

Informationen und Empfehlungen für Ärzte in Krankenhäusern

- Eine Gefahr durch Kontakt mit Patienten, die nur gegenüber Chlorgas exponiert waren, besteht nicht. Ein Patient, der selbst oder dessen Kleidung mit flüssigem Chlor (Siedepunkt -34°C) benetzt ist, kann andere Personen durch direkten Kontakt oder durch ausgasendes Chlor gefährden.
- Chlor wirkt stark ätzend auf die feuchte Haut, die Augen und die oberen Atemwege und führt zu Augenreizungen, Husten, Schmerzen in der Brust und Atembeschwerden. Laryngospasmus und Zeichen eines Lungenödems (Atemnot, Zyanose, Auswurf und Husten) können auftreten.
- Ein spezifisches Antidot ist nicht bekannt. Die Behandlung richtet sich nach dem Ausmaß der Exposition und der Beschwerden.

1. Informationen zur Substanz

Chlor (Cl₂), CAS 7782-50-5

Synonyme: molekulares Chlor, Chlorgas

Chlor ist bei Raumtemperatur ein grün-gelbes, nicht brennbares Gas mit einem scharfen oder stechendem Geruch, unter Druck oder bei Temperaturen unter -34°C eine klare, bernsteinfarbene Flüssigkeit. Es ist ein starkes Oxidationsmittel und explosionsfähig oder kann mit vielen anderen Stoffen explosionsfähige Gemische bilden. Chlor ist nur schwach wasserlöslich, bildet aber bei Kontakt mit Feuchtigkeit hypochlorige Säure (HOCl) und Salzsäure (HCl); die instabile hypochlorige Säure zerfällt rasch unter Bildung von Sauerstoffradikalen. Wasser verstärkt die oxidative und ätzende Wirkung. Chlor ist ein bedeutender Ausgangsstoff bei der Herstellung vieler Chemikalien, wie z.B. bei der Synthese von Metallchloriden, chlorhaltigen Lösemitteln, Pflanzenschutzmitteln, Kunststoffen und synthetischem Gummi. Es wird als Bleichmittel in der Papier- und Textilindustrie eingesetzt und kann durch Säureeinwirkung aus hypochlorit-haltigen Haushaltsprodukten freigesetzt werden.

2. Exposition

Einatmen

Die Exposition gegenüber Chlor erfolgt im wesentlichen durch Einatmen. Der Geruch von Chlor hat eine deutliche Warnwirkung. Die chronische Einwirkung niedriger Konzentrationen kann aber zum Abstumpfen der Geruchswahrnehmung und der Reizeffekte führen. Da Chlor schwerer als Luft ist, besteht in schlecht gelüfteten, niedrig liegenden oder geschlossenen Räumen Erstickungsgefahr.

Haut-/Augenkontakt

Die Einwirkung von Chlorgas auf nasse oder feuchte Haut bzw. Augen führt zu starken Verätzungen mit Geschwür- und Schorfbildung.

Verschlucken

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

3. Akute gesundheitliche Wirkungen

Chlorgas führt zu Reizungen der Augen und der oberen Atemwege (Rachenreizungen, Husten). Bei hohen Konzentrationen kann es schnell zu Atembeschwerden mit Schmerzen in der Brust, Atemnot, Laryngospasmen und Lungenödem kommen. Die Beschwerden können mit der Zeit zunehmen. Bei massiver Einwirkung kann es zu Atemstillstand und Herz-Kreislauf-Stillstand kommen.

Hautkontakt Die Einwirkung von hohen Chlorgaskonzentrationen auf nasse oder feuchte Haut führt zu starken Verätzungen mit Geschwür- und Schorf- bildung und damit eventuell zu entstellenden Narben. Niedrigere Konzentrationen können Brennen, Rötung, Entzündung und Blasenbildung verursachen, die Einwirkung von unter Druck stehendem, flüssigem Chlor kann Erfrierungen bewirken.

Augenkontakt Niedrige Gaskonzentrationen können zu Augenreizungen mit Brennen, Rötung, Tränenfluss und Lidschluss führen, Kontakt mit flüssigem Chlor 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>Chlorkonzentration</u>	<u>Effekt</u>
0,31 ppm	- Geruchsschwelle (Toleranzentwicklung)
0,5 ppm	- Arbeitsplatzgrenzwert (8-Std. und Kurzzeitwert, Deutschland, AGS)
0,5 ppm	- AEGL I (10 Minuten, USA, EPA)
2,0 ppm	- AEGL II (60 Minuten, USA, EPA)
2,8 ppm	- AEGL II (10 Minuten, USA, EPA)
50 ppm	- AEGL III (10 Minuten, USA, EPA)
AEGL I (acute exposure guideline levels): airborne concentration of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience notable discomfort, irritation, or certain asymptomatic nonsensory effects. However, the effects are not disabling and are transient and reversible upon cessation of exposure.	
AEGL II: airborne concentration of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience irreversible or other serious long-lasting adverse health effects, or an impaired ability to escape.	
AEGL III: airborne concentration of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience life-threatening health effects or death.	

