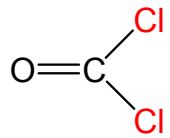
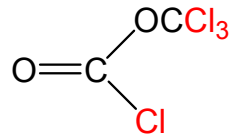


Chemische Kampfstoffe

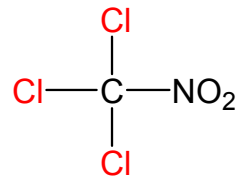
Lungengifte



Phosgen

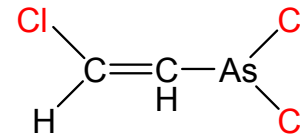


Diphosgen

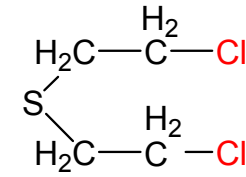


Chlorpikrin

Hautgifte

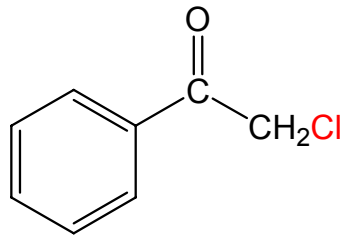


Lewisit

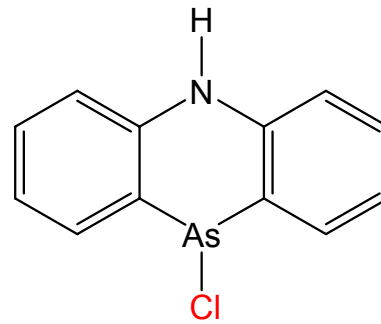


S-Lost

Reizgifte

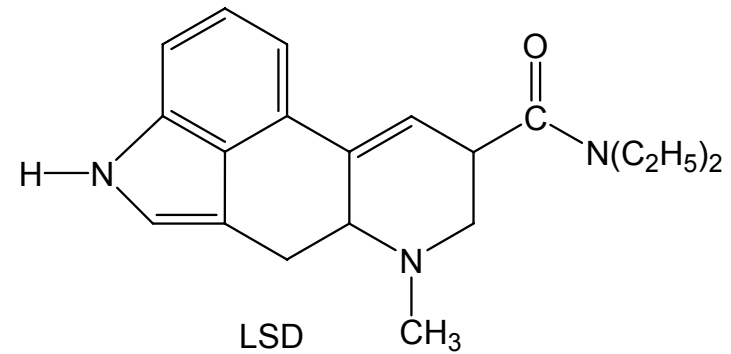


CN
"Chemische Keule"



Adamsit

Psychotoxische Gifte



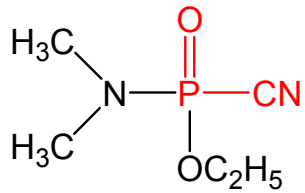
LSD

Giftstoff	Stoffklasse	Herkunft	MLD [mg/kg]	LD₅₀ [mg/kg]	Tierart, Applikation
Botulinustoxin	Peptid	Bakterien	0,0000003		Maus, oral
<u>Palytoxin</u>	Polyketid	Hohltiere		0,00045	Maus, i.v.
<u>2,3,7,8-TCDD</u>	chlorierter Aromat	synthetisch		0,0006	Meerschweinchen, oral
Natriumfluoracetat	Salz	synthetisch	ca. 2		Mensch, oral
<u>Ricin</u>	Peptid	Pflanze	0,001		Maus, i.p.
<u>Tetrodotoxin</u>	Polyalkohol	Fisch		0,01	Maus, i.p.
<u>α-Amanitin</u>	Peptid	Pilz		0,1	Maus, i.p.
<u>Digitoxin</u>	Steroidglycosid	Pflanze		0,18	Katze, oral
<u>α-Bungarotoxin</u>	Peptid	Schlange		0,21	Maus, s.c.
<u>Muscarin</u>	Alkaloid	Pilz		0,23	Maus, i.v.
<u>Kobratoxin</u>	Peptid	Schlange	0,3		Maus, oral
<u>Aconitin</u>	Alkaloid	Pflanze		1	Maus, oral
<u>Parathion</u> (E 605)	Phosphorsäure- Ester	synthetisch		4–13	Ratte, oral
<u>Aflatoxin B₁</u>	Furocumarin	Pilz		9,5	Maus, i.p.
<u>Cisplatin</u>	anorgan. Komplex	synthetisch		9,7	Meerschweinchen, i.p.
<u>Natriumcyanid</u>	anorgan. Salz	Pflanze;		15	Ratte, oral

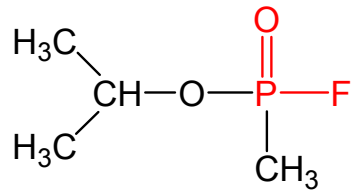
		synthetisch			
<u>Arsentrioxid</u>	anorgan. Salz	Mineralien		15	Ratte, oral
<u>Thalliumacetat</u>	anorgan. Salz	synthetisch	18,5		Hund, oral
<u>Heroin</u>	Alkaloid	synthetisch		22	Maus, i.v.
<u>Demeton-S-methyl</u>	Phosphorsäure-Ester	synthetisch		ca. 30	Ratte, oral
<u>Ecstasy (MDMA)</u>	Phenylethyl-amin	synthetisch		49 97	Ratte, i.p. Maus, i.p.
<u>Nicotin</u>	Alkaloid	Pflanze		50–60	Ratte, oral
<u>Quecksilber(II)-Salze</u>	anorgan. Salz	Mineralien; synthetisch		100 [Hg(II)]	Maus, oral
<u>DDT</u>	chlorierter Aromat	synthetisch		100	Maus, oral
<u>Coffein</u>	Heterocyclus	Pflanze		127	Maus, oral
<u>Morphin-hydrochlorid</u>	Alkaloid	Pflanze		500	Maus, s.c.
<u>Phenobarbital-Natrium</u>	cycl. Ureid	synthetisch		660	Ratte, oral
<u>PCB</u>	chlorierter Aromat	synthetisch		>1000	Maus, oral
<u>Eisen(II)sulfat</u>	anorgan. Salz	Mineral		1,520	Maus, oral
<u>Natriumchlorid</u>	anorgan. Salz	Mineral		3,750	Ratte, oral
<u>Ethanol</u>	Alkohol	synthetisch		10,000	Ratte, oral

