



2015

Factsheet SENFGAS

1. Allgemeines

"Senfgas" ("Mustard" im englischen Sprachgebrauch) ist einer der Trivialnamen für das Hautgift 2,2'-Dichlordiethylsulfid. Der Name "Senfgas" stammt vom typischen Geruch des nicht hochgereinigten Produktes nach Senf oder Knoblauch. Andere Bezeichnungen für Senfgas sind HD, Yperit oder S-Lost (<https://www.opcw.org/protection/types-of-chemical-agent/>).

Destilliertes Senfgas war bereits vor 1890 als Beiprodukt in der Farbenindustrie bekannt und wurde zur Behandlung kleinerer Tumore sowie als Pestizid in Lagerhäusern eingesetzt.

In der Nacht vom 12. auf den 13. Juli 1917 griffen bei Ypern die deutschen Truppen ihre englischen Gegner mit einer Mischung von Explosivmunition und mit Senfgas gefüllten Artilleriegranaten an. Wegen der vorerst nur leichten Augenreizungen verzichteten die Betroffenen auf das Anziehen der Schutzmasken. Stunden später waren die Feldlazarette überfüllt und es kam zu ersten Todesfällen. Bald darauf setzten die Briten, Frankreich und die Vereinigten Staaten ebenfalls Senfgas ein. Nach dem Ersten Weltkrieg wurde Senfgas auch in Italien, in der Sowjetunion und in Japan produziert.

Senfgas wurde auch nach dem Ersten Weltkrieg eingesetzt:

- 1919 durch die Briten in Afghanistan
- 1925 durch Frankreich und Spanien gegen Marokko
- 1935 durch Italien gegen Äthiopien
- 1934 bis 1944 durch Japan gegen China
- 1963 bis 1967 durch Ägypten im Yemen
- 1983 bis 1988 durch Irak gegen Iran und gegen die eigene kurdische Bevölkerung

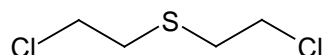
Nach dem 2. Golfkrieg haben Inspektionen im Irak ergeben, dass dort einige Hundert Tonnen Senfgas – teilweise munitioniert – gelagert wurden.

Verschiedene andere Länder wurden ebenfalls verdächtigt chemische Waffen zu lagern und/oder zu produzieren. Eine Reihe von Industriestaaten (organisiert in der Australiengruppe) versucht, durch Absprache von Exportkontrollen für kritische Güter (z.B. Chemikalien, Anlagebauteile) die Proliferation (Weiterverbreitung) von chemischen Waffen zumindest zu erschweren (<http://www.australiagroup.net/de/>).

Das 1997 in Kraft getretene Chemiewaffenübereinkommen (<https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention/>) verlangt, dass die Vorräte an chemischen Waffen innert 10 Jahren vernichtet werden müssen, jedoch wurden bis März 2015 nur etwa 87 % der von den Mitgliedstaaten deklarierten ~72'500 Tonnen Chemiewaffen zerstört. Die internationale Organisation für das Verbot von chemischen Waffen (OPCW) verifiziert die Vernichtung sowie die deklarierte Produktion, Verarbeitung und den Verbrauch von kritischen Chemikalien (mögliche Ausgangsstoffe für chemische Kampfstoffe).

2. Chemische Struktur

Senfgas ist ein halogeniertes Dialkylsulfid mit folgender Struktur:



3. Chemische und physikalische Eigenschaften

Schmelzpunkt	14 °C
Siedepunkt	217 °C
Flüchtigkeit (20 °C)	610 mg/m ³
Wasserlöslichkeit	0.08 %
Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln	gut löslich in den meisten organischen Lösungsmitteln
Hydrolyse (Abbau in Wasser)	Halbwertszeit: 8.5 min in dest. Wasser bei 25 °C, da aber schlecht löslich in Wasser kann Senfgas über längere Zeit in Wasser überstehen. Basen und höhere Temperaturen beschleunigen die Hydrolyse.
Geruch	praktisch geruchlos (wenn rein) stark nach Knoblauch, Senf oder Gummi (wenn verunreinigt)
Farbe	farblos (wenn rein) gelblich bis braun (wenn verunreinigt)
Entgiftung	Seifenwasser oder 0.5 %iges Javelwasser