Mögliche Folgen Wenn der Patient die ersten 48 Stunden nach der Exposition überlebt hat, ist eine weitere Besserung der Symptomatik zu erwarten. Nach der akuten Einwirkung normalisiert sich die Lungenfunktion gewöhnlich in 7 bis 14 Tagen. Üblicherweise kommt es zu einer vollständigen Wiederherstellung. Eine erhöhte Sensitivität gegenüber reizenden Stoffen kann persistieren und Bronchospasmen oder eine chronische Bronchitis hervorrufen. Ein solches Chlorgas-induziertes "reactive airways dysfunction syndrome" besteht eventuell über mehrere Jahre fort. Eine Zerstörung von Lungengewebe oder Narbenbildung kann zu einer chronischen Dilatation von Bronchien und zu einer erhöhten Suszeptibilität gegenüber Infektionen führen. Die chronische oder länger dauernde Einwirkung hat möglicherweise ein erhöhtes Risiko von chronischen Atemwegsobstruktionen und von Zahnerosionen zur Folge.

4. Maßnahmen

Selbstschutz Eine Gefahr durch Kontakt mit Patienten, die nur gegenüber Chlorgas exponiert waren, besteht nicht. Ein Patient, der selbst oder dessen Kleidung mit flüssigem Chlor in Berührung kam, kann andere Personen durch direkten Kontakt oder durch ausgasendes Chlor gefährden.

Reinigung Patienten, die nur gegenüber Chlorgas 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 mithelfen. Kam es zu einer Einwirkung von flüssigem Chlor und ist die Kleidung verunreinigt, muss sie entfernt und zweifach eingepackt werden.

Sicherstellen, dass betroffene Haut- und Haarpfortien mit Wasser über mindestens 15 Minuten gespült wurden. Andere wichtige Hilfsmaßnahmen währenddessen fortsetzen. Augen während des Spülens schützen.

Sicherstellen, dass die Augen im Falle einer Chlorexposition mit Wasser oder neutraler Kochsalzlösung über mindestens 15 Minuten gespült wurden. Vorhandene Kontaktlinsen - soweit ohne zusätzliche Gefahr fürs Auge möglich - entfernen. Andere wichtige Hilfsmaßnahmen währenddessen fortsetzen.

Empirische Therapie; kein spezifisches Antidot verfügbar.

Initiale Behandlung

Die folgenden Maßnahmen werden empfohlen, falls die Chlorkonzentration 2,8 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:

Wenn nicht bereits erfolgt, zunächst Verabreichung von 8 Sprühstößen Beclometason (800 µg Beclometasondipropionat) aus einem Dosieraerosol. Danach für 24 Stunden alle 2 Stunden 4 weitere Sprühstöße.

Soweit nicht bereits erfolgt, intravenöser Zugang und intravenöse Gabe von 1,0 g Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis) bei Konzentrationen von 50 ppm oder mehr (in Abhängigkeit der Expositionsdauer).

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

Nach Inhalation von Chlor befeuchtete Luft oder Sauerstoff verabreichen. Bei Zeichen einer Hypoxie Gabe von befeuchtetem Sauerstoff.

Bei respiratorischer Insuffizienz endotracheale Intubation oder ein alternatives Atemwegsmanagement. Ist dies nicht durchführbar, ggf. Koniotomie.

Durch Hautkontakt mit Chlor können schwere Schädigungen hervorgerufen werden; diese sind wie Verbrennungen zu behandeln: adäquate Flüssigkeitsgabe, analgetische Therapie, Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, Abdeckung des betroffenen Hautareals mit einer sterilen Auflage oder einem sauberen Tuch. Unter Druck stehendes flüssiges Chlor kann zu Erfrierungen führen.

Die Exposition der Augen kann ebenfalls zu schweren Schädigungen führen; auch diese sind wie Verbrennungen zu behandeln. Unverzüglich einen Augenarzt konsultieren.

Anmerkung: Jede Exposition gegenüber flüssigem Chlor im Gesichtsbereich kann ernste Folgen haben.

Weiteres Vorgehen und Behandlung

Neben Anamnese, körperlicher Untersuchung und Vitalfunktionen sollten Pulsoximetrie, eine p.a. Thoraxröntgenaufnahme und eine Spirometrie durchgeführt werden.

Radiologisch eindeutige Zeichen eines Lungenödems – Vergrößerung der Hili, typische, zentral betonte, fleckförmige Verschattungen im Thoraxröntgenbild - sind späte Zeichen, die erst 6 bis 8 Stunden oder noch später nach einer Exposition erkennbar sind. Das Röntgenbild ist typischerweise bei der Erstvorstellung im Krankenhaus auch nach Einatmen einer größeren Dosis normal.