Chemische Kampfstoffe

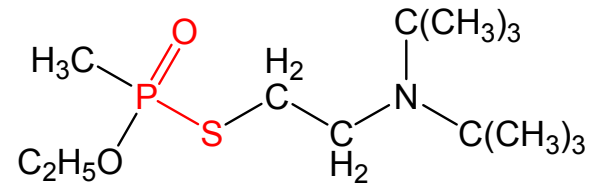
Nervengifte



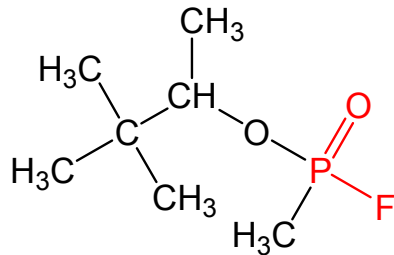
Tabun



Sarin

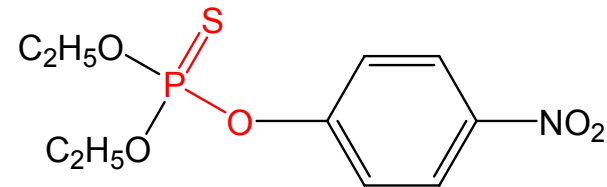


VX (Tammelinscher Ester)



Soman

aber Parathion (E 605) ist ein Insektizid und Akarizid





Haber, Fritz

(1868–1934), Prof. für Chemie, Karlsruhe u. KWI Berlin. *Arbeitsgebiete:* Chem. Vorgänge in Flammen, elektrolyt. Red. von Nitrobenzol, Glaselektrode, Gasreaktionen, Gasgleichgew., Autoxid., Synth. von Stickstoffoxiden im elektr. Lichtbogen, Entwicklung der Ammoniak-Synth. (Haber-Bosch-Verfahren; hierfür 1918 Nobelpreis für Chemie). Die BASF führte unter der Leitung von von Bruck u. Mittasch die großtechn. Produktion von Ammoniak durch; ab 1913 diente es als Ausgangsstoff für Sprengstoffe. 1914 regte H. die Verw. von Chlor als chem. Kampfmittel an; er war auch verantwortlich für die Einführung der Grünkreuz-(Phosgen-) u. Blaukreuzgeschosse (Chlor-Arsen-Kampfstoffe). Obwohl er auf die Liste der auszuliefernden Kriegsverbrecher gesetzt worden war, wurde ihm 1919 nachträglich der Chemienobelpreis von 1918 verliehen.

«Synthese von Ammoniak aus seinen Elementen»

Ein Überblick: Chemische Kampfstoffe

MICHAEL HÖFER

Die Ereignisse des 11. September 2001 stellen unser Selbstverständnis in Frage. Ging man vorher davon aus, dass Selbstmordattentäter nur im Nahen Osten auftreten und sich aus palästinensischen Flüchtlingslagern rekrutieren, scheint es nunmehr gewiss, dass auch andere Personenkreise Angriffe auf verschiedenste Ziele der westlichen Welt verüben. Es ist damit wieder aktuell, Horrorszenarien durchzuspielen, in denen todeswillige Terroristen Kampfstoffe herstellen, um sie als Waffe einzusetzen. Während die Medien über biologische Waffen und ihre Gefahren ausführlich berichten, scheinen die mindestens ebenso gefährlichen chemischen Kampfstoffe kaum ein Thema zu sein.

Was macht eine Substanz zu einem chemischen Kampfstoff?

Es gibt Tausende giftiger Substanzen, aber nur wenige scheinen für die chemische Kriegsführung geeignet zu sein. Im letzten Jahrhundert wurden ca. 70 verschiedene Chemikalien als chemische Kampfstoffe eingesetzt oder zumindest zu diesem Zweck gelagert. Heute sind von diesen nur noch einige wenige von Interesse, da an einen chemischen Kampfstoff verschiedenste Forderungen (Tabelle 1) gestellt werden. Einige der wichtigsten bekannten chemischen Kampfstoffe sind im Infokasten auf S. 153 zusammengefasst.

WAS IST EIN CHEMISCHER KAMPFSTOFF

Im militärischen Sprachkontext versteht man unter chemischen Kampfstoffen all die chemischen Substanzen, die aufgrund ihrer toxischen Wirkung gegen Menschen, Tiere oder Pflanzen eingesetzt werden können. Dabei ist es unerheblich, ob sie nur vorübergehend, nachhaltig oder sogar direkt tödlich wirken. Erst durch diese Zweckbestimmung wird eine Substanz zu einem Kampfstoff. Viele, vor allem im 1. Weltkrieg eingesetzte Substanzen, sind heute als Grundstoffe in der chemischen Industrie unumgänglich (z.B. Phosgen und Chlorgas). Solche Chemikalien, die sich sowohl militärisch, als auch industriell nutzen lassen, werden als „dual use“-Substanzen bezeichnet und unterliegen daher der besonderen Beachtung des völkerrechtlich verbindlichen Chemiewaffen-Übereinkommens (CWÜ). Das CWÜ definiert chemische Kampfstoffe kurz als eine Chemikalie, die als chemische Waffe eingesetzt werden kann. Durch diese recht allgemeine Umschreibung soll die völkerrechtlich verbindliche Regelung nicht umgangen werden können.

Warum streben Staaten nach chemischen Kampfstoffen?

Chemische Kampfstoffe sind einfach und preiswert herzustellen. Ihre Wirkung ist oftmals enorm: Bereits der Einsatz kleiner Mengen kann ausreichen, um eine große Anzahl möglicher Gegner kampfunfähig zu machen. Für Entwicklungsländer ist oftmals gerade das mit dem Besitz der Stoffe verbundene politische Prestige wichtig: Als Besitzer von Massenvernichtungswaffen sitzt man mit den „Großen“ an einem Tisch. Das von Nuklearmächten angeführte Abschreckungspotential ihrer Atomwaffen gilt im übertragenen Sinne auch für das im regionalen Bereich operierende Entwicklungsland. Vor allem der Erfolg des anfangs schwächeren Aggressors Irak im Golfkrieg I gegen den weit aus größeren Iran durch den Einsatz von chemischen Kampfstoffen, bestärkte in den 80er Jahren viele Staaten, selbst C-Waffen-Kontingente aufzubauen.

