustand
- Luftbedarf und
- Art und Umfang seiner Schutzausrüstung.

2 Begriffsbestimmung Atemgifte

Grundsatz Atemschutz

..... einwirken können.
 Atemgifte können auch Stoffe sein, die zwar ungiftig sind aber sauerstoffverdrängend bzw. ersticken wirken.

Die Gefährlichkeit eines Atemgiftes ergibt sich aus seiner Konzentration und seiner Einwirkungsdauer. Ihre Dosis und ihre Wirkungen können vorübergehende oder bleibende gesundheitsschädigende Wirkungen verursachen oder sogar zum Tod führen. Besonders typische Beispiele enthält Tabelle 2. Die Beurteilung der Gefährlichkeit eines Atemgiftes ist sehr schwierig, da es Atemgifte gibt, die schon in geringer Konzentration bei nur kurzzeitiger Einatmung den Tod herbeiführen, während andere Atemgifte, auch bei hoher Konzentration und langer Einwirkungsdauer, nur Gesundheitsschäden geringeren Ausmaßes verursachen. Besonders typische Beispiele enthalten die Tabellen 2 und 3

| Tabelle 3: Gefährlichkeit häufiger Atemgifte | | |
|--|--|---|
| Atemgift | Vorkommen | gefährliche Konzentration aus |
| Kohlenmonoxid (CO) | bei allen unvollständigen Verbrennungen | 25 - 70 g brennbarer Stoff m ³ Raum (0,2 Vol.- % CO) |
| Blausäure (HCN) | Brände in der Chemie- oder Textilindustrie, bei Bränden von Federn, Kunststoffbrände | 200 - 300 g Polyurethan - Weichschaum je m ³ Raum (0,01 Vol.- % HCN) |
| Chlorwasserstoff (HCl) | Brände von PVC, z.B. Kabel- lager und Fußbodenbelag. | 4 - 8 g PVC je m ³ Raum (0,004 Vol.- % HCl) |

Grundsatz Atemschutz

Atemgifte sind in der Luft befindliche Gase, Dämpfe und Schwebstoffe, die mit der Atmung in den menschlichen Körper gelangen und dort schädlich auf den Organismus einwirken können.

Atemgifte können auch Stoffe sein, die zwar ungiftig sind aber sauerstoffverdrängend bzw. ersticken wirken.




Bild 3: Begriff Atemgift

3 Eigenschaften von Atemgiften

3.1 Allgemeine Eigenschaften

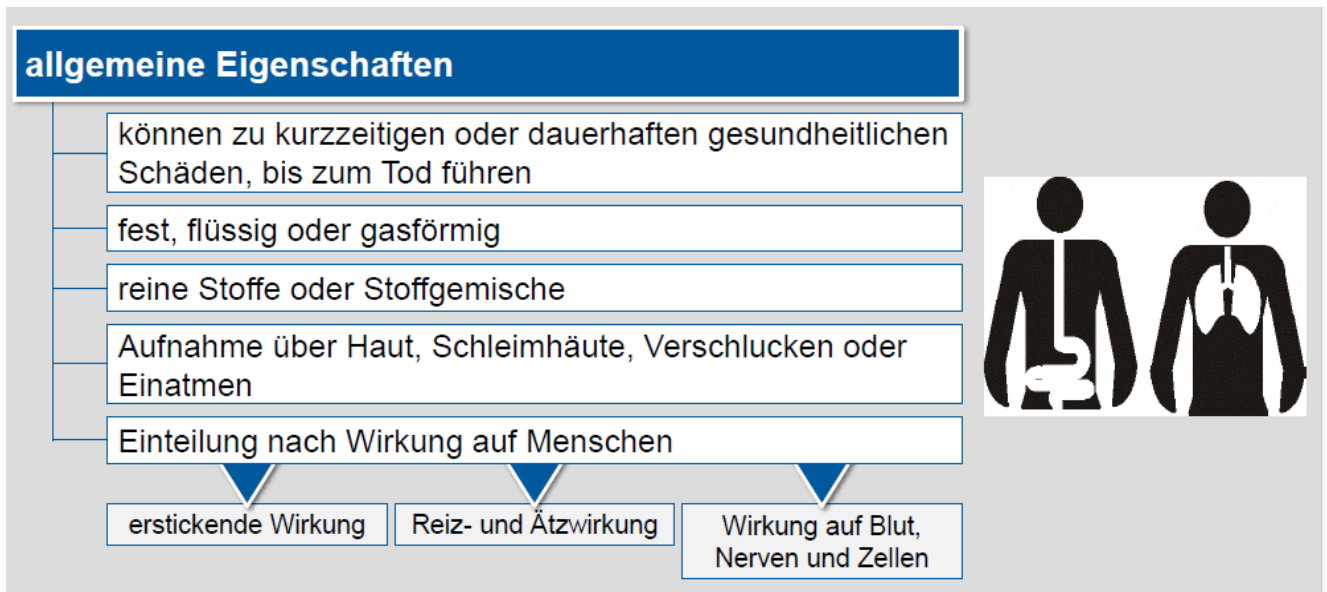


Bild 4: Eigenschaften der Atemgifte und Einteilung nach ihren physiologischen Eigenschaften

Atemgifte können zu dauernden oder kurzzeitigen Gesundheitsschäden des betroffenen Menschen oder seiner Nachkommen führen oder direkt zum Tod führen (Bild 3). Atemgifte können fest, flüssig oder gasförmig sein, als reiner Stoff oder Stoffgemisch auftreten und durch direkten Kontakt mit Haut, Augen und Schleimhäuten in den Körper gelangen, aber auch durch Verschlucken und Einatmen.

Atemgifte besitzen eine oder mehrere der folgenden schädigenden Eigenschaften:

- brennbar und explosionsgefährlich
- giftig
- ätzend oder reizend
- allergieauslösend
- krebserzeugend
- fruchtschädigend oder erbgutverändernd
- umweltgefährlich.

Auf Grund des unterschiedlichen physikalischen Verhaltens der Atemgifte und ihre verschiedenen chemischen Reaktionsfähigkeiten besitzen diese gefährlichen Stoffe unterschiedliche Eigenschaften. Viele Atemgifte besitzen mehrere Eigenschaften. Einige Atemgifte erhalten bei besonders hohen Konzentrationen die Fähigkeit, die Haut zu schädigen oder durch die Haut in den Körper einzudringen. Zu den hautschädigenden Atemgiften gehören solche mit Reiz- und Ätzwirkung, z. B. Ammoniak. Zu den hautresorptiven gehört eine Reihe von Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und andere Zellen, z. B. Benzol.

3.2 Physiologische Eigenschaften der Atemgifte

Grundsatz Atemschutz

Die für den Schutz des Lebens wichtigste Haupteigenschaft ist die Wirkung der Atemgifte auf den Menschen. Atemgifte teilt man nach Wirkung auf den Menschen in drei Gruppen ein:

- Atemgifte
- Atemgifte und
- Atemgifte

3.2.1 Atemgifte mit Wirkung

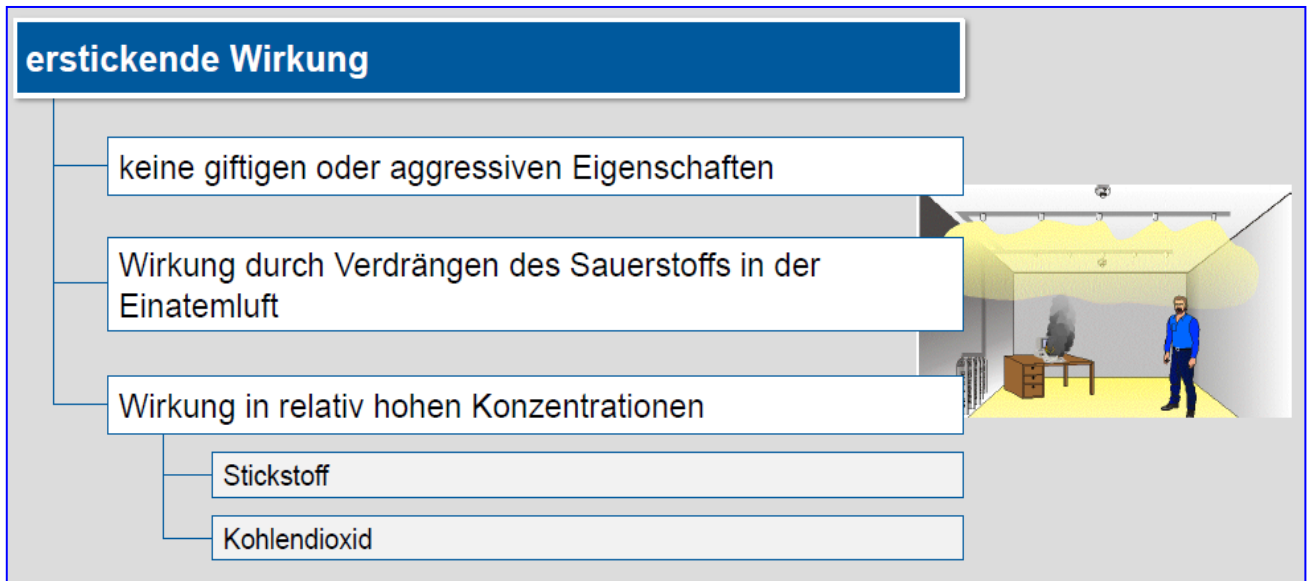


Bild 5: Atemgifte mit erstickender Wirkung

Atemgifte mit erstickender Wirkung besitzen keine giftigen oder aggressiven Eigenschaften. Sie vermögen aber den Sie wirken nur in relativ hohen Konzentrationen. Dadurch kommt es zu Sauerstoffmangel in der Einatemluft und Sauerstoffmangelerscheinungen im Körper. Nur durch einen speziellen Nachweis mit entsprechenden Nachweis - oder Messgeräten kann festgestellt werden, ob der Sauerstoffanteil zu niedrig ist.

