
Informationen und Empfehlungen für Notfallsanitäter/Notärzte/Ärzte vor Ort

- **Bevor die Notfallsanitäter/Notärzte/Ärzte vor Ort sich einem Patienten nähern, muss sichergestellt sein, dass für sie selbst keine Gefahr durch Schwefelwasserstoff besteht.**
 - **Eine Gefahr durch Kontakt mit Patienten, die nur gegenüber Schwefelwasserstoffgas exponiert waren, besteht nicht. Ein Patient, der selbst oder dessen Kleidung mit flüssigem Schwefelwasserstoff (Siedepunkt –60°C) benetzt ist, kann andere Personen durch direkten Kontakt oder durch ausgasenden Schwefelwasserstoff gefährden.**
 - **Schwefelwasserstoff wirkt reizend auf die feuchte Haut, die Augen und die oberen Atemwege und führt zu Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel, Schwächegefühl, Blutdruckabfall und Verwirrtheit. Bronchospasmus und Zeichen eines Lungenödems (Atemnot, Zyanose, Auswurf und Husten), Bewusstlosigkeit und Atemstillstand können auftreten. Charakteristisch ist ein plötzlicher Kollaps mit Bewusstlosigkeit bei hohen Konzentrationen.**
 - **Die vordringliche Maßnahme bei einer stattgefundenen oder vermuteten Schwefelwasserstoffvergiftung ist die Beatmung und Gabe von Sauerstoff. Unmittelbar nach der Exposition kann die Gabe von Cyanid-Antidota (aber nicht Thiosulfat) erwogen werden, bei schon einsetzendem Lungenödem kann sich dadurch der Zustand des Patienten aber auch verschlechtern.**
-

1. Informationen zur Substanz

Schwefelwasserstoff (H₂S), CAS 7783-06-4

Synonyme: Wasserstoffsulfid

Schwefelwasserstoff ist bei Raumtemperatur ein farbloses, brennbares und leicht entzündbares Gas mit einem Geruch nach fauligen Eiern, unter Druck oder bei Temperaturen unter –60°C eine klare, farblose Flüssigkeit. Es ist nur mäßig wasserlöslich. Schwefelwasserstoff wird in der Landwirtschaft (als Desinfektionsmittel), Brauereindustrie, Ledergerbung, Klebstoffherstellung, Gummivulkanisation, Metallrückgewinnung, Öl- und Gasförderung und Verarbeitung, Kunstfaserherstellung, Druckindustrie, Fellverarbeitung, Düngemittelherstellung, Zuckerindustrie, Farbenherstellung und analytischen Chemie eingesetzt.

2. Exposition

Einatmen

Die Exposition gegenüber Schwefelwasserstoff erfolgt im

Wesentlichen durch Einatmen. Der Geruch von Schwefelwasserstoff und die reizende Wirkung haben einen deutlichen Warneffekt, bieten aber keinen ausreichenden Schutz vor schädlichen Konzentrationen. Die chronische Einwirkung niedriger Konzentrationen kann zum Abstumpfen der Geruchswahrnehmung und der Reizeffekte führen. Da Schwefelwasserstoff schwerer als Luft ist, besteht in schlecht gelüfteten, niedrig liegenden oder geschlossenen Räumen Erstickungsgefahr.

Haut-/Augenkontakt

Die Einwirkung von flüssigem Schwefelwasserstoff oder Gas auf nasse oder feuchte Haut bzw. Augen führt zu Reizungen.

Verschlucken

Ein Verschlucken von Schwefelwasserstoff ist unwahrscheinlich, da es bei Raumtemperatur ein Gas ist.

3. Akute gesundheitliche Wirkungen

Schwefelwasserstoffgas verursacht Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel, Schwächegefühl, Verwirrtheit, Blutdruckabfall und Atemwegsreizungen. Die Atembeschwerden können mit der Zeit zunehmen. Schwefelwasserstoff kann zu Bewusstlosigkeit und Versagen der Atmung und des Herz-Kreislauf-Systems führen. Charakteristisch ist auch eine plötzliche Bewusstlosigkeit und Kollaps bei hohen Konzentrationen. Danach können die betroffenen Personen eine Zeitlang agitiert und verwirrt sein.

Hautkontakt

Die Einwirkung von hohen Schwefelwasserstoffgaskonzentrationen auf nasse oder feuchte Haut können zu Reizungen führen. Die Einwirkung von unter Druck stehendem, flüssigem Schwefelwasserstoff kann Erfrierungen bewirken.