Geschichtliche Entwicklung

Bereits im Altertum sollen die Spartaner eine Mischung aus Pech und Schwefel verbrannt und mit dieser giftigen Wolke die Athener aus einer belagerten Stadt vertrieben haben [1]. Während des Mittelalters beschränkte sich der Einsatz auf das Vergiften von Wasserquellen durch Versenken von Tierkadavern in Brunnen oder das Katapultieren Pesttoter in belagerte Städte. Durch diese Praxis soll die große Pestepidemie in Europa ausgelöst worden sein, der im 14. Jahrhundert 25 Millionen Menschen zum Opfer gefallen sein sollen [2].

Haager Ordnung verhindert chemische Kriegsführung nicht

Zu Beginn der Industrialisierung im ausgehenden 19. Jahrhundert einigten sich die Staaten in der Haager Landkriegsordnung von 1899, auf den Einsatz erstickender oder giftiger Gase zu verzichten, sofern ihre Wirkung im Missverhältnis zum militärischen Erfolg steht [3]. Damals beschäftigten sich vorrangig die Industrienationen der nördlichen Hemisphäre – also Europa, Nordamerika und Japan – mit chemischen Kampfstoffen.

Zu Beginn des 1. Weltkriegs erreichte das Deutsche Kaiserreich mit schnell vorgetragenen Angriffen beachtliche Anfangserfolge, die aber nicht von Dauer waren und in einen zermürbenden Stellungskrieg übergingen. Sowohl Deutschland als auch die Alliierten verfügten über vergleichbare Waffenarsenale, Soldaten und Taktik. Aufgrund mangelnder Rohstoffquellen zeichnete sich in Deutschland

eine Munitionskrise ab. Um durch schnelle Erfolge doch noch ein baldiges Ende des Krieges herbeizuführen, hatte die deutsche Armeeführung ein offenes Ohr für alle Vorschläge, die das versprochen. Man sah den Gebrauch chemischer Reiz- und Kampfstoffe sowohl auf deutscher als auch alliierter Seite durchaus als ein legitimes Mittel der Kriegführung an, da der mögliche militärische Erfolg, aber auch die Art, wie der Kampfstoff ausgebracht wurde, kein Verstoß gegen die Haager Landkriegsordnung war [3].

Chlor und Gelbkreuz

Am Morgen des 22. April 1915 setzten deutsche Truppen in der Nähe der belgischen Ortschaft Ypern unter wissenschaftlicher Überwachung von Professor Fritz Haber 160 t Chlorgas frei [4]. Das tragische Ergebnis waren 5.000 Tote, 10.000 Verletzte. Es war der erste Großeinsatz eines Massenvernichtungsmittels und damit die wenig rühmliche Geburtsstunde der modernen chemischen Kriegführung. Aus 6000 Stahlzylindern wurde Chlorgas abgeblasen und wehte auf die französischen Stellungen zu. Dadurch entstand ein sechs Kilometer breites Loch in der Westfront. Der

Vorwurf, gegen das Haager Abkommen von 1899 verstoßen zu haben, das verbietet, Geschosse zu verwenden, deren Zweck es ist, erstickende oder giftige Gase zu verbreiten, wurde mit dem Hinweis, kein Geschoss verwandt zu haben, verworfen. Die in Stellung liegenden Franzosen waren zwar vom belgischen Generalstab auf die Möglichkeit eines deutschen Gasangriffs hingewiesen worden, hatten die Warnungen aber nicht beachtet. Von dem Ergebnis selbst überrascht, verpasste die Deutsche Armeeführung die Chance, den Stellungskrieg durch einen massiven Angriff zu beenden [5]. Erst fünf Monate später, am 25. September, fand der Vergeltungsschlag der Briten mit 150 t Chlorgas statt [3].

Aufgrund der weit entwickelten chemischen Industrie im Kaiserreich war Deutschland auch in den folgenden Kriegsjahren zu ausgedehnter chemischer Kriegführung befähigt. Die neue Waffe wurde auch an der Ostfront gegen Russland eingesetzt. Russland allein hat in etwa genauso viele Verluste durch Gasangriffe hinnehmen müssen, wie alle anderen kriegführenden Parteien zusammen. Die Zahlen schwanken je nach Quelle, die zugrunde gelegt wird. Insgesamt gab es über 1.000.000 Gasvergiftete, von denen Russland fast 500.000 zu beklagen hatte und fast 80.000 Gastote, von denen 56.000 auf Russland entfielen [3]. Im Verlauf des Krieges erfolgte ein intensiver Einsatz immer neuer chemischer Kampfstoffe sowohl von deutscher als auch alliierter Seite [6].

Am 12. Juli 1917 führten deutsche Truppen bei Ypern die letzte neue Kampfgasart des 1. Weltkriegs ein: Gelbkreuz (D: S-Lost; GB: Senfgas; F: Yperite). S-Lost wurde nicht nur eingesetzt, um Soldaten und ihre Ausrüstung zu vergiften, sondern vorzugsweise als Geländekampfstoff. Die Tröpfchen hafteten überall und vergifteten aufgrund des niedrigen Dampfdrucks oft tagelang ganze Geländeabschnitte. Bei S-Lost handelt es sich um eine Verbindung, die schon 1822 synthetisiert, dessen schädliche Wirkung aber erst 1860 entdeckt wurde. Es gibt eine ganze Reihe Schwefellose mit unterschiedlicher chemischer Struktur. Die bekannteste ist 2,2'-Dichlordiethylsulfid. Allen gemein ist, dass sie das Grundgerüst $\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-S-}$ enthalten [7]. S-Lost ist sehr leicht herzustellen. In großtechnischen Verfahren, die auf der direkten Synthese von Ethen und Schwefelchloriden basieren [8], ist eine Ausbeute von 95% möglich.