Tabelle 4: Beispiele von Atemgiften mit erstickender Wirkung und deren Vorkommen *)

| Atemgift | Vorkommen |
|--------------------------------------|---|
| Stickstoff N ₂ | Kesselbau, Schlossereien, Stahlbau |
| Wasserstoff H ₂ | Heizgas, Stahlbau, chem. Industrie |
| Methan CH ₄ | Hauptbestandteil des Erdgases, Kläranlagen Jauchegruben, Futtersilos, Kanalisation |
| Ethan C ₂ H ₄ | Bestandteil des Erdgases, chemische Industrie |
| Edelgase, z. B. Argon, Helium, Neon | Schutzschweißen, Leuchtreklame, chemische Industrie |
| Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | alle vollkommenen Verbrennungen, Abgase, Gärkeller, Futtersilos, Löschmittel, Treibmittel, Wassergas (40% CO, 50% H ₂ Rest H ₂ O-Dampf, CO ₂ u.a.) |

*) nach Lehrunterlage der BF Frankfurt/a.M.

Beispiel Stickstoff (N₂):

- mit 78 Vol.- % Anteil Hauptbestandteil der Luft
- farb-, geruch- und geschmackloses, nichtbrennbares Gas
- leichter als Luft
- Vorkommen: elementar, in Verbindung mit organischen Stoffen (Stickoxid bzw. nitrose Gase) u.a. in Abgasen,
- Verwendung: Düngemittel, Inertgas, Schutzgas beim Schweißen, Treibmittel in Löscheräten.

| Tabelle 5: Zusammenfassung der Eigenschaften von Stickstoff | |
|---|--|
| Charakteristik | Stickstoff |
| Sinneswirksamkeit | sinnesunwirksam, vom Menschen nicht wahrnehmbar. |
| toxische Wirkungen: | Keine giftige Wirkung. Stickstoff verdrängt jedoch den Sauerstoff und kann in geschlossenen Räumen zu Bewusstlosigkeit oder zum Erstickungstod führen. |
| physikalische Wirkung: | Inertisierung |

3.2.2 Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung

Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung z.B. Schleimhäute der Atemwege und das Lungengewebe. Ihre Wirkung verstärkt sich bei fehlender oder unzureichender Entgiftung. Durch die vorhandene Feuchtigkeit in den Atemorganen können diese Stoffe und Stoffverbindungen mit aggressiven Wirkungen sogar verursachen. Je nach Konzentration dieser Stoffe können bis zu akuten Symptomen sogar 1-2 Tage vergehen.

Die gefährlicheren Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung sind die wasserunlöslichen Vertreter, da sie anfänglich unbemerkt in den Körper eindringen können und erst an ihrer Wirkung erkannt werden, z.B. am Lungenödem, also der Zerätzung der Alveolarwände der Lungenbläschen und deren Überflutung mit Blut. Durch die Zerstörung der Atemwege und dann fehlende Flächen zur Sauerstoffdiffusion sowie durch die Überflutung zerätzter Lingenbläschen entsteht Sauerstoffmangel.

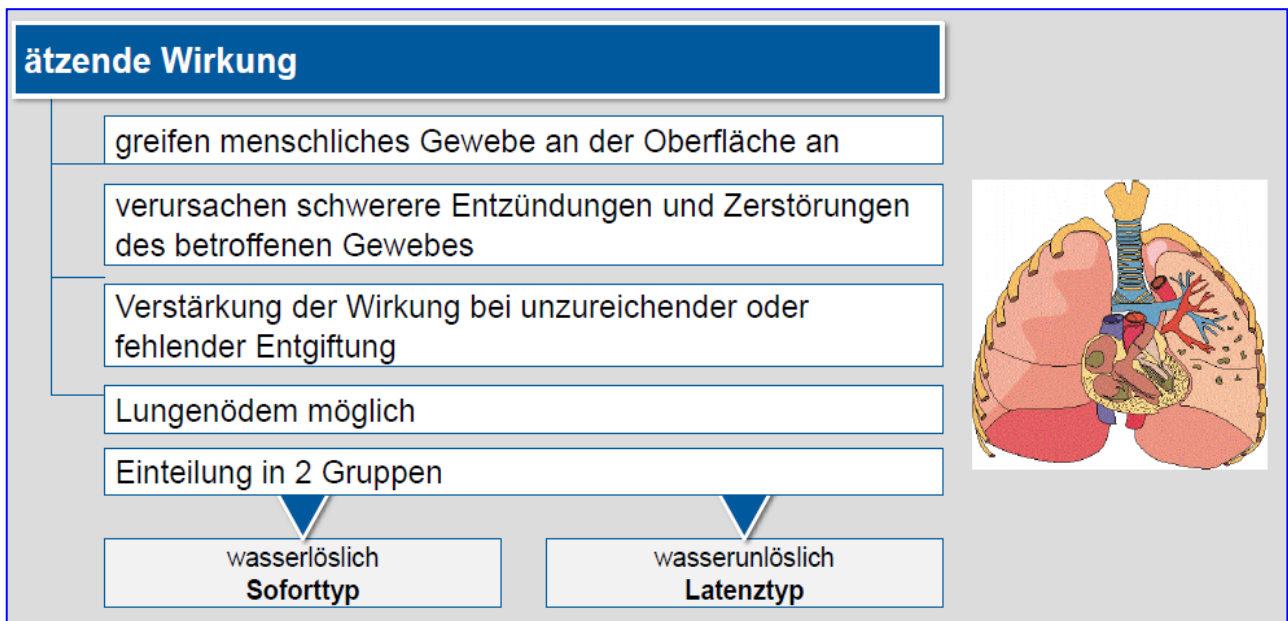


Bild 6: Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung

Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung lassen sich in zwei Gruppen einteilen (siehe Tabelle 5): wasserlöslich (Soforttyp - deutlich sinneswahrnehmbar) und wasserunlöslich (Latenztyp - nicht sinneswahrnehmbar). Gefährlicher sind die nicht sinneswahrnehmbaren, weil der Mensch die nicht ohne weiteres spürt. Deshalb kann er sich nicht sofort vor diesen Wirkungen schützen.

| Tabelle 6: Eigenschaften und Vertreter der Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung | | |
|--|---|---|
| Charakteristik | (Soforttyp) | (Latenztyp) |
| Kontaktstellen mit dem Organismus | feuchte Gewebestellen, z.B. Schleimhäute der Atemwege | gesamte Oberfläche der Atemorgane |
| Auslösung Atemschutzreflex | sofort nach dem ersten Einatmen infolge extremer Reizung der oberen Atemwege (stark sinneswirksam) | keine selbstständige Auslösung (sinnesunwirksam), oft erst nach längerer Zeit bemerkbar |
| typische Vertreter | Ammoniak (NH ₃) Chlor (Cl ₂) Schwefeldioxid (SO ₂) Säuredämpfe | Phosgen (COCl ₂) Nitrose Gase |

| Tabelle 7: Beispiele von Atemgiften mit Reiz- und Ätzwirkung und deren Vorkommen | |
|---|--|
| Atemgift | Vorkommen |
| Chlor Cl ₂ | Wasseraufbereitung, Badeanstalten (Desinfektion), Wäschereien (Bleichmittel), Zellstoff- und Papierindustrie |
| Dämpfe von Säuren | - Dämpfe der Flusssäure: Glasätzereien, Lötarbeiten, Klempnereien, Galvanische Betriebe - Dämpfe der Kalilauge: Batterieladestation, Seifen-, Waschmittel-Farbenindustrie, Herstellung von Pottasche - Dämpfe der Natronlauge: Seifen-, Waschmittel-, Textil- Zellstoff- und Papierindustrie |
| Nitrose Gase (NO ₂ , NO, N ₂ O, N ₂ O ₃) | Auftreten bei Reaktionen zwischen Salpetersäure und organischen Stoffen, Düngemittelzersetzung, Brand in Kunstdüngerlagern, Brand von Zellhorn und Sprengstoffen, Schweißen in engen Räumen |
| Phosgen (COCl ₂) | Farbstoffindustrie, Arzneimittelindustrie, Kampfmittel, Schaumstoffproduktion |
| Ammoniak (NH ₃) | ältere Kälteanlagen, Düngemittelindustrie, Fäkaliengruben und Kanalisation |
| Schwefeldioxid (SO ₂) | Abbrand schwefelhaltiger Stoffe, Schädlingsbekämpfungsmittel |
| Stäube von Hydroxiden | - Stäube von Natriumhydroxid (Ätznatron): Seifenindustrie - Stäube von Kaliumhydroxid (Ätzkali): Seifenindustrie, Papierherstellung - Stäube von Kaliumhydroxid (Ätzkali): Düngemittel, Mörtelwerke, Neutralisation von Säureabfällen |

Beispiel für ein wasserlösliches Atemgift mit Reiz- und Ätzwirkung: Ammoniak (NH₃):

- farbloses, stark stechend riechendes Gas
- höhere Konzentrationen lösen Atemschutzreflex aus
- leichter als Luft
- wasserlöslich
- brennbar, im Bereich zwischen 15 und 28 Vol.- % explosiv
- Verwendung: Kälteanlagen, Farbindustrie, Bleicherei, Düngemittel.