Augenkontakt

Niedrige Gaskonzentrationen können zu Augenreizungen mit Brennen, Rötung, Tränenfluss und Lidschluss führen. Kontakt mit flüssigem Schwefelwasserstoff kann in einer Trübung der Augenoberfläche und einer späteren dauernden Schädigung des Auges resultieren.

Dosis-Wirkungs-Beziehungen

Die Dosis-Wirkungs-Beziehungen sind wie folgt:

<u>Schwefelwasserstoffkonzentration</u>	<u>Wirkung/Effekt</u>
0,02-0,2 ppm	- Geruchswahrnehmung (Toleranzentwicklung)
50-150 ppm	- Augen- und Atemwegsreizung, Lähmung der Geruchswahrnehmung
200-500 ppm	- Bronchitis, Kopfschmerzen, Schwindel, Schwäche
500-1000 ppm	- Lungenödem, Atemdepression, Bewusstlosigkeit
1000-1500 ppm	- plötzliche Bewusstlosigkeit, Kollaps, Atemstillstand, tödlich innerhalb weniger Minuten
1800-5000 ppm	- unmittelbar tödlich

4. Maßnahmen

Selbstschutz der Helfer

Wenn der Verdacht besteht, dass der Bereich, den der Helfer betreten muss, Schwefelwasserstoff enthält, müssen ein umluftunabhängiges Atemschutzgerät und ein Chemikalienschutzanzug getragen werden.

Eine Gefahr durch Kontakt mit Patienten, die nur gegenüber Schwefelwasserstoffgas exponiert waren, besteht nicht. Ein Patient, der selbst oder dessen Kleidung mit flüssigem Schwefelwasserstoff benetzt ist, kann andere Personen durch direkten Kontakt oder durch ausgasenden Schwefelwasserstoff gefährden.

Rettung

Patienten sollten unmittelbar aus dem Gefahrenbereich entfernt werden. Falls sie nicht in der Lage sind selbstständig zu gehen, sollten sie zügig mit geeigneten Mitteln unter Beachtung des Eigenschutzes aus dem Gefahrenbereich verbracht werden.

Absoluten Vorrang hat dann das "A, B, C-Schema" (**Atemwege freimachen, Beatmung, Circulation**) lebensrettender Maßnahmen.

„CRASH“-Dekontamination

- a) Mit Schwefelwasserstoff kontaminierte, bewusstlose oder bewegungsunfähige Patienten (kritisch erkrankte/verletzte Patienten gemäß ABCDE-Schema) unter Eigenschutz mit dafür geeigneter persönlicher Schutzausrüstung aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich retten
- b) Falls erforderlich Notfallmaßnahmen durchführen („Basic Life Support“; z.B. Blutungskontrolle mittels Tourniquet, Herzdruckmassage etc.)
- c) An geeigneter Stelle außerhalb des Gefahrenbereichs den kontaminierten Patienten unter Beachtung des Eigenschutzes komplett mittels Notfall-Rettungsmesser entkleiden (Dauer: ca. 1 Minute)

- d) Duschen/Abstrahlen mit viel Wasser (Dauer: ca. 1 Minute)
- e) Umlagerung auf sauberes Tragetuch. Auf Wärmeerhalt achten.
Transport/Übergabe an den Rettungsdienst/Notarzt
(Dauer: ca. 1 Minute)

Reinigung

Patienten, die nur gegenüber Schwefelwasserstoffgas exponiert waren und keine Zeichen einer Haut- oder Augenreizung aufweisen, benötigen im Unterschied zu allen anderen keine speziellen Reinigungsmaßnahmen.

Wenn möglich, sollten die Patienten bei ihrer eigenen Reinigung mitwirken. Kam es zu einer Einwirkung von flüssigem Schwefelwasserstoff und ist die Kleidung verunreinigt, muss sie entfernt und zweifach eingepackt werden.

Es muss gewährleistet sein, dass die Augen im Falle einer Schwefelwasserstoffexposition mit Wasser oder neutraler Kochsalzlösung über mindestens 15 Minuten gespült wurden. Vorhandene Kontaktlinsen - soweit ohne zusätzliche Gefahr fürs Auge möglich - entfernen. Andere wichtige Hilfsmaßnahmen sind währenddessen fortzusetzen.

Es ist sicherzustellen, dass die betroffenen Haut- und Haarpartien mit Wasser über mindestens 15 Minuten gespült wurden. Andere wichtige Hilfsmaßnahmen müssen währenddessen fortgesetzt werden. Augen während des Spülens schützen.

Initiale Behandlung

Die vordringliche Maßnahme bei einer stattgefundenen oder vermuteten Schwefelwasserstoffvergiftung ist die Beatmung und Gabe von 100 % befeuchtetem Sauerstoff.