Aufgrund von Unreinheiten riecht S-Lost nach Senf, weshalb es von den Briten den Trivialnamen Mustard Gas (Senfgas) erhielt. Es ist bei Raumtemperatur flüssig, sehr stabil und damit lange haltbar. Durch Polymerzugabe kann es viskoser gemacht werden und wird dann als Zähllost bezeichnet. Mit Bleichmitteln und Chloraminen zersetzt sich S-Lost in ungiftige Abbauprodukte [7]. Loste werden zu den Hautkampfstoffen gezählt. Ihre Wirkung setzt verzögert ein. Erste Symptome zeigen sich erst nach 2-24 h. Sie verursachen Wunden, die wie Brandwunden aussehen und führen zu starker Blasenbildung (Abbildung 1). Da sie aber nicht nur auf der Haut, sondern auch an Augen, in den Atemwegen und inneren Organen zu schweren Schädigungen führen, ist ein Schutz des gesamten Körpers notwendig. Die betroffe-

In Europa herrschte zu Beginn und während des 1. Weltkriegs ein Patriotismus, dem sich auch die Wissenschaftler nicht verschließen wollten oder konnten. Im Abschiedsbrief Professor Habers von der Leitung des Kaiser-Wilhelm-Instituts am 01.10.1933 schreibt er: „...nehme ich Abschied von dem Kaiser-Wilhelm-Institut, das...unter meiner Leitung 22 Jahre bemüht gewesen ist, im Frieden der Menschheit und im Kriege dem Vaterlande zu dienen.“ Zitiert bei Laue: Eröffnungsrede zur Enthüllung der Haber-Gedenktafel im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, Zeitschr. f. Elektrochemie 57, 1952, S.1f. Eine ausführliche Biographie Habers liefert z.B. Dietrich Stoltzenberg: Fritz Haber – Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude; Wiley-VCH 1998, ISBN 3-527-29573-9.

TAB. 1 | VERSCHIEDENE FORDERUNGEN AN KAMPFSTOFFE

Taktische Forderungen an einen KS:
Hohe Toxizität: unmittelbare Tötung oder Schädigung des Gegners
Vielseitige toxische Wirkung: KS soll an verschiedenen Organen wirksam werden, Vergiftung soll kombiniert und komplex sein
Kurze, heimtückische Wirkung: reiz- und symptomlose Vergiftungsperiode
Sinnlich nicht wahrnehmbar: farb- und geruchlos
Maximale Wirkungsdauer: gute physikalisch-chemische und toxische Eigenschaften
Kontrollierbare und vorausberechenbare Ausbreitung in der Atmosphäre
Flüchtigkeit: je nach taktischem Ziel schnell oder wenig flüchtig
Sesshaftigkeit: je nach taktischem Ziel schnell oder wenig sesshaft
Gutes Durchdringungsvermögen: Materialien, Bekleidung, Haut, Schutzausrüstung
Undetektierbarkeit: durch analytische Nachweisgeräte
Technische Forderungen an einen KS:
Billige Massenproduktion mit heimischen Rohstoffen
Höchstmöglicher technischer Reinheitsgrad
Chemische Stabilität gegen Umwelt- und chemische Einflüsse (vor allem Entgiftungsmitteln)
Detonationsbeständigkeit
Entsprechender Dampfdruck
Niedriger Erstarrungspunkt
Mischbarkeit und Lösungsvermögen
Aerosolisierbarkeit
<small>Tabelle 1 aus: Franke, Militärchemie, Bd 1, Berlin, 1967</small>

nen Soldaten im 1. Weltkrieg litten noch 30-40 Jahre später an den Folgen [4].

Chemische und politische Bemühungen

Nach Ende des 1. Weltkriegs drehte sich die Rüstungsspirale unaufhörlich weiter. International setzte eine intensive Suche nach dem optimalen chemischen Kampfstoff ein. Dabei war nicht nur die Toxizität ausschlaggebend, sondern auch ökonomische Gesichtspunkte wie Verfügbarkeit der erforderlichen Ausgangssubstanzen, geeignete Anlagen für ein Scaling-up, ein etabliertes Herstellungsverfahren und eine ausreichende Anzahl an Arbeitskräften. Allein in Deutschland wurden tausende Verbindungen auf ihre mögliche Eignung als Kampfstoff untersucht und das, obwohl es der Vertrag von Versailles den Deutschen verbot, an chemischen Waffen zu forschen. Trotzdem, Deutschland führte in Russland praktische Tests mit den chemischen Kampfstoffen des 1. Weltkriegs durch, bevor Mitte der dreißiger Jahre in Deutschland selbst Geländeversuche unternommen wurden (Truppenübungsplatz Munsterlager).

Zeitgleich zu der weltweiten Entwicklung verschiedener chemischer Kampfstoffe wurden die politischen Bemühungen zum Verbot dieser Waffen vorangetrieben. Dies führte zur Genfer Konvention vom 17. Juni 1925, die den Gebrauch von giftigen oder anderen Gasen im Krieg, aber auch die bakteriologische Kriegsführung verbot. Die Konvention trat am 8. Februar 1928 in Kraft. Damit wurde zwar der Gebrauch, nicht aber Besitz, Lagerung, Entwicklung und Produktion chemischer Waffen berücksichtigt. Die Konvention wurde von 38 Nationen darunter Großbritannien, Frankreich, Deutschland, USA und Russland unterzeichnet.