Beispiel für ein wasserunlösliche Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung: nitrose Gase (NO_x)

- Sammelbezeichnung von Stickstoff – Sauerstoffverbindungen, häufigstes Nitrose Gas ist das Stickstoffdioxid (NO₂)
- rotbraunes, nicht brennbares Gas

- schwerer als Luft
- entsteht in hohen Konzentrationen bei der Verbrennung von Düngemitteln und bei Reaktionen mit Salpetersäure
- lassen sich nur schwer mit Wasser niederschlagen
- geringe Sinneswirksamkeit
- selbst höhere Konzentration lösen keinen Atemschutzreflex aus
- führen meist zu Lungenödem.

| Tabelle 8: Zusammenfassung der Eigenschaftender Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung | |
|---|--|
| Beispiele | Ammoniak, Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlor/ Salzsäure, Phenol, Paraffin, u.a. |
| Eigenschaften | - wasserlösliche Vertreter: stechender oder markanter Geruch - wasserlösliche Vertreter: schwer wahrnehmbar |
| Toxische Wirkungen | diese Atemgifte schädigen oder zerstören die Lungenbläschen und Atemwege durch ihre ätzende Wirkung. |
| Physikalische Wirkungen | verätzen von Oberflächen aller Art |

3.3.3 Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen

Zu dieser Gruppe gehört eine große Anzahl von verschiedenen wirkenden Atemgiften. Eine Einteilung in Gruppen ist nicht mehr möglich. Die meisten Vertreter wirken bereits in

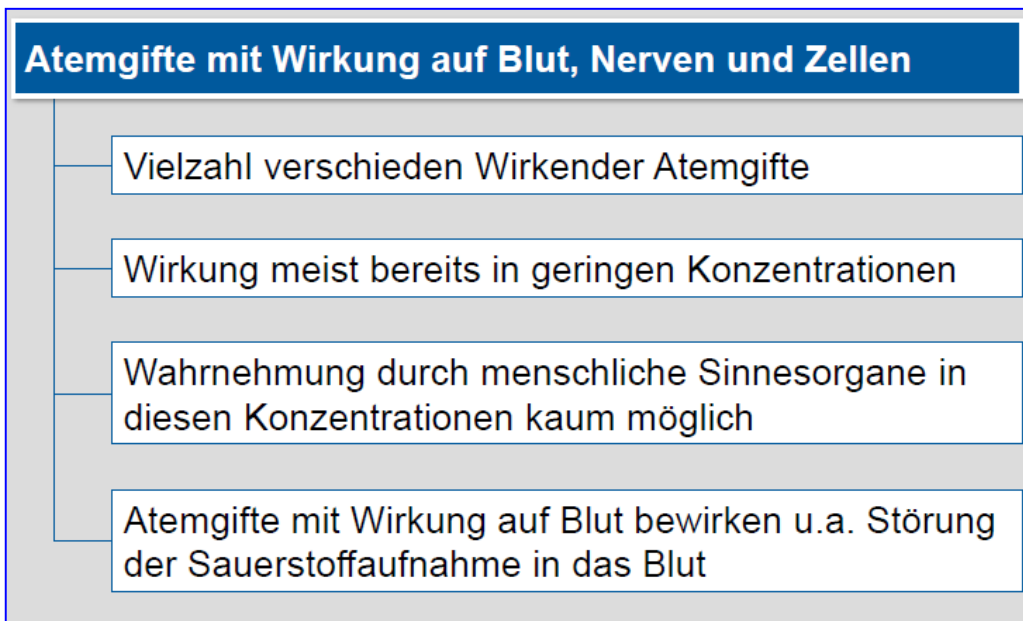


Bild 7: Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen

Atemgifte mit Wirkungen auf Blut – Blutgifte

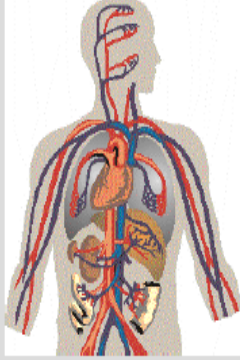
Atemgifte mit Wirkung auf Blut bewirken u.a. Störungen der Sauerstoffaufnahme in das Blut und des Sauerstofftransportes, z.B. Kohlenmonoxid CO. Es ist das wohl häufigste Atemgift dieser Gruppe. CO ist

- ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas,
- nahezu gleichschwer wie Luft,
- bereits in geringen Mengen giftig,
- brennbar, im Bereich zwischen 12 und 75 Vol.- % sogar explosiv,

- mit bis zu 300 mal größeres Bindungsbestreben an die roten Blutkörperchen als Sauerstoff ausgestattet, wodurch Aufnahme und Transport von Sauerstoff im Körper blockiert wird und zu den in Tabelle 4 dargestellten Symptomen, letztendlich zur so genannten "inneren Erstickung", führt.

Atemgifte mit Wirkung auf Blut – Blutgifte

- Bewirken Störung der Sauerstoffaufnahme und des Sauerstofftransportes
- Kohlenmonoxid häufigstes Atemgift dieser Gruppe
- Eigenschaften Kohlenmonoxid (CO)
 - farb-, geruch- und geschmackloses Gas
 - etwa so schwer wie Luft
 - bereits giftig in geringen Mengen
 - brennbar, bis explosiv
 - bis zu 300 mal größeres Bindungsstreben an die roten Blutkörperchen als Sauerstoff






Bild 8: Atemgifte mit Wirkung auf Blut (Blutgifte)

Hinzu kommt, dass sich der Abbau des aufgenommenen CO aus dem Organismus sehr langsam vollzieht. In 4 Stunden kann durchschnittlich nur 50 - 60 % des aufgenommenen CO abgebaut werden. Eine weitere Gefahr durch das CO besteht durch seine Brennbarkeit. Durch sein großen Zündbereich von 12 bis 75 Vol.- % kann es jederzeit zu einer, je nach Konzentration mehr oder weniger heftigen, Entzündung kommen.

| Tabelle 9: Symptome bei ausgewählten CO-Konzentrationen | |
|--|---|
| CO - Konzentration [Vol.- %] | Symptome |
| 0,005 | keine Gesundheitsgefährdung zu erwarten |
| 0,01 | nach mehreren Stunden leichte Kopfschmerzen |
| 0,05 | nach mehreren Stunden starke Kopfschmerzen, Schwindel und Ohnmachtneigungen |
| 0,1 - 0,2 | Tod nach 30 min |
| 0,3 - 0,5 | Tod nach wenigen Minuten durch Atemlähmung und Herzversagen |

CO entsteht bei allen unvollkommenen Verbrennungen, z. B. ist es in Auspuffgasen enthalten (Ottomotor - Leerlauf: 3 bis 10 Vol.-%, Ottomotor - Vollast: ca. 1 Vol.-%) und allen Bränden, besonders bei Schwelbränden. Kohlenmonoxid entsteht bei unvollständigen Verbrennungen, vor allem also bei Schwelbränden oder Bränden unter Sauerstoffmangel. CO ist geruchs-, farb- sowie geschmacklos. Das Molekulargewicht liegt unterhalb der Luft. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von CO beträgt: 30 ppm bzw. 35 mg m⁻³ (TRGS 900).

| Tabelle 10: Zusammenfassung der Eigenschaften von Kohlenmonoxid (CO) | |
|---|--|
| Stoff: | Kohlenmonoxid (CO) |
| Eigenschaften: | - vom Menschen nicht wahrnehmbar. - entsteht bei jedem Brand, überwiegend bei Bränden mit wenig Sauerstoffzufuhr. |
| Toxische Wirkungen: | - starkes Blutgift* - schädigt Gehirn - verursacht Seh-, Lungen-, Leber-, Nieren- und Gehörschäden. |
| Physikalische Wirkung: | brennbar |

Atemgifte mit Wirkung auf Nerven - Nervengifte:

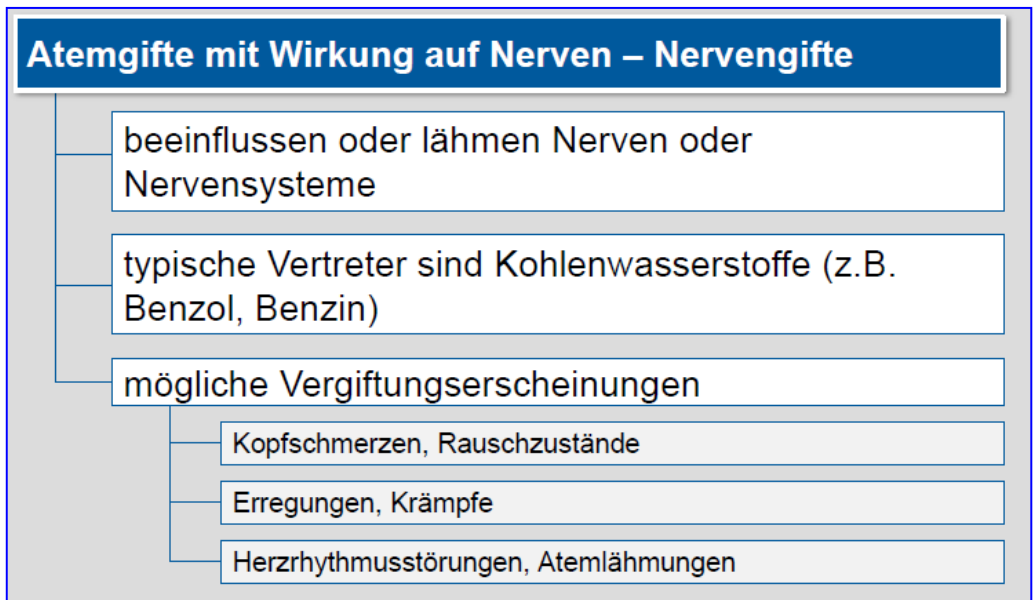


Bild 9:
 Atemgifte mit Wirkung auf Nerven (Nervengifte)

Atemgifte mit Wirkung auf Nerven
 Typische Vertreter sind Kohlenwasserstoffe, wie Benzine und Benzole. Diese Flüssigkeiten können als Dampf eingeatmet u.a. zu Kopfschmerzen, Rauschzuständen, Gesichtsröte, Erregung, Krämpfen, Herzrhythmusstörungen und Atemlähmung führen.
 Darüber hinaus verfügen Vertreter dieser Stoffe oft große Explosionsbereiche. Dadurch und durch ihre niedrigen Siedepunkte stellen sie ein erhebliches Gefahrenpotential dar.