4. Nachweis

Senfgas kann mit den Methoden der chemischen Instrumentalanalytik nachgewiesen werden. Der Vergleich mit Massenspektren, Infrarotspektren oder Kernresonanzspektren der reinen Substanz macht die Identifikation zweifelsfrei möglich. Von möglicherweise entstandenen Abbauprodukten kann zumindest auf die Substanzklasse der Dialkylsulfide zurück geschlossen werden.

Das LABOR SPIEZ verfügt über eine akkreditierte Prüfstelle für Untersuchungen von Proben aller Art auf chemische Kampfstoffe und verwandte Verbindungen.

Im Feld kann Senfgas relativ einfach mit Handhelddetektoren nachgewiesen werden.

5. Toxizität

5.1. Wirkung

Als Hautkampfstoff wird Senfgas sehr schnell durch die Haut aufgenommen. Die bei der Detonation freiwerdenden Dämpfe führen zu toxischen Auswirkungen, unter anderem zu Gefäßschädigungen und starken Entzündungen. Am Häufigsten sind bei einem Angriff Augen, Haut, Atemwege und die Magen-Darmschleimhaut betroffen. Die toxische Wirkung

ist auch auf die ungehinderte Bildung von Salzsäure im Organismus zurückzuführen. Durch die starke Resorption von Körperflüssigkeiten kann es zu erheblichen Organschäden kommen und auch das Immun- sowie das Nervensystem geschädigt werden. Senfgas kann dabei in Wechselwirkungen mit RNS, DNS, Proteinen und Zellbestandteilen treten, wobei es in vielen Fällen zu Folgeschäden kommen kann, obwohl die eigentlichen primären Hautverletzungen verheilt sind. Durch das hohe Alkylierungspotential von Senfgas können Erbinformationen verändert werden und Krebs als Langzeitschaden auftreten. Die Einwirkungen auf die Haut werden durch starken Juckreiz, Brennen und Blasenbildung mit anschließender Nekrotisierung (Absterben von Zellen oder Zellgruppen am lebendigen Organismus) deutlich. Die Verbrennungen heilen ausserordentlich schlecht, was die Gefahr der Sekundärinfektion erhöht. Betroffene Personen werden zu Intensivpatienten, welche die Sanitätsdienste ausserordentlich stark belasten.

5.2. Vergiftungssymptome

Anfangssymptome:

- Entzündung und Rötung der Augen
- Tränenfluss
- Fremdkörpergefühl und Brennen der Augen (ähnlich einer Bindehautentzündung)
- Entzündung und Rötung der Haut
- Übelkeit
- Erbrechen

Langzeitsymptome:

- Grosse mit Flüssigkeit gefüllte Blasen
- Absterben der Augenepithelzellen (Erblindung als mögliche Folge)
- Schwere Entzündungen im ganzen Atmungstrakt mit Zerstörung der Schleimhäute
- Blutungen und Eiterherde in den Luftwegen
- Überdehnung der Lungen (Lungenemphysem) durch die massiv erschwerte Atmung
- Flüssigkeitsaustritt aus zerstörtem Lungengewebe (Lungenödem)
- Tod durch Ertrinken an eigenen Körpersäften

Latenzzeit (Zeit bis zum Erkennen von Symptomen):

Die Anfangssymptome treten unmittelbar (Minuten) oder erst nach Stunden nach dem Kontakt mit Senfgas auf. Falls keine Entgiftung der benetzten Hautstellen erfolgt, bilden sich in 4 bis 8 Stunden grosse, mit Flüssigkeit gefüllte Blasen und weitere Langzeitsymptome treten auf. Die Länge der Latenzzeit und die Stärke der Symptome hängt sehr stark von der Konzentration des Stoffes und der Dauer der Exposition ab.