Phosphorsäureester

1934 bekam Dr. Gerhard Schrader, Chemiker bei den IG Farben, den Auftrag, ein wirksames Insektizid zu entwickeln. 1936 entdeckte er die Giftigkeit von Dimethylaminocyanphosphorsäureethylester, einer Verbindung, der später der Name Tabun gegeben wurde. Aufgrund damaliger Bestimmungen musste Schraders Entdeckung gemeldet werden. Der militärische Nutzen wurde erkannt und in Dyhernfurt an der Oder eine Fabrik gebaut, die von 1942 bis zum Kriegsende 12000 Tonnen Tabun unter dem Decknamen Trilon 83 herstellte. Im Laufe seiner Arbeiten synthetisierten Schrader und seine Mitarbeiter mehr als 2000 Organophosphate, viele davon ungiftig oder zumindest militärisch unbrauchbar, darunter aber auch 1938 Sarin (Trilon 46) und 1944 Soman. Ebenfalls 1944 synthetisierte

die Gruppe um Schrader auch Insektizide wie das berühmte Parathion, besser bekannt als E 605 und Paraoxon, E 600. Bereits 1940 gelang die Synthese von Dimefox, auch Pestox oder CR 409 genannt.

Die genannten Kampfstoffe werden als Nervenkampfstoffe der G-Reihe bezeichnet, auf deren Wirkung später eingegangen wird. Während des 2. Weltkriegs blieb trotz beachtlicher Vorräte der erwartete Großeinsatz von chemischen Kampfstoffen durch die kriegführenden Parteien aus. Ob die abschreckende Wirkung der gegnerischen C-Waffen oder die Erinnerungen an die Einsätze im 1. Weltkrieg ausschlaggebend waren, bleibt dahingestellt.

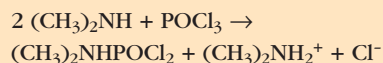
Um Nervenkampfstoff herzustellen, reichen Kenntnisse der organischen Chemie, wie sie ein Student im 5. bzw. 6. Fachsemester Chemie erworben hat. Nach Schrader [9] erfolgt die Darstellung des Tabuns (Dimethylamino-ethoxyphosphorylcyanid) aus Dimethylamin, das mit Phosphoroxchlorid zum Dimethylaminophosphoryldichlorid umgesetzt wird. Aus Dimethylaminophosphoryldichlorid bildet sich unter geeigneten Bedingungen mit Natriumcyanid und Ethanol das Tabun (Abbildung 2). Der apparative Aufwand, um Tabun im Labormaßstab herzustellen, ist gering: Es werden ein 1 l Zweihalskolben, ein Tropftrichter, ein temperierbarer Magnetrührer und eine Vakuumdestillationsanlage (Wasserstrahlvakuum) benötigt. Bei einem 0,5 molaren Ansatz erhält man 59,5 g Tabun (= 0,36 mol) [7]. Die Herstellungsmethoden können in der Literatur nachgelesen werden [10, 11].

Ab 1945 begann man, die Wirkmechanismen der Nervenkampfstoffe zu erforschen, was nicht nur ein besseres Verständnis zum Ergebnis hatte, sondern 1957 auch zur Entdeckung einer zehnmal giftigeren Verbindung als Sarin führte: dem Methylphosphonsäure-O-ethyl-(diisopropylaminoethyl)thiolester oder kurz VX [13]. Die Produktion von VX begann 1961 - die Struktur wurde allerdings erst 1972 veröffentlicht [7]. 1987 begannen die USA die

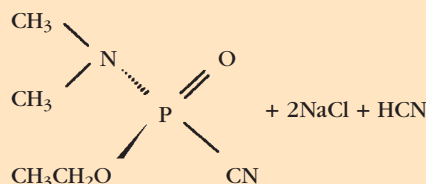
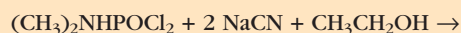


Abb. 1 Bild einer frischen S-Lost-Vergiftung eines dänischen Fischers, aufgenommen im Bornholm Hospital, Dänemark. [Dr. Steen Christensen, aus: <http://www.opcw.nl/chemhaz/mustard.htm>]

ABB. 2 DIE HERSTELLUNG DES NERVENKAMPFSTOFFS TABUN



Aus Dimethylaminophosphoryldichlorid bildet sich unter geeigneten Bedingungen mit Natriumcyanid und Ethanol das Tabun:



Produktion einer leichter zu handhabenden Form von VX, als Binärkampfstoff, bei dem sich zwei Komponenten erst nach dem Abschluss mischen und vorher relativ ungefährlich sind [14].

Die Bedeutung chemischer Kampfstoffe nimmt ab

Strategisch betrachtet spielten chemische Kampfstoffe nicht mehr die Rolle, die sie bis Ende des 2. Weltkriegs innehateten. Mit der Entwicklung von Atom- und Wasserstoffbomben, die auf neuen Trägersystemen bis in das Territorium eines möglichen Gegners gebracht werden könnten, sind alle Atomkräfte in der Lage, jede Art von Aggression zu beantworten. Ab 1968 versuchte man in Genf, ein internationales Abrüstungsabkommen zu verabschieden, was allerdings auf den Widerstand beider Supermächte stieß. Die USA hat erst 1972 die Genfer Konvention von 1925 ratifiziert, und für die Sowjetunion waren chemische Kampfstoffe in den 60er und 70er Jahren ein Mittel operativer Kriegsführung. Da die militärischen Führungskader der sowjetischen Satellitenstaaten und Verbündeten in der Sowjetunion ausgebildet wurden, setzte sich diese Militär-

doktrin auch dort durch. Der massive Einsatz von chemischen Kampfstoffen durch den Irak im Golfkrieg I (1980–1988) mag hier als Beweis dienen.

Tausende iranischer Soldaten und irakische Kurden starben an Kampfstoffvergiftungen durch den Einsatz von Lössen und Nervenkampfstoffen. Zehntausende Soldaten wurden verletzt, was dazu führte, dass alle medizinischen Einrichtungen überlastet waren und sich der Erstversorgung eine lange und aufwendige Rekonvaleszenz anschloss, wodurch diese Soldaten auf Dauer nicht mehr eingesetzt werden konnten. Als psychologisches Ergebnis weigerten sich iranische Soldaten, gegen den Irak zu kämpfen. Aufgrund der Erfahrungen des Krieges plante der Iran offiziell, B- und C-Kampfstoffe zumindest als Defensivmittel zu entwickeln [15].