Atemgifte mit Wirkung auf Zellen - Zellgifte:

Zellgifte
 z. B. Cyanwasserstoff HCN (Blausäure).

Atemgifte mit Wirkung auf Zellen– Zellgifte

behindern Übergang des Sauerstoffes vom Blut in die Zellen

typische Vertreter sind Cyanwasserstoff
HCN (Blausäure)

leichter Geruch nach bitteren Mandeln

Entsteht vorrangig bei Verbrennung von Kunststoff

brennbar, Zündbereich 4 Vol.% bis 45 Vol.%

Lösung von HCN-Dämpfen in Wasser → Blausäure

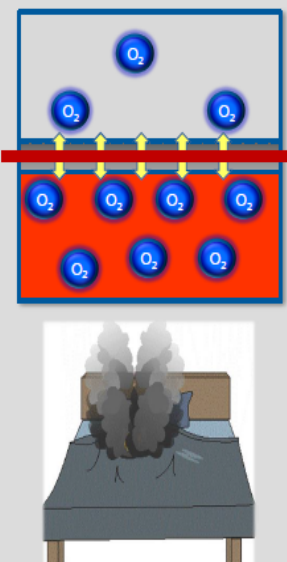


Bild 10: Atemgifte mit Zellwirkung

Cyanwasserstoff ist normalerweise eine farblose Flüssigkeit, von der ein typischer Bittermandelgeruch ausgeht. Doch auf Grund ihres niedrigen Siedepunktes (ca. -26°C) entwickelt die Flüssigkeit schon bei niedrigen Temperaturen Dämpfe. Der Flammpunkt von Cyanwasserstoff liegt unter -20°C . Der Zündbereich liegt bei 4 - 45 Vol.%, der ehemalige MAK-Wert bei 10 ml/m^3 .

Die Lösung von Cyanwasserstoffdämpfen in Wasser bezeichnet man als Blausäure. HCN ist ein sehr starkes Atemgift, das bei hohen Konzentrationen auch über die Haut aufgenommen werden kann. Bei besonders hohen Konzentrationen wirkt es ähnlich dem Kampfstoff Sarin. Es wirkt unmittelbar in den einzelnen Körperzellen, in dem es dort die innere Atmung unterbindet. So führt es zum so genannten inneren Erstickten. Cyanwasserstoff tritt vorwiegend bei der Verbrennung stickstoffhaltigen Kunststoffen auf, die in fast allen Wohn- und Industriebereichen verwendet

Tabelle 11: Zusammenfassung der Eigenschaften von Blausäure HCN

| Stoff: | Blausäure |
|-------------------------------|--|
| Eigenschaften: | - riecht leicht nach bitteren Mandeln. - Entsteht überwiegend bei Verbrennung von Kunststoffen. |
| Toxische Wirkungen: | hochschädliches Zellgift, blockiert den Stoffwechsel und die Sauerstoffaufnahme der Zellen |
| Physikalische Wirkung: | verätzt Oberflächen aller Art. |

4 Brandrauch

4.1 Grundlagen

Brandrauch entsteht Auf Grund der entstehenden Brandwärme vergrößert sich das Volumen des Brandgases. Es wird leichter als die Umgebungsluft und steigt nach oben. Diese Bewegung, die Thermik des Brandgases, reißt bei genügender Stärke Schwebstoffe mit, auch solche mit schädigender Wirkung. Das Gemisch aus Brandgas und flüssigen bzw. festen Schwebstoffen bezeichnet man als Brandrauch. Der Kontakt mit dem Brandrauch wird durch das Aufsteigen des Brandrauches vom Brandgut erleichtert und kann ungeschützt zu schwersten Vergiftungen führen.

Grundsatz Atemschutz

Brandrauch ist ein Stoffgemisch aus einer Vielzahl von Feststoffen, Gasen, Dämpfen und Aerosolen. Er wird gebildet, in dem die Thermik des Brandes im Brandgas Teilchen mit reißt. Solche Teilchen können unverbrannte oder teilverbrannte Stoffteilchen, Flüssigkeitströpfchen Asche und Ruß sein.

Brandrauch lässt sich vereinfacht folgendermaßen darstellen:

Brandrauch = + +

Brandrauch kann den menschlichen Organismus erheblich schädigen. Er enthält bis zu 5.000 verschiedene giftige und ätzende Stoffe.

Bei vielen Bränden entstehen aus geringen Mengen brennbarer Stoffe große Mengen Atemgifte und andere schädigende Stoffe mit teilweise extremen Vergiftungspotentialen.

Brandrauch besitzt folgende gefährliche Wirkungen, die in Abhängigkeit von Zusammensetzung und Konzentration

-
-
-
-
-

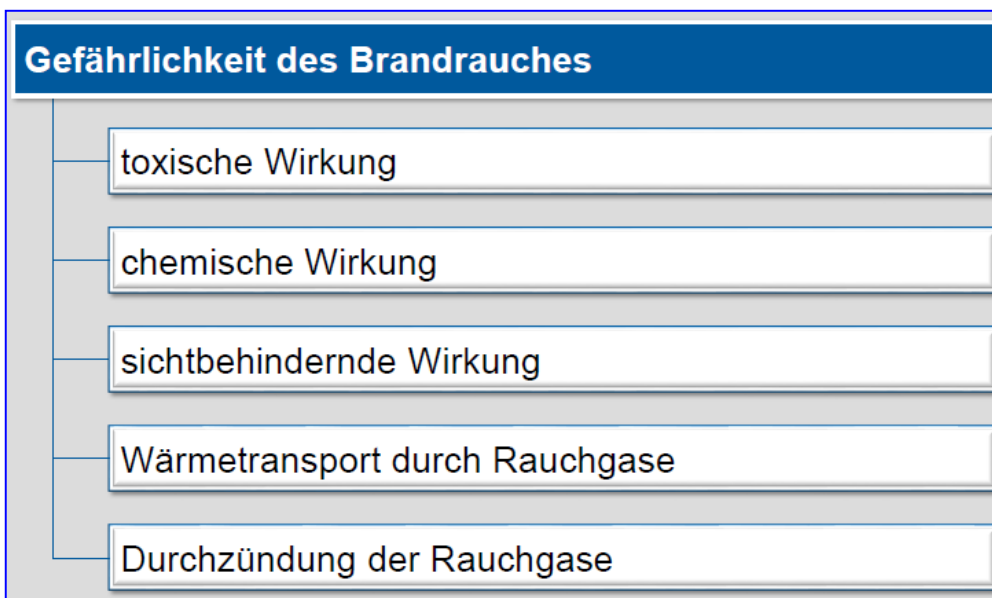


Bild 11:
Gefährlichkeit
des Brandrauches

Seine Menge und Zusammensetzung hängt ab. So führt Sauerstoffmangel z. B. zu einer unvollständigen Verbrennung bei der verstärkt Kohlenmonoxid CO, das häufigste und ein sehr gefährliches Atemgift, entsteht.

Deshalb bezeichnet man den Brandrauch auch als „Giftcocktail“. Schon einige Atemzüge davon genügen, um den Menschen zu töten. Je nach Brennstoff kann neben dem besonders gefährlichen Blut- und Nervengift Kohlenmonoxid auch Blausäuregas, Ammoniak, Chlorwasserstoff und Schwefeldioxid entstehen.

Feste Teilchen im Rauch können z.B. Ruß, Holzkohle oder Flugasche sein. Wenngleich sich der Brandrauch im Zeitalter der Kunststoffe aus einer Vielzahl von Komponenten zusammensetzt, so ist dennoch das Kohlenmonoxid der bei weitem gefährlichste Bestandteil.

Die Menge des gebildeten Rauches hängt ebenso wie seine Zusammensetzung von dem brennenden Stoff ab. Heute kennt man 5000 giftige Substanzen, die der Brandrauch enthalten kann. Dazu zählen u.a.

- Aceton, Acetaldehyd und Äther wirken betäubend und verursachen Übelkeit und Erbrechen. - Formaldehyd reizt die Augen und erschwert die Atmung.
- Crotonaldehyd führt zum Glottisödem, bei dem der Kehlkopf blitzartig anschwillt. In den meisten Fällen hilft hier nur noch ein sofortiger Kehlkopfschnitt um den Erstickungstod zu verhindern.
- Bei Bränden von PVC-Fußböden kann Phosgen entstehen, einer der schlimmsten Kampfstoffe, den die Menschheit je entwickelt hat. Dieser zerstört die Schleimhaut der Lunge, wodurch sich die Lunge mit Lympfflüssigkeit füllt. Das Opfer ertrinkt an seiner eigenen Körperflüssigkeit.
- Findet der Brand unter Sauerstoffmangel statt, enthält der Brandrauch unvollständig verbrannte gasförmige Verbrennungsprodukte, vor allem Kohlenmonoxid CO, das häufigste und ein sehr gefährliches Atemgift.