Patienten mit möglicher Exposition sollten über ein Minimum von 24 Stunden beobachtet und wiederholt nachuntersucht werden, bevor gesundheitliche Folgeschäden ausgeschlossen werden können.

Wenn die Sauerstoffsättigung unter 90 % fällt oder zu fallen droht, sind unverzüglich die arteriellen Blutgaskonzentrationen zu überprüfen und das Thoraxröntgen zu wiederholen.

Wenn die Blutgaskonzentrationen sich zu verschlechtern beginnen und/oder die Thoraxröntgenaufnahme Lungenödemzeichen zeigt, Sauerstoffgabe über eine Maske. Bei sich manifestierender Verschlechterung ist eine Therapie mit positivem endexpiratorischem Druck (PEEP) innerhalb der ersten 24 Stunden nach Exposition zu beginnen, auch dann, wenn die Sauerstoffsättigung über eine Maskenbeatmung aufrechterhalten werden kann. **Frühe Indikation für eine PEEP-Therapie ist eine Tachypnoe (>30/min) mit einer gleichzeitigen Abnahme des Kohlendioxidpartialdrucks.**

Ein unzureichender Anstieg bzw. eine relative Abnahme des Sauerstoffpartialdruckes trotz Hyperventilation weist auf die Entwicklung eines Lungenödems hin.

Im Falle der Entwicklung eines Lungenödems sollten Flüssigkeitsaufnahme und -ausscheidung sowie Elektrolyte engmaschig kontrolliert werden. Eine positive Flüssigkeitsbilanz ist zu vermeiden. Zur Optimierung des Flüssigkeitsmanagements ist das Legen eines Zentralvenen- oder Swan-Ganz-Katheters in Betracht zu ziehen.

Solange Anzeichen eines Lungenödems vorliegen, sollte die intravenöse Gabe von 1,0 g Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis) in Intervallen von 8 bis 12 Stunden fortgesetzt werden.

Patienten mit Bronchospasmus sollten wie folgt behandelt werden:

a) Gabe eines β_2 -selektiven Adrenozeptor-Agonisten, z. B. 4 Hübe Terbutalin oder Salbutamol oder Fenoterol (ein Hub enthält üblicherweise 0,25 mg Terbutalinsulfat bzw. 0,1 mg Salbutamol bzw. 0,2 mg Fenoterol); kann einmal nach 10 Minuten wiederholt werden.

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

b) Wenn a) nicht wirksam oder ausreichend ist: Gabe von Theophyllin (5 mg/kg Körpergewicht über 20 bis 30 Minuten).

c) Wenn a) und b) nicht wirksam oder ausreichend sind: Gabe von 2 Hüben von einem Epinephrin-Dosieraerosol (0,2 mg pro Hub); kann nach 5 Minuten wiederholt werden.

Eine prophylaktische Antibiotikagabe wird nicht routinemäßig befürwortet, kann aber auf der Basis der Ergebnisse von Sputumkulturen indiziert sein. Eine Pneumonie kann als Komplikation eines schweren Lungenödems auftreten.

*Entlassung des Patienten/
Anweisungen für das weitere
Verhalten*

Asymptomatische Patienten, die einer Konzentration von **weniger als 2,8 ppm** (abhängig von der Einwirkungsdauer) ausgesetzt waren, und Patienten, die **unauffällige Untersuchungsbefunde und keine Zeichen einer toxischen Wirkung** nach Beobachtung über 24 Stunden zeigen, können unter folgenden Umständen aus dem Krankenhaus entlassen werden:

a) Der behandelnde Arzt ist erfahren in der Beurteilung von Patienten mit Chlorexposition.

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 ist der Ansicht, dass der Patient die toxischen Wirkungen vom Chlor kennt bzw. verstanden hat.

- d) Der weiterbehandelnde 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.

Patienten mit ernsten Haut- oder Augenverletzungen sollten nach 24 Stunden erneut untersucht werden.

Die Spirometrie sollte nach der Entlassung in regelmäßigen Abständen wiederholt werden, bis die Werte auf die Ausgangswerte des Patienten zurückgegangen sind.

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 Ärzte im Krankenhaus konzipiert und soll bei der Beurteilung des Zustands und bei der Behandlung von Chlor ausgesetzten Patienten Hilfe leisten. Es ersetzt aber nicht die professionelle Beurteilung der jeweiligen Situation durch die Ärzte im Krankenhaus und muss unter Berücksichtigung gesetzlicher Regelungen und Vorschriften sowie spezifischer, über den jeweiligen Patienten zur Verfügung stehender Informationen interpretiert werden.

BASF SE
Occupational Medicine &
Health Protection
Carl-Bosch-Straße 38
67056 Ludwigshafen
Deutschland

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