Unter dem Eindruck irakischer Erfolge durch den Einsatz von Chemischen Waffen gegen den militärisch und wirtschaftlich weitaus stärkeren Iran, versuchten zahlreiche Staaten der Dritten Welt in den 80er Jahren in den Besitz von Massenvernichtungswaffen und deren Trägersystemen zu gelangen, um ihre regionalen Machtansprüche durchzusetzen [16]. Diesen Schwellenländern fehlt das not-

WIRKMECHANISMEN DER NERVENKAMPFSTOFFE

Unter den tödlich wirkenden chemischen Kampfstoffen nehmen Nervenkampfstoffe die Hauptrolle ein. Sie gehören chemisch zur Gruppe der Organophosphate, sind stabil, leicht auszubringen und hochgiftig. Ihre Wirkung entfalten sie nahezu sofort, sobald sie über Haut oder Atemwege aufgenommen worden sind (Abbildung 3).

Ihren Namen haben sie erhalten, weil sie die Übertragung der Nervenimpulse im Nervensystem verhindern. Sie hemmen das Enzym Acetylcholinesterase und damit den Abbau des Botenstoffs Acetylcholin. Dadurch wird dessen Wirkung an den Schaltstellen extrem verstärkt und das Nervensystem gerät außer Kontrolle. In Tabelle 2 sind die letalen Dosen verschiedener Nervengase aufgelistet, bei denen 50% der betroffenen Personen sterben. (LD_{50} =letale Dosis über die Haut, LCt_{50} =letale Konzentration über die Atmung) Die Toxizitätswerte stammen aus hochgerechneten Tierversuchen.

Typische Symptome bei einer leichten Nervengasvergiftung sind erhöhter Speichelfluss, eine laufende Nase und Druckgefühl im Brustbereich. Die Augenpupillen verengen sich, wodurch auch die Nahsichtigkeit eingeschränkt wird. Dies wird begleitet durch Kopfschmerz, Müdigkeit, Halluzinationen, Übelkeit und undeutlichem Sprechen. Bei höheren Dosen verstärken sich die Symptome, dazu kommen Atemprobleme, übermäßiger Speichelfluss, starkes Schwitzen, Magenkrämpfe und Erbrechen. Außerdem sind Muskelkrämpfe, Darm- und Blasenentleerung festzustellen. Bei noch höheren Dosen kann es sein, dass das Opfer nach anfänglichen Muskelkrämpfen sofort ohnmächtig wird.

Die durch Nervenkampfstoff verursachte Muskellähmung betrifft auch die Atmungsmuskulatur. Zusammen mit der Schädigung des ZNS führt dies zum Tod durch Erstickung. Gegenmaßnahmen müssen innerhalb der 1. Minute erfolgen! Soldaten aller modernen Armeen sind daher darin ausgebildet, erste Anzeichen einer Kampfstoffvergiftung zu erkennen. In der Deutschen Bundeswehr ist ein Autoinjektor eingeführt, den der Soldat sich selbst oder einem betroffenen Kameraden intramuskulär spritzen muss, sobald Symptome auftreten. Dieser Autoinjektor enthält als Gegenmittel das Nervengift Atropin, das die Wirkung des im Übermaß vorhandenen Acetylcholins hemmt. Eine nachfolgende Behandlung erfolgt mit verschiedenen Oximen, die das blockierte Enzym Acetylcholinesterase wieder reaktivieren und so den Abbau des Acetylcholins ermöglichen. Allerdings ist bei einer Somanvergiftung keine Renaturierung des Enzyms möglich [12].

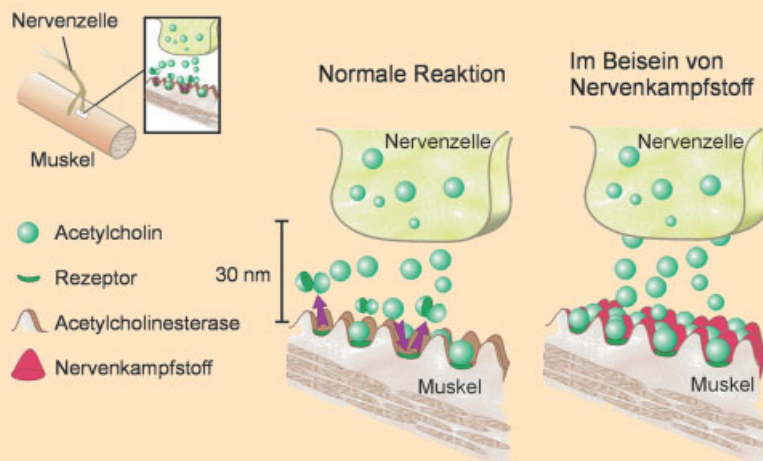


Abb. 3 Molekularer Wirkmechanismus von Nervenkampfstoff: Durch Hemmung der Acetylcholinesterase wird der Abbau des Botenstoffs Acetylcholin gehemmt, und das Nervensystem gerät außer Kontrolle. [nach: <http://www.opcw.nl/chemhaz/nerve.htm>]

wendige Wissen, aber auch die Technologie, um eigene Massenvernichtungswaffen zu produzieren. Durch die Ausbildung eigener Wissenschaftler und Techniker in Europa oder den USA, aber auch die Abwerbung von Fachleuten der ehemaligen UdSSR, wurde versucht, das notwendige Knowhow ins Land zu holen. Die für diese Art von Waffen benötigte Hochtechnologie muss in den Industrieländern beschafft werden. Dazu bedient man sich alter Kontakte, geheimdienstlicher Tätigkeit und dem Einsatz von Schein- und Tarnfirmen bzw. -personen. Als Beispiel sei hier die in den 80er Jahren erfolgte Lieferung deutscher Technologie nach Libyen genannt, um in Rabta eine Giftgasfabrik aufzubauen [16].

Aus Sorge, die Weiterverbreitung von Massenvernichtungswaffen könnte noch größere Ausmaße annehmen, trafen 1985 Vertreter von 15 westlichen Staaten in der australischen Botschaft in Brüssel zusammen, um ihre jeweiligen nationalen Exportkontrollmaßnahmen aufeinander abzustimmen. Diese „Australien-Gruppe“ einigte sich auf die Grundzüge eines international abgestimmten Exportkontrollregimes für chemische Substanzen, die von besonderer Bedeutung für den Bau chemischer Waffen sind.