Welche Vielfalt an schädigenden Stoffen bei Bränden entstehen kann, enthalten die Tabellen 12 und 13.

| Tabelle 12: Beispiele für die komplette Darstellung von Pyrolyse- und Verbrennungsprodukten im Brandrauch | |
|--|---|
| Stoffe | Pyrolyse- bzw. Verbrennungsprodukte |
| Holz | Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO ₂), Wasser (H ₂ O), niedrige Alkohole und Aldehyde, Essigsäure, verschiedene Kohlenwasserstoffe |
| Wolle | CO, CO ₂ , H ₂ O, Ammoniak (NH ₃), verschiedene Kohlenwasserstoffe, Blausäure (HCN), Schwefelwasserstoffe |
| Polystyrol | CO, CO ₂ , H ₂ O, monomeres Styren, oligomere Styrole, Ethylbenzol, Alkene, Aldehyde, höhere Aromaten |
| Polyurethane | CO, CO ₂ , H ₂ O, NH ₃ , HCN, verschiedene Kohlenwasserstoffe, Amine, Nitrile, Aldehyde, Carbonsäure, Isocyanate |
| PVC | CO, CO ₂ , H ₂ O, Chlorwasserstoff, gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe wie z.B. Vinylchlorid |
| Phenolharze | CO, CO ₂ , H ₂ O, Formaldehyd, Ameisensäure, Phenole, Aldehyde |
| Polyamid | CO, CO ₂ , H ₂ O, NH ₃ , HCN, verschiedene Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Ketone, Amine, Stickoxide |

Einzelne Bestandteile des Brandrauches können bereits in geringer Konzentration tödlich wirken. In erster Linie hängt die Gefährlichkeit des Brandrauches vom Brennstoff sowie von der Brandphase ab.

Tabelle 13: Wichtigste Zersetzungsprodukte verschiedener Stoffe

| Chemische Bezeichnung | Kurzzeichen | Handelsnamen (Auszug) | wichtigste Zersetzungsprodukte |
|------------------------------------|--------------------|--|---|
| 1. Thermoplaste | | | |
| Polyvinylchlorid | PVC | Hostalit, Vestolit, Mipolam, Astrolon, Trovidur, Supralen, Kautex u.a. | Salzsäure, Benzol und Folgegase |
| Polyethylen | PE | Hostalen, Lupolen, Trolen, Vestolen u.a. | CO, CO ₂ und sonstige |
| Polymethacrylsäure-ester | PMA | Plexiglas, Resartglas, Persprex, Plexigum u.a. | CO in großen Mengen, Spuren evtl. von C ₁ und Phosgen |
| Polyacrylnitrit | PAN | Orlon, Dralon u.a. | Blausäure, Ammoniak, Ammoniumcyanid |
| Polystyrol | PS | Styropor, Vestyron, Luren, Trolitul u.a. | Benzol und Folgegase |
| Polyamide | PA | Nylon, Perlon, Ultramid, Durethan, Supramid, Trogamid | Ammoniak, Aminverbindungen, Ameisensäure |
| Phenolharze (Phenolplaste) | PF | Bakelite, Eshalite, Resiform u.a. | Phenol und Formaldehyd |
| Harnstoffharze | UF | Ultrapas, Formica, Resopal, Iporka, Kauritleim u.a. | Harnstoffe - Ammoniak, Amine, Blausäure |
| Polyester | UP | Trevira, Diolen, Leguval, Palatal u.a. | CO, CO ₂ , evtl. C ₁ , wenn zugesetzt |
| Polyester mit Glasfaser | - | Filon, Lamilux, Scobalit, Pecolit u.a. | - |
| Kautschuk | - | - | Isopren u. Folgeprodukte, evtl. Schwefel u. Chlorverbindungen |
| Synthetischer Kautschuk | - | Buna S, Buna N, Butylkautschuk | Butadien, Benzol u. Folgeprodukte, evtl. Blausäure, Ammoniak, Schwefel u. Chlorverbindungen |
| Polyurethane | PUR | Moltopren, Desophen, Desmodur, Vollcollan | Ammoniak, Zyanate, Spuren von Blausäure |
| 2. Abgewandelte Naturstoffe | | | |
| Nitro-Zellulose | - | Zelluloid, Zellhorn | CO, Nitrose, Gase, Stickstoffe |
| Zellulose-Acetat | - | Acetat-Seide, Rhodiafil u.a. | CO, Essigsäure |
| Kunsthorn | - | Galalith, Berolith, Esbrilith | Amine, Ammoniak, Formaldehyd |

Wenn man alle Stoffe aufzählen wollte, die sich in 1 m³ Brandrauch eines Zimmerbrandes mit ungehinderter Brandausbreitung nach etwa 10 Minuten befinden, würden mehrere Seiten nicht ausreichen. Es gibt derzeit auch kein tragbares Messgerät, welches so eine Stoffpalette nachweisen könnte. Aus diesem Grund beschränkt man sich bei der Einschätzung von Brandrauch auf Leitsubstanzen. Leitsubstanzen sind die Stoffe, die qualitativ und quantitativ die Toxizität des Brandrauches maßgeblich beeinflussen, z.B. Kohlenmonoxid CO und Cyanwasserstoff HCN.

4.2 Gefährlichkeit des Brandrauches

Jeder Brand bildet einen unterschiedlichen Brandrauch bezüglich Rauchmenge und Rauchzusammensetzung und den sich daraus ergebenden Wirkungen.

toxische Wirkung

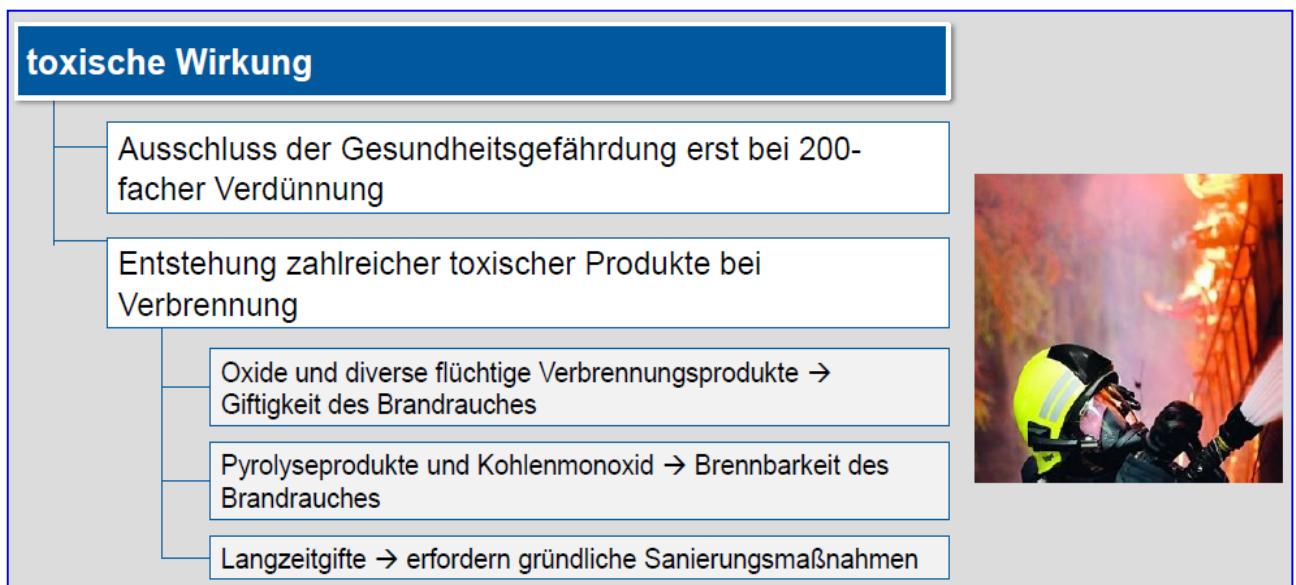


Bild 12: Brandrauch - toxische Wirkung

Bei der Verbrennung entstehen zahlreiche toxische Gase, die erst bei einer 200-fachen Verdünnung eine unmittelbare Gesundheitsgefährdung ausschließen lassen (Bild 12). Der Brandrauch ist ein regelrechter Giftcocktail. Er enthält je nach Brandstoff und Abbrandbedingungen

- die vor allem für die Giftigkeit des Brandrauches verantwortlichen Oxide und diverse flüchtige Verbrennungsprodukte, wie CO₂, CO, SO₂, NO_x, HCN, HCl und NH₃. So nehmen z. B. bestimmte Mischungen aus diesen Atemgiften Betroffenen die Orientierungsfähigkeit. Das kann bewirken, dass die Menschen Flucht- und Rettungswege nicht mehr finden und damit im Gefahrenraum lebensgefährlich bedroht verbleiben, die Verletzungsgefahr an gefährlichen Stellen zunimmt, und Einsatzkräfte mehr Zeit zum Erfüllen ihres Einsatzauftrages benötigen.
- Pyrolyse- bzw. Crackprodukte, also durch thermische Spaltung unter Sauerstoffmangel erzeugte Substanzen, wie CH₄, C₂H₆, C₃H₈ und C₄H₁₀. Diese und CO sind vor allem für die Brennbarkeit des Brandrauches zuständig.
- Langzeitgifte, wie Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Dioxine und Furane, die an Ruß und Brandaerosolen anhaften. Diese Stoffe erfordern wegen ihrer gefährlichen, vor allem lang anhaltenden und krebserregenden Giftwirkungen besondere Maßnahmen, z. B. Sanierungsmaßnahmen der betroffenen Brandabschnitte. So ist z.

B. bekannt, dass Dioxine mit Halbwertszeiten von 10 Jahren sich im Fettgewebe der Leber absetzen und die Wirtszellen zersetzt.

Hinsichtlich der Toxizität des Brandrauches ergibt sich zwischen den klassischen Baustoffen und Materialien, z.B. Holz, Papier, Baumwolle, und den Kunststoffen kein grundlegender Unterschied.