Bei allen bewusstlosen Patienten wird eine sofortige endotracheale Intubation unter Sedierung mit Benzodiazepin- und Morphinderivaten empfohlen. Unabhängig von dem Vorliegen einer Blutgasanalyse sollte die Beatmung mit einem FiO₂ von 1,0 (100 % Sauerstoff) begonnen werden. Sehr hohe PaO₂ bis zu 200 mmHg können über mehrere Stunden toleriert werden. Sauerstoff ist als das Antidot bei einer Schwefelwasserstoffvergiftung anzusehen. Unmittelbar nach der Exposition kann die Gabe von Cyanid-Antidota (aber nicht Thiosulfat) erwogen werden, bei schon einsetzendem Lungenödem kann sich dadurch der Zustand des Patienten aber auch verschlechtern, weil der Sauerstofftransport bei einer Methämoglobinämie verringert ist (*Antidote* siehe unten).

Die folgenden Maßnahmen werden empfohlen, falls die Schwefelwasserstoffgaskonzentration 50-150 ppm oder mehr beträgt (abhängig von der Dauer der Einwirkung), Symptome vorhanden sind (z.B. Reizungen der Augen oder der oberen Atemwege) oder falls keine Konzentration abgeschätzt werden kann, aber eine Exposition wahrscheinlich erfolgt ist:

- Sauerstoffgabe
- Verabreichung von 8 Sprühstößen Beclometason (800 µg Beclometasondipropionat) aus einem Dosieraerosol.

Bei Zeichen einer Verengung der Atemwege (z.B. Bronchospasmus oder Stridor)

- a) Vernebelung von Adrenalin (Epinephrin): 2 mg Adrenalin (2 ml) mit 3 ml NaCl 0,9% mischen und über eine Verneblermaske inhalieren lassen.
- b) Gabe eines β_2 -selektiven Adrenozeptor-Agonisten, z.B. vier Hübe Terbutalin oder Salbutamol oder Fenoterol (ein Hub enthält üblicherweise 0,25mg Terbutalinsulfat; bzw. 0,1 mg Salbutamol;

bzw. 0,2 mg Fenoterol); dies kann einmal nach 10 Minuten wiederholt werden.

Alternativ können 2,5 mg Salbutamol und 0,5 mg Ipratropiumbromid über eine Verneblermaske verabreicht werden.

Falls eine Inhalation nicht möglich ist, Gabe von Terbutalinsulfat (0,25 mg bis 0,5 mg) subkutan oder Salbutamol (0,2 mg bis 0,4 mg über 15 Minuten) intravenös.

c) Intravenöse Gabe von 250 mg Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis).

Bei Zeichen eines toxischen Lungenödems (z.B. schaumiger Auswurf, feuchte Rasselgeräusche)

a) CPAP-Therapie

b) Intravenöse Gabe von 1000 mg Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis)

Bei (zunehmender) respiratorischer Insuffizienz erweitertes Atemwegsmanagement, z.B. endotracheale Intubation oder ggf. Koniotomie.

Anmerkung: Die Wirksamkeit der Gabe eines Corticosteroids ist bislang nicht in kontrollierten klinischen Studien nachgewiesen worden.

Patienten mit einer Expositionskonzentration von 50-150 ppm oder mehr (in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer) und Patienten, bei denen keine Expositionsdosis abgeschätzt werden kann, eine Exposition aber wahrscheinlich erfolgt ist, sollten unverzüglich zu einem Krankenhaus mit Intensivtherapie-Möglichkeiten transportiert werden.

Durch Hautkontakt mit Schwefelwasserstoff können Reizungen hervorgerufen werden; diese sind wie Verbrennungen zu behandeln. Unter Druck stehendes flüssiges Schwefelwasserstoffgas kann zu Erfrierungen führen.

Die Exposition der Augen kann ebenfalls zu Reizungen führen; auch diese sind wie Verbrennungen zu behandeln. Augenarzt konsultieren.

Anmerkung: Jeder Kontakt mit flüssigem Schwefelwasserstoff im Gesichtsbereich kann ernste Folgen haben.

Antidot-Behandlung

Bewusstlose Patienten mit bekannter oder anzunehmender Schwefelwasserstoffvergiftung sollten unter ärztlicher Aufsicht mit Antidota wie folgt behandelt werden.

Unmittelbar nach der Exposition kann die Gabe von Cyanid-Antidota (aber nicht Thiosulfat) erwogen werden. Bei schon einsetzendem Lungenödem kann sich dadurch der Zustand des Patienten aber auch verschlechtern, da die Methämoglobinämie die Sauerstofftransportkapazität verringert.