Seit dem Zerfall des Ostblocks und Ende des Kalten Krieges hat sich die sicherheitspolitische Lage global geändert. Die Angaben zur Anzahl der Staaten, die heutzutage chemische Kampfstoffe besitzen sollen, variiert von 24 - 30, je nachdem, welche Quellen zugrunde gelegt werden [17]. Das schließt Staaten wie die USA, Russland und China natürlich ein. Ebenso gehören dazu Irak, Iran, Nord-Korea, Libyen, Syrien, Pakistan, Indien und Israel. Alle genannten Staaten besitzen oder besaßen sowohl atomare, biologische als auch chemische Waffen oder unterhalten zumindest Forschungsvorhaben, die auf den Besitz abzielen. Da die meisten Informationen auf Geheimdienstangaben beruhen, sind sie nur schwer zu verifizieren.

Wie die UNSCOM-Inspektoren nach Ende des Golfkriegs II, 1991, feststellten, verfügte der Irak zur Zeit des Golfkriegs II sowohl über die Trägersysteme (modifizierte SCUD-Raketen), als auch über ausreichende Mengen einsetzbarer chemischer und biologischer Kampfstoffe [18]. Zwar wurde Israel mit konventionell bestückten SCUD-Raketen beschossen, und in Israel herrschte die Angst

eines Angriffs mit B- oder C- Kampfstoffen, dennoch vermied Saddam Hussein den Einsatz. Dieser Verzicht wird als Beispiel einer funktionierenden Abschreckung seitens Israels und der USA gewertet, die im Fall eines ABC-Angriffs mit Sicherheit ebenso geantwortet hätten [16].

Die Konvention zum Verbot chemischer Waffen

Die Bilder vergifteter Kurden 1988 im Nordirak und der Zerfall der Sowjetunion ebneten den Weg für die Konvention zum Verbot der Entwicklung, Produktion, Lagerung und Gebrauch chemischer Waffen und ihrer Vernichtung (kurz: CWÜ), die am 13. Januar 1993 beschlossen wurde. Sie wurde von 160 Staaten unterzeichnet und ist seit dem 29. April 1997 völkerrechtlich verbindlich [19]. Bis 31. Dezember 2001 sind 147 Staaten durch Ratifizierung Mitglied des CWÜ geworden, darunter alle europäischen und NATO-Staaten. Jeder Unterzeichnerstaat verpflichtet sich, unter keinen Umständen chemische Waffen zu nutzen, entwickeln, produzieren oder auf andere Art zu beschaffen, sie zu lagern oder chemische Waffen zurückzubehalten oder sie direkt oder indirekt anderen zu übereignen. Außerdem verpflichtet sich jeder Unterzeichner, seine chemischen Waffen bis zum Jahr 2007 zu vernichten.

Um die Ziele der CWÜ sicherzustellen, wurde in Den Haag, Niederlande, die OPCW (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons) ins Leben gerufen. Sie hat unter anderem die Aufgabe, internationale Verifikationsmaßnahmen zu überwachen und bietet ein Forum, auf dem sich die Unterzeichnerstaaten konsultieren und austauschen können. Das CWÜ verlangt von den Unterzeichnern, dass sie alle Aktivitäten offenlegen, die chemische Waffen betreffen, genauso wie die relevanten Teile der chemischen Industrie, einschließlich der betroffenen Chemikalien. In Deutschland ist das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), das dem Auswärtigen Amt untersteht, zuständig für die Erhebung und Verarbeitung von Meldedaten des CWÜ sowie für die Erteilung von Genehmigungen. Darüber hinaus stellt das BAFA im Rahmen der CWÜ-Industrieinspektionen die nationale Begleitgruppe und trifft die organisatorischen Vorkehrungen für den Ablauf dieser Inspektionen. Auf der Homepage unter <http://www.bafa.de/ausf/publikat/cwue/chemlist.htm> sind die vom CWÜ gelisteten Chemikalien nachzulesen. Zu diesen Chemikalien gehören Verbindungen, die bereits als Kampfstoffe bekannt sind oder eingesetzt wurden, als auch ihre Ausgangssubstanzen. Unter den Ausgangsstoffen findet man dort beispielsweise so gängige Substanzen wie Phosphortrichlorid, Phosphorpentachlorid, Thionylchlorid oder Triethanolamin, die wichtige Reagentien bzw. Zwischenprodukte chemischer Umsetzungen auch im industriellen Maßstab sind.

Die Angaben über chemische Waffen und die betroffene chemische Industrie werden durch Vor-Ort-Inspektionen bestätigt. Die Inspektoren haben das Recht und die Pflicht, Art und Menge der Chemikalien möglichst vor Ort zu be-

Die von der Konvention zum Verbot der Entwicklung, Produktion, Lagerung und Gebrauch chemischer Waffen und ihrer Vernichtung (kurz: CWÜ) betroffenen Chemikalien sind auf der Homepage des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle unter <http://www.bafa.de/ausf/publikat/cwue/chemlist.htm> aufgeführt.

TAB. 2 | LETALE DOSEN VON NERVEN-KS

	L _{Ct} ₅₀ Inhalation (mg·min/m ³)	LD ₅₀ Haut (mg/Person)
Tabun	200	4 000
Sarin	100	1 700
Soman	100	300
VX	50	10
Zum Vergleich:		
S-Lost	1 500	10 000
aus: http://www.opcw.nl/chemhaz/nerve.htm		

stimmen. Das gilt sowohl für Typ und Menge der Munition als auch für die dazugehörige Ausrüstung. Wenn notwendig, können Proben auch in geeignete Laboratorien versandt werden. Der Generaldirektor des OPCW hat dazu elf Referenzlaboratorien bestimmt: je eines in China, Deutschland, Finnland, Frankreich, Niederlande, Polen, Südkorea, Schweden, Schweiz, Tschechien und den USA.