Beim Einatmen von Brandgasen ist vor allem das unsichtbare, geruchs- und geschmacklose Kohlenmonoxid gefährlich. Es wirkt neben der oft bei Wohnungsbränden gebildeten Blausäure auf Blut und Nerven. Chlorwasserstoff (Salzsäuredampf), Ammoniak und Schwefeldioxid greifen die Schleimhäute und Atemwege an. Die Gesamtwirkung dieser gefährlichen Gase wird als „Rauchgasvergiftung“ bezeichnet, welche schon in kürzester Zeit zu Bewusstlosigkeit und Tod führen kann.

chemische Wirkung

Brandrauch kann über enthalten. So bilden z. B. die im Brandrauch enthaltenen Säureanhydride, die selbst in Bauteile diffundieren können, in Verbindung mit dem Löschwasser noch lange nach dem Brand aggressive Reagenzien, die Sofort- und Langzeitschäden verursachen. Auch eine bloße Verunreinigung durch den Brandrauch kann Objekte empfindlich schädigen. Bekannt ist z. B. das Chlorwasserstoff mit Löschwasser zu Salzsäure wird.

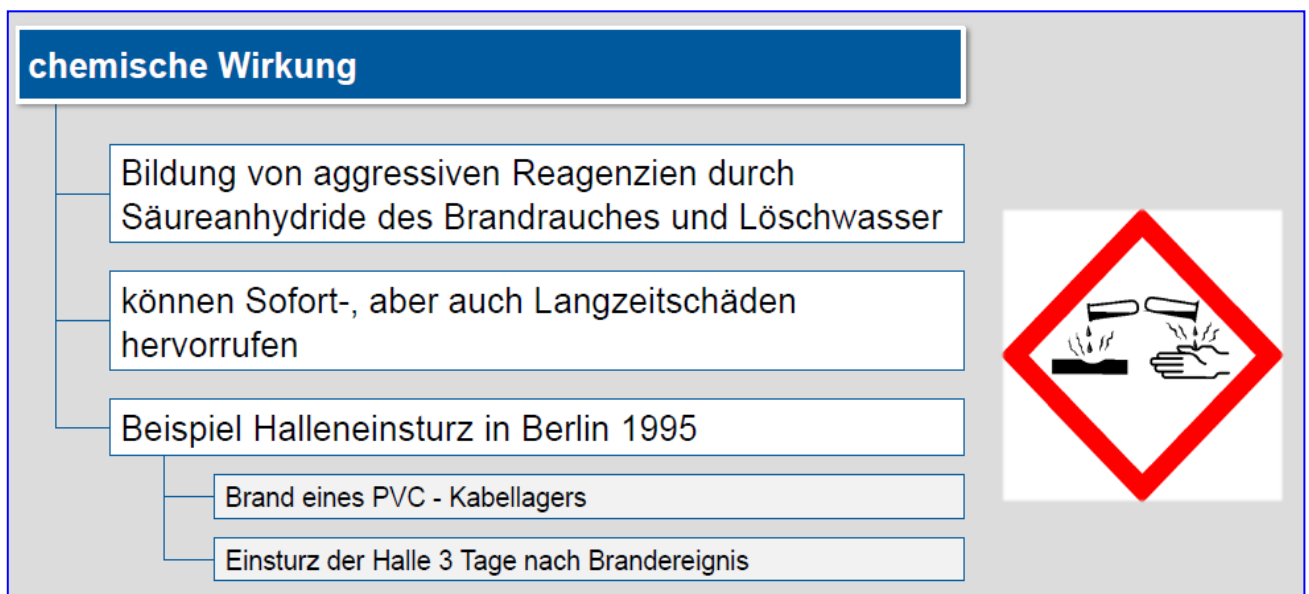


Bild 13: Brandrauch - chemische Wirkungen

Beispiel

1995 stürzte in Berlin eine Halle ein, in der drei Tage zuvor der Brand eines PVC-Kabellager bekämpft werden musste. Die dabei entstandene Salzsäure hatte die tragenden Teile der Halle zermürbt (Verlaufsformel: $H_2O + Cl \rightarrow HCl$).

sichtbehindernde Wirkung

Durch die im *Brandrauch* enthaltenen *Aerosole und Rußpartikel* wird *Licht absorbiert* und dadurch die Sicht stark eingeschränkt bis verhindert (Bild 14). Die *Rußpartikel* des Brand-

rauches reduzieren auch die Fähigkeit, Farben und Kontraste z. B. von Fluchtwegbeschilderungen unterscheiden zu können. Bei zunehmender Reizung des Auges durch Brandrauch nimmt auch die Sehschärfe ab.

Besonders hoch ist die Sichtbehinderung bei Bränden von Kunststoffen. So können z. B. bei geschäumten Kunststoffen bis über 3000 m³ Rauchgas pro kg Kunststoff entstehen. Die vorhandene Sichtweite hat einen erheblichen Einfluss auf das Verhalten des Menschen. Testreihen ergaben:

- *mehr als 20 m Sichtweite: Wohlbefinden*
- *10 bis 15 m Sichtweite: Unsicherheit*
- *weniger als 10 m Sichtweite: aufkommende Panik*

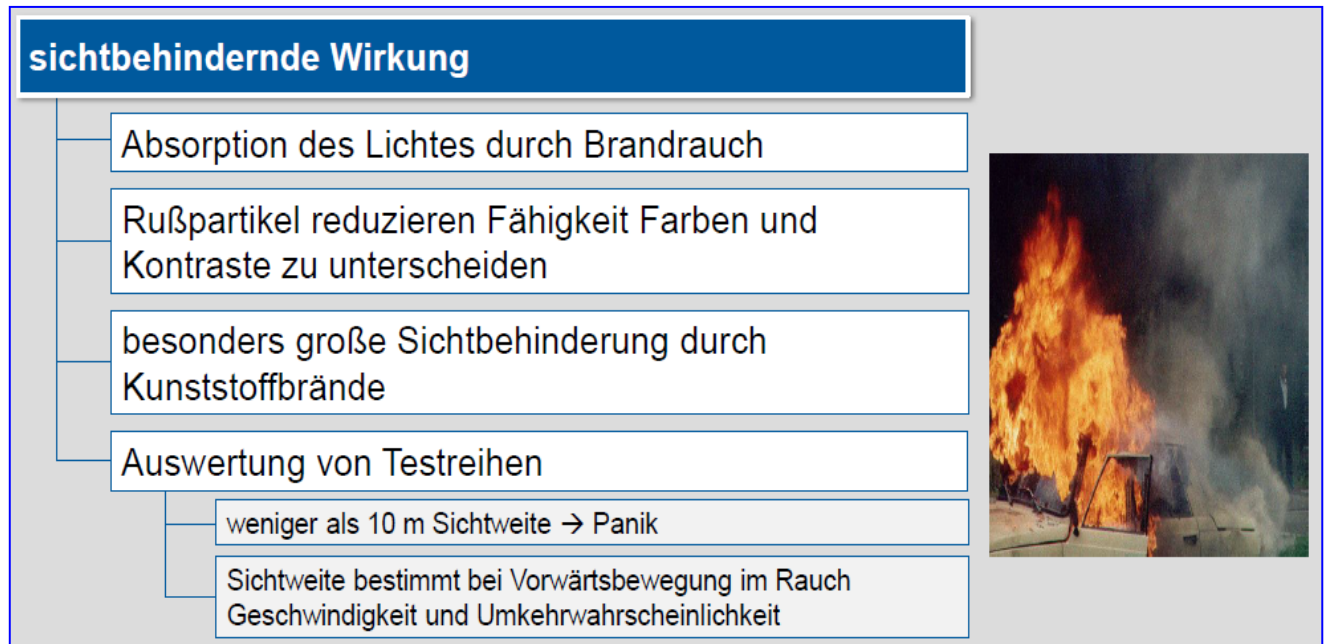


Bild 14: Brandrauch - sichtbehindernde Wirkungen

Läuft der Mensch in einer Rauchgasschicht, bestimmt die Sichtweite

- die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung. Sie beträgt z. B. bei 15 m Sichtweite etwa 1,2 m/s, bei 5 m Sichtweite dagegen nur noch 0,5 m/s.
- die Umkehrwahrscheinlichkeit (Person läuft im Kreis). Bei 10 m Sichtweite beträgt die Umkehrwahrscheinlichkeit nur 10 %, bei 0,5 m aber 70 %.

Durch Sichtbehinderung geht die Orientierung verloren, was die Fluchtmöglichkeit für Personen und das Auffinden des Brandherdes und den Löscheinsatz durch die Feuerwehr erschwert oder verhindert. Es wurde ermittelt, dass die Sicht im Durchschnitt erst bei einer Verdünnung von 1 : 1400 wieder klar wird.

Wärmetransport durch Rauchgas

Durch diesen physikalisch als
..... (Bild 15). Rauch kann sich schnell und meist ungehindert ausbreiten. Brandrauch kann so auch in großer Entfernung vom Brandherd Personen verletzen, Gebäudeteile oder Gegenstände aufheizen und damit beschädigen oder sogar in Brand setzen. Auch Personen oder Gegenstände, die nicht vom Rauch umschlossen sind, können durch die Wärmestrahlung aus einer über ihnen schwebenden heißen Rauchsicht verletzt bzw. zerstört werden.