5.3. Toxizitätsdaten

Für gasförmiges Senfgas sind in der Folge die Dosen als ct_{50} -Produkt angegeben, d.h. das Produkt Konzentration (mg/m^3) * Expositionszeit (min), bei dem 50 % der Betroffenen eine bestimmte Wirkung zeigen.

Stark vereinfacht wird dabei angenommen, dass eine kleine Konzentration während langer Zeit, die gleiche Wirkung zeitigt wie eine hohe Konzentration über entsprechend kürzere Zeit.

Für flüssiges Senfgas wird die letale Dosis LD_{50} (mg/Mensch), d.h. die Menge pro kg Körpergewicht bei deren Aufnahme 50 % der Betroffenen sterben, angegeben.

	ct ₅₀ [(mg/m ³)*min]	Letale Dosis LD ₅₀ [mg/kg]
Aufnahme gasförmig über Atemwege: - handlungsunfähig machend - tödlich	- 400 - 1500	-
Aufnahme gasförmig über die Haut: - handlungsunfähig machend - tödlich	2000 10000	- -
Aufnahme gasförmig über die Augen: - handlungsunfähig machend - tödlich	200 -	- -
Aufnahme flüssig: - oral - perkutan	- -	50 4500

Daten aus: S. Franke, K. F. Koehler, H. Zaddach, „Chemie der Kampfstoffe, Umwandlung und Vernichtung“, Teil 1, Dr. Koehler GmbH, 1994.

6. Schutz

Wenn die Gefahr des Kontakts mit Senfgas besteht, ist der Ganzkörperschutz mit semi-permeablem oder impermeablem Schutzanzug mit Handschuhen und Überschuhen erforderlich. Die Atemwege sind mit einer Schutzmaske mit geeignetem Schutzfilter zu schützen. Die ABC-Schutzfilter der Armee (für Schutzmasken und Schutzräume) bieten einen ausgezeichneten Schutz gegen gas- und aerosolförmig eingesetztes Senfgas. Es schützen auch Industriefilter der Typen A und B (Klasse 2) kombiniert mit einem Partikelfilter (Klasse 3).

7. Therapie

Für die Vergiftung mit Senfgas gibt es keine spezifische Antidot Therapie. Die Erste Hilfe beschränkt sich auf das Auswaschen von Senfgas-Spritzern aus den Augen und die Hautreinigung mit Seifenwasser oder 0.5%-igem Javelwasser.

Die Erstversorgung besteht im sterilen Abdecken der verätzten Haut und in Schmerzbekämpfung. Im Spital werden die Hautverletzungen unter antibiotischer Abschirmung wie Verbrennungen mit Flammazin-Umschlägen und antiseptischen Bädern, die Augen mit Antibiotika-, Korticoide- und Vitamin-A/D-haltigen Salben behandelt. Die Lungenveränderungen müssen überwacht werden.

(<http://www.lba.admin.ch/internet/lba/de/home/themen/sanit/koordinierter0.html>)

8. Beurteilung

Senfgas hat einen hohen Siedepunkt und reagiert nicht leicht mit Wasser. Das Hautgift bleibt lange wirksam und zeichnet sich durch ein sehr gutes Ein- und Durchdringungsvermögen bei Textilien, Leder, Plastik und anderen Materialien aus. Es eignet sich zum nachhaltigen Vergiften von Gelände und Material mit Fliegerbomben, Artillerie, Raketen und Minen. Senfgas kann das Passieren von vergifteten Abschnitten langfristig erschweren bis verhindern.

Über eine aktuelle Produktion im grösseren Massstab ist nichts bekannt.

Die vollständige Vernichtung von gelagertem Senfgas ist im Gange, wird aber voraussichtlich nicht vor 2020 abgeschlossen sein.

LABOR SPIEZ