Anmerkung: Die Wirksamkeit von Cyanid-Antidota bei Schwefelwasserstoffvergiftungen ist bislang nicht in kontrollierten klinischen Studien nachgewiesen worden.

Die Verfügbarkeit von Antidota kann je nach Land aufgrund gesetzlicher Bestimmungen oder Verordnungen variieren).

Wenn 4-Dimethylaminophenol (4-DMAP) zur Verfügung steht, sollte folgende Behandlung erfolgen: Sofort 4-DMAP intravenös injizieren, normalerweise 3-5 mg/kg Körpergewicht (d. h. 1 Ampulle mit 250 mg 4-DMAP beim Erwachsenen).

Wenn 4-Dimethylaminophenol (4-DMAP) nicht zur Verfügung steht, sollte sofort Natriumnitrit intravenös infundiert werden. Die übliche Erwachsenendosis von 10-20 ml einer 3-prozentigen Lösung ist über einen Zeitraum von nicht weniger als 4 Minuten zu geben.

Dabei muss der Blutdruck überwacht werden und die Infusionsgeschwindigkeit bei einem sich abzeichnenden Blutdruckabfall reduziert werden.

ACHTUNG! Bei einer Schwefelwasserstoffvergiftung darf kein Thiosulfat gegeben werden.

Eine eventuell auftretende Methämoglobinämie sollte nur dann behandelt werden, wenn 4-DMAP überdosiert oder die Diagnose einer Schwefelwasserstoffvergiftung revidiert wurde.

Es ist aber darauf zu achten, dass Patienten ohne Bewusstseinsbeeinträchtigung weder 4-DMAP noch Natriumnitrit erhalten sollten.

Symptomatische Patienten sollten unverzüglich zu einem Krankenhaus mit Intensivtherapie-Möglichkeiten transportiert werden.

*Entlassung des Patienten/
Anweisungen für das weitere
Verhalten*

Asymptomatische Patienten, die einer Konzentration von **weniger als 50 ppm** (in Abhängigkeit der Einwirkungsdauer) ausgesetzt waren, einen **unauffälligen Untersuchungsbefund bieten und keine Vergiftungszeichen nach angemessener Nachbeobachtungszeit zeigen**, können unter folgenden Umständen entlassen werden:

- a) Der behandelnde Arzt ist erfahren in der Beurteilung von Patienten mit Schwefelwasserstoffexposition.
- b) Informationen und Empfehlungen für Patienten mit Anweisungen für das weitere Verhalten wurden mündlich und schriftlich erteilt. Der Patient wurde aufgefordert, sich sofort in ärztliche Behandlung zu begeben, falls gesundheitliche Beschwerden auftreten.
- c) Der Arzt hat den Eindruck, dass der Patient die toxischen Wirkungen vom Schwefelwasserstoff kennt bzw. verstanden hat.
- d) Der weiterbetreuende Arzt ist unterrichtet, so dass ein regelmäßiger Kontakt zwischen Patient und Arzt in den folgenden 24 Stunden möglich ist.
- e) Schwere körperliche Arbeit sollte in den folgenden 24 Stunden nicht erfolgen.
- f) Mindestens 72 Stunden nicht rauchen und Zigarettenrauch meiden; der Rauch kann die Lungenfunktion verschlechtern.

In diesem Dokument hat die BASF alle mögliche Sorgfalt aufgewandt, um die Richtigkeit und Aktualität der dargestellten Informationen sicherzustellen, beansprucht aber nicht, dass dieses Dokument umfassend alle diesbezüglich möglichen Situationen erfasst. Dieses Dokument ist als zusätzliche Informationsquelle für Notfallsanitäter, Notärzte und Ärzte vor Ort konzipiert und soll bei der Beurteilung des Zustands und bei der Behandlung von Schwefelwasserstoff ausgesetzten Patienten Hilfe leisten. Es ersetzt aber nicht die professionelle Beurteilung der jeweiligen Situation durch Notfallsanitäter, Notärzte und Ärzte vor Ort und muss unter Berücksichtigung gesetzlicher Regelungen und Vorschriften sowie spezifischer, über den jeweiligen Patienten zur Verfügung stehender Informationen interpretiert werden.

BASF SE
Corporate Health Management
Carl-Bosch-Straße 38
67056 Ludwigshafen
Deutschland

BASF Corporation
Medical Department
100 Campus Drive, M/S F 221
Florham Park, NJ 07932
USA