Wärmetransport durch Rauchgase

- Wegtransport von Energie durch Brandrauch von der Brandstelle
- meist ungehinderte Ausbreitung des Rauches
- Verletzung von Personen oder Schädigungen von Gegenständen in großer Entfernung vom Brandherd möglich
- Aufheizung und Zündung von Gegenständen entfernt der Brandstelle durch Rauchsicht („Flash Over“)




Bild 15: Brandrauch – Wärmetransport durch Rauchgas

Durchzündung der Rauchgase

Durchzündung der Rauchgase

- Entstehung brennbarer Gase und Dämpfe durch Pyrolyse und Bildung von Stichflammen
- durch Sauerstoffmangel verstärkte Bildung von CO
- Bildung eines zündfähigen Gemisches → Zündtemperatur ca. 400°C und Stichflammenbildung
- Zutritt von Luftsauerstoff und vorhandene Zündquelle → Durchzündung
- Anstieg von Druck und Temperatur




Bild 16: Brandrauch – Durchzündung des Rauchgases

Die bei der Verbrennung entstehende Wärme kann Gas- oder Dampfmoleküle in Abhängigkeit von der vorhandenen Temperatur mehr oder weniger spalten. Wenn dies unter Abwesenheit von Sauerstoff bzw. Sauerstoffmangel stattfindet, spricht man von einer Pyrolyse. Dabei werden, wie beim Erdöl, langkettige Moleküle gecrackt, wobei kurzkettige Pyrolysegase wie Methan, Ethan, Propan und Butan entstehen. Dieser Vorgang ist nicht nur bei Kunststoffen feststellbar, sondern in ähnlicher Weise auch bei Kohle und Holz. Damit hat man beispielsweise früher Stadtgas bzw. Holzgas erzeugt. Pyrolysegase werden bei Anwesenheit

von Sauerstoff sofort vollständig verbrannt. Wenn jedoch ein Sauerstoffmangel eintritt, sind sie im Verein mit dem dann ebenfalls in verstärktem Maße gebildeten Kohlenmonoxid die beste Voraussetzung für ein zündfähiges und sogar explosives Brandgasgemisch.

Diese unvollständig verbrannten, gasförmigen Verbrennungsprodukte sind meist bereits bei Temperaturen über 400°C zündfähig.

..... gefährdet Einsatzkräfte lebensbedrohlich und kann zu schweren Gebäudeschäden führen.

Je nach Konzentration und Schadstoffgemisch wird diese Zündung/Verbrennung schlagartig als eine Explosion mit einer erheblichen Druckwelle verlaufen.

Bei umfangreichen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass bestimmte Stoffe und Stoffverbindungen häufig auftreten. Diese sind in der vfdB Richtlinie 10/03 „Schadstoffe bei Bränden“ als so genannte Leitsubstanzen aufgezählt. Es handelt sich dabei um Kohlenmonoxid, Cyanwassertoff, Chlorwasserstoff, Formaldehyd. Dioxine und Furane können ebenfalls im Brandrauch auftreten.

Je nach stofflichen Eigenschaften des Brandgutes und der Abbrandbedingungen können die entstehenden Gase, Dämpfe und Schwebstoffe aus mehr oder weniger stark konzentrierte Atemgiften und andere schädigende Stoffen bestehen. Bei der überwiegenden Anzahl der Brände befinden sich im Brandrauch Mischungen aus Vertretern aller schädigenden Stoffe mit unterschiedlichster Gefährlichkeit. Oft verstärken sich dadurch noch ihre Wirkungen. So ist z. B. bekannt, dass Kohlendioxid in gewissen Konzentrationsgrenzen die Atmung anregt. Wenn ungeschützte, im Brandrauch stehende Personen also Kohlendioxid einatmen, erhöht sich ihre Atemfrequenz. Dadurch gelangen in der gleichen Zeit mehr gefährliche Stoffe in ihre Atemorgane. Die vergiftende Wirkung erhöht sich.

Grundsatz Atemschutz:

Brandrauch kann den menschlichen Organismus erheblich schädigen.

Bei vielen Bränden entstehen aus
..... mit teilweise extremen Vergiftungspotentialen.

4.3 Gefährlichkeit des Brandrußes

Brandruß ist Bestandteil des Brandrauches. Er haftet allen Gegenständen der Brandstelle an und kommt staubförmig und flockig vor. Brandruß kann leicht von ungeschützt arbeitenden Einsatzkräften eingeatmet werden, z. B. bei der Brandwache und bei Aufräumarbeiten. Einen Teil dieser Brandruße sondern die Flimmerhärchen oder Schleimhäute der betroffenen Personen aus, der Rest wird bis in die Lunge eingeatmet und verbleibt dort.

Der im Nasen- und Rachenraum abgesonderte Teil kann mit Speichel zusammen verschluckt, abgehustet oder als Sekret aus dem Mund-Nasenbereich ausgestoßen werden.

Grundsatz Atemschutz

Selbst umluftabhängiger Atemschutz bietet schon ausreichenden Schutz gegen das Einatmen von Brandruß.

An Brandrußen, z. B. anorganische Substanzen wie Salze und Metalle, organische Substanzen wie Kohlenwasserstoffe, Halogen-, Stickstoff- und anderen Verbindungen, vor allem aber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), chlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe (PCB), halogenierte Dioxine und aromatische Amine. Untersuchungen ergaben, dass diese lang wirkenden Ultragifte an Brandrußen in großen Mengen vorkommen. Bis zu mehreren Prozentanteilen haften sie am Ruß an, z. B. Benzo(a)pyren (BaP), der mit am stärksten krebserregende PAK, mit etwa 5 % aus. Dioxine kommen immerhin noch bis zu 0.0001 % vor.

Gefährlichkeit des Brandrußes

| |
|--|
| Bestandteil des Brandrauches |
| Einatmung bei ungeschützten Arbeiten sehr wahrscheinlich |
| teilweise Bindung in oberen Atemwegen → Rest verbleibt in Lunge |
| Anhaftung verschiedenster Gifte am Brandruß |
| größte Gefährdung durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) |
| wirken karzinogen und verursachen chronische Belastungen |



Bild 17: Gefährlichkeit des Brandrußes

Gegenüber anderen Atemgiften haben die an Brandrußen haftenden gefährlichen Stoffe ein höheres Gefahrenpotential. So wurde z. B. erforscht, dass der an Brandruß von Kunststoffbränden anhaftende Stoffe BaP (Benzo(a)pyren, eines der gefährlichsten PAK) in vergleichbaren Mengen von 1 Mikrogramm Schadstoff je m³ Atemluft doppelt so schnell zu Krebs führt wie Cadmium, 1000 mal giftiger als Arsen ist und knapp 10.000 mal sicherer zu Lungenkrebs führt wie Asbeststaub. Die Werte zeigen weiter, dass z. B., dass das gefährlichste Dioxin (das 2, 3, 7, 8-TCDD) etwa 20mal stärker kanzerogen eingeschätzt wird als BaP. Außer der Eigenschaft, im Menschen Krebs zu erzeugen, verursachen die am Brandruß anhaftenden Stoffe weiterer chronischer Belastungen, z. B. solche, die zu Immunschwächen führen und zu Hauterkrankungen.

Beispiele

Nach dem Brand eines Kunststofflagers in Lengerich (4./5.10.1992), dem Flughafenbrand in Düsseldorf am 11.4.1996, dem Vinylchlorid (VC)-Transportunfall Schönebeck mit Abbrand mehrerer Waggons (1.6.1996), dem Brand in der U-Bahn in Bonn (3.8.1996) u.a. Großbränden durchgeführte Untersuchungen belegen, welches großes Gefahrenpotential Brandruß darstellt.

Tabelle 13: Belastung verschiedener Brandruße mit Dioxine und PAK *)

| Brandort/Probe | Dioxin TEQ [ng TEQ/m ²] | EPA-PAK [mg/m ²], [mg/kg] | BaP [mg/m ²] | PAK, TEF [TEF/m ²], [mg TEF/kg] |
|----------------|--|--|-----------------------------|---|
| Lengerich | 2,0 | 0,0222 | 0,0009 | 0,0017 |
| Düsseldorf | 51.800 | 4986 | 264 | 489 |
| Schönebeck | 31.900 | 680 | 47 | 56 |
| Bonn, U-Bahn | 1,5 | 0,266 | 0,0104 | 0,016 |

Während nahe am Brandzentrum die höchsten Konzentrationen und Faktoren gefunden werden, fallen Konzentrationen und Faktoren in größerer Entfernung ab. Bei allen untersuchten Bränden dominieren die PAK das kanzerogene Potential der Brandruße. Ihr Potential ist bis zu 500mal größer als das der Dioxine. Dazu zählen Brände von Kunststoffartikeln genauso wie solche von Holz. Verschiedene Toxikologen haben diese Betrachtungen überprüft und kommen zu den gleichen Ergebnissen: „Resümierend muss das kanzerogene Risiko durch PAK in Brandrückständen und Brandgasen weitaus höher als das durch Dioxine eingeschätzt werden. Es sind also die PAK am gefährlichsten. Sie entstehen bei allen Bränden.

| Tabelle 14: Zusammenfassung der Eigenschaften von Ruß | |
|--|--|
| Stoff: | Ruß |
| Eigenschaften: | Verursacht hohe Sachschäden, Ruß legt sich bei einem Brand auf Oberflächen in der Umgebung ab und haftet dort an. |
| toxische Wirkungen: | Keine giftige Wirkung, funktioniert aber als Transporter für giftige Brandprodukte, einschließlich Ultragifte. |
| physikalische Wirkung: | Ruß verklebt und verschleimt jedoch die Atemwege und Lungen und kann zu Atemnot oder dem Erstickungstod führen, Adhäsionskräfte lassen giftige Stoffe am Ruß haften. |

5 Schutz vor Brandprodukten

Vor Brandprodukten schützen entsprechend Bild 18 vor allem Atemschutzgeräte, erforderlichenfalls auch zusätzliche Schutzausrüstung, z. B. Chemikalienschutzkleidung und umluftunabhängiger Atemschutz in Verbindung mit einsatztaktisch richtigem Vorgehen. So ist z. B. bei Einsätzen zur Brandbekämpfung und zur Beseitigung gefährlicher Brandfolgen das Tragen von Atemschutz vorgeschrieben.

Bedarf und Möglichkeiten des Schutzes

Benutzung umluftabhängigen (Filter) oder umluftunabhängigen (Pressluftatmer) Atemschutz

ggf. zusätzliche Schutzausrüstung, z.B. Chemikalienschutzanzug

Schutz von Personen aus Bereichen mit Brandrauch mittels Brandfluchthaube

Verringerung der Brandrauchkonzentration durch Belüften oder Entlüften




Bild 18: Bedarf und Möglichkeiten des Schutzes vor Brandprodukten

Vor Atemgiften schützt sich die Einsatzkraft der Feuerwehr

.....

.....

Diese Atemschutzgeräteträger müssen nach strengen Auflagen von Gesetzen und Feuerwehrdienstvorschriften einen mindestens 25-stündigen Lehrgang erfolgreich abschließen, sich in regelmäßigen Intervallen einer ärztlichen Tauglichkeitsüberprüfung unterziehen und mindestens 2 mal im Jahr das Tragen von Atemschutzgeräten üben. Einsatz und Übung stellen an den Atemschutzgeräteträger höchste körperliche und geistige Anforderungen. Die verwendeten Atemschutzgeräte müssen stets von speziellen Sachkundigen überprüft und gewartet werden.

Aus dem mit Brandrauch gefüllten Räumen zu rettenden Personen kann man eine Brandfluchthaube, ein haubenförmiger Atemanschluss mit Halbmaske sowie mit einem Kohlenmonoxid- und Partikelfilter, einem Druckluftfluchtgerät oder einen Rettungsanschluss eines Pressluftatmers als Schutz überstreifen.

Die Feuerwehr verwendet Be- und Entlüftungsgeräte, mit denen sie den Brandrauch kontrolliert aus den Räumen bläst oder saugt.

Grundsatz Atemschutz:

Zum Schutz vor diesen Gefahren und um Atemschutz nutzen zu können, müssen
.....
..... von ihnen besitzen

6 Erste Hilfe bei Vergiftungen mit Atemgiften

Grundsätzlich ist bei jeder Person, die sich ohne Atemschutz im Brandrauch aufgehalten hat, eine Rauchvergiftung zu erwarten.

| Grundsätzliche Erste Hilfe | |
|----------------------------|--|
| — | Rettung unter Beachtung des Eigenschutzes (Atemschutz) |
| — | Alarmierung des Rettungsdienstes |
| — | Bodycheck → Kontrolle Bewusstsein, Atmung, Puls |
| — | bei vorhandener Atmung |
| — | außerhalb Gefahrenbereich ablegen oder setzen |
| — | atemerleichternde Körperhaltung, beengte Kleidung öffnen |
| — | bei Atemstillstand → sofortige Reanimation |
| — | Körper warm und ruhig halten |




Bild 19: Erste Hilfe bei Vergiftungen mit Atemgiften

Vergiftungen mit Atemgiften erkennt man durch:

-
-
-
-
- Kopfschmerzen, besonders an den Schläfen
- Übelkeit, ggf. periodische Brechanfälle
- Unruhe / Erregungszustände

- Schwindel
- Sehstörungen,
- Beschleunigung der Atmung
- Beschleunigung des Pulses
- Herzbeschwerden
- Krämpfe
- Bewusstseinsstörungen
- Bewusstlosigkeit
- Atem- und Kreislaufstillstand

Grundsatz Atemschutz

Personen mit Brandrauchvergiftungen müssen dem Arzt vorgestellt werden.

Die Erste Hilfe läuft folgendermaßen ab:

1. Geschädigten
2. Rettungsdienst alarmieren bzw. in Kenntnis setzen durch Notruf mit Hinweis auf Vergiftung durch Brandrauch
3. Körpercheck: Prüfen von Bewusstsein, Atmung, Puls
4. Atmung vorhanden: außerhalb des Gefahrenbereiches ablegen oder setzen und atemerleichternde Körperhaltung einnehmen lassen, beengende Kleidung öffnen, ggf. Sauerstoffinhalation,
5. Atmung nicht vorhanden: Reanimation
6. Körper warm und ruhig halten, um vorhandenes Sauerstoffdefizit nicht noch zu erhöhen.

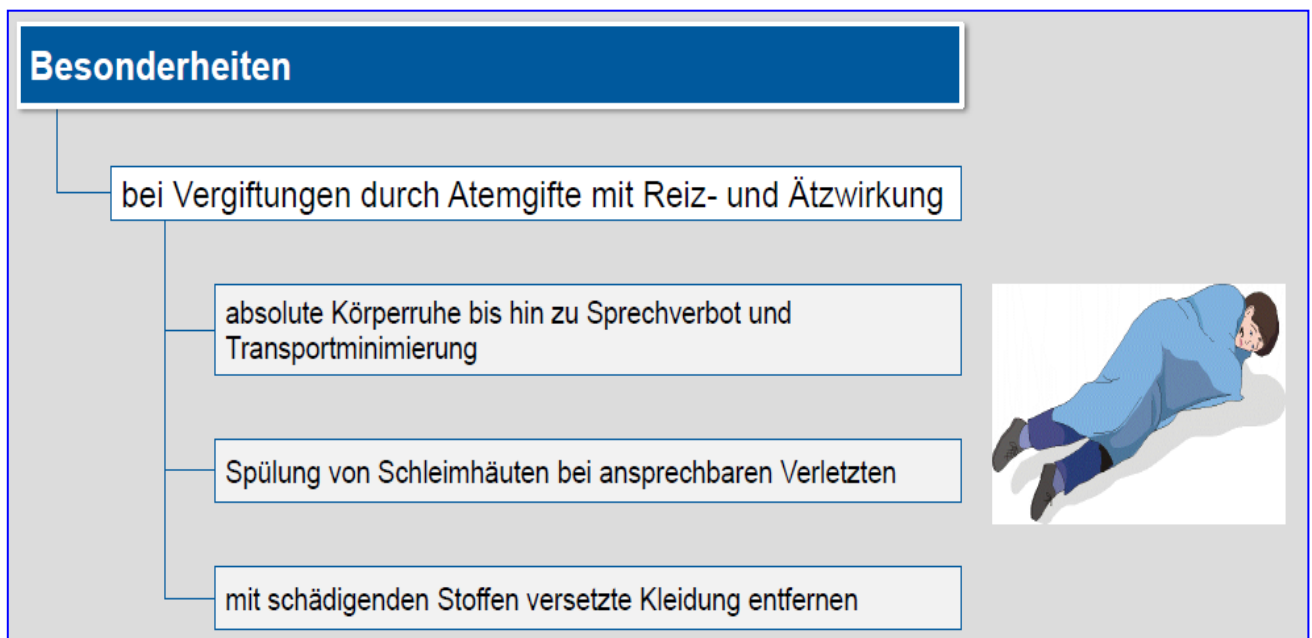


Bild 20: Besonderheiten in der Erste Hilfe bei Vergiftungen mit Atemgiften mit Reiz- und Ätzwirkung

Bei Vergiftungen durch Atemgiften mit Reiz- und Ätzwirkung ist zusätzlich beachten:

- absolute Körperruhe bis hin zu Sprechverbot und Transportminimierung, um ein Aufplatzen geätzter Gewebe in den Atemorganen zu verhindern,
- Spülung von Schleimhäuten bei ansprechbaren Verletzten, z. B. im Mund und Rachen sowie der Augen
- mit schädigenden Stoffen versetzte Kleidung entfernen.

7 Verabschiedung

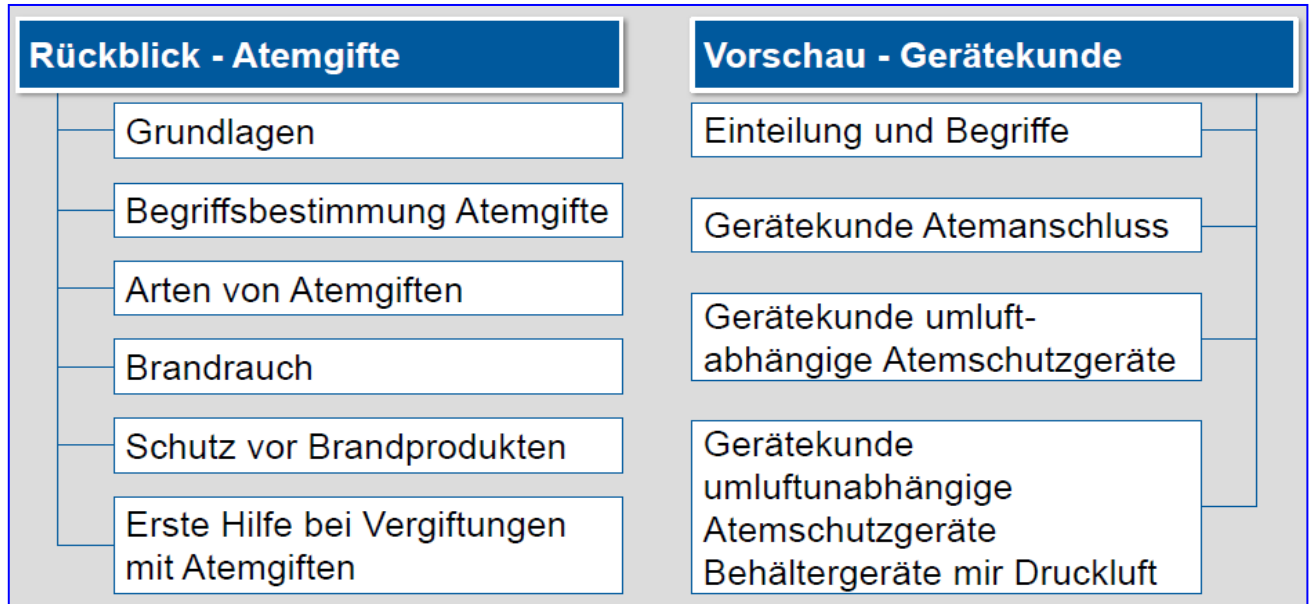


Bild 21: Verabschiedung