Durch das CWÜ scheint die Gefahr vorerst gebannt zu sein, dass unerkannt große Mengen chemischer Kampfstoffe hergestellt und gelagert werden können, ohne dass die internationale Staatengemeinschaft dies erfährt und geeignete Maßnahmen ergreifen kann. Allerdings verschiebt sich das Bedrohungsszenario von der zwischenstaatlichen auf die terroristische Ebene. Irak, Iran, Nord-Korea, Libyen und Syrien gehören zu den Staaten, die den internationalen Terrorismus offenbar durch Geld, Ausbildung, Trainingsmöglichkeiten, Auffanglager und Ausrüstung aktiv unterstützen. Außer dem Iran hat keines dieser 5 Länder das CWÜ ratifiziert noch unterzeichnet [20, 21]. Allerdings gibt es keine Erkenntnisse darüber, inwieweit diese Staaten Terroristen Massenvernichtungswaffen zur Verfügung gestellt haben. Ein Grund für das Zögern mag die Angst vor internationalen Repressalien sein, die diese Staaten dann zu fürchten hätten. Bei einem terroristischen Angriff mit Massenvernichtungswaffen, die von einem der Unterstützerländer gestellt würden, ließe sich die Herkunft eingesetzter ABC-Kampfstoffe ermitteln. Aufgrund der nachfolgenden internationalen Ächtung und daraus resultierender Repressalien ist eine offene Unterstützung undenkbar.

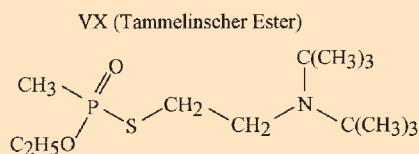
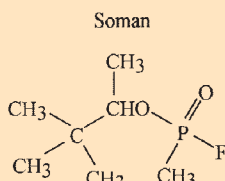
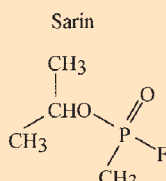
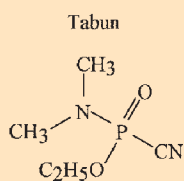
1995 zeigte sich erstmals konkret der C-Waffen-Terror aus einer anderen Richtung ab. Am 20. März bestiegen fünf Mitglieder der Sekte Aum Shinrikyo („Höchste Wahrheit“) zwischen sieben und acht Uhr morgens fünf Züge von drei U-Bahn-Linien, die sich unter dem Regierungsviertel Tokios kreuzen. Bevor die Aum-Attentäter in der U-Bahn-Station ausstiegen, stachen sie mit präparierten Schirmspitzen Löcher in mitgeführte luftdicht verschweißte Päckchen. Der Zug fuhr ab, und in den Waggons entströmte das tödliche Nervengas Sarin. Bereits fünf Jahre vor dem Giftgasanschlag hatte die Aum-Sekte begonnen, biologische Waffen zu produzieren. In einem Labor ihrer Tokioter Zentrale züchteten die Mitglieder Anthrax-Sporen. Allerdings scheiterte der Versuch, andere damit zu infizieren. Daraufhin setzte Guru Asahara den 20. März als Datum für den Terrorangriff im U-Bahn-Netz von Tokio fest. An jenem Morgen starben 12 Menschen an dem Nervengas, rund 5000 wurden verletzt – wäre das Sarin nicht unrein und somit relativ ineffizient gewesen, hätte die Zahl der Opfer um ein Vielfaches höher gelegen [22].

Nachweis und Schutz vor Chemiewaffen

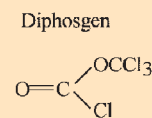
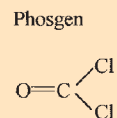
90.000 Tonnen Chemiewaffen wurden der OPCW pflichtgemäß gemeldet [23]. Vertragsgemäß müssen sie bis 2007 vernichtet sein. Inwieweit das erreicht wird, bleibt dahingestellt. Allerdings ist es ohne weiteres möglich, chemische Kampfstoffe neu zu produzieren. Solange sie eine Bedrohung darstellen, müssen ausreichende Schutzmaßnahmen und möglichst empfindliche Nachweise verfügbar sein.

DIE FORMELN EINIGER CHEMISCHER KAMPFSTOFFE

Nervengifte

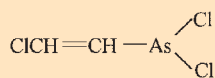


Lungengifte

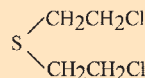


Hautgifte

Lewisit

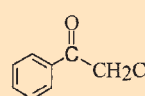


S-Lost

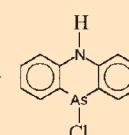


Reizgifte

CN

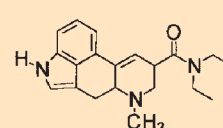


Adamsite, hier:
Diphenylaminchlorarsin



Psychotoxische Gifte

LSD



Aus militärischer Sicht werden Aufklärungsergebnisse aus verschiedenen Gründen benötigt: um zu alarmieren, um kontaminationsfreie Räume zu bestimmen, um Kampfstoff nachzuweisen und zu identifizieren, um die Ausdehnung einer Kontamination festzustellen.

Es gibt speziell behandeltes Papier, üblicherweise aus zwei Farbstoffen und einem Indikator bestehend, das sich beim Vorhandensein bestimmter Kampfstoffarten (Nervenkampfstoff, Hautkampfstoff) verfärbt und auf die Gefahr hinweist. Außerdem werden empfindliche Nachweisröhrchen angeboten, die den eingesetzten Kampfstoff durch Farbreaktionen spezifisch nachweisen. Dabei wird die Umgebungsluft mit einer Handpumpe angesaugt [24]. Um kontaminierte Räume einzugrenzen, können Computer anhand aktueller Wetterdaten die Ausdehnung und Dauer einer Vergiftung bestimmen. Um die Daten zu verifizieren, ist es notwendig, den betroffenen Raum zu überwachen und das tatsächliche Ausmaß festzustellen.

In der Bundeswehr ist mit dem Spürpanzer FUCHS (Abbildung 4) ein System eingeführt, das all diese Eigenschaften in sich vereinigt. Es ist in der Lage, Kampfstoffe schnell und empfindlich über eine GC-MS-Kopplung festzustellen, die Ausdehnung aufgrund eigener Wetterdaten zu berechnen und Informationen über Datenfunk abzurufen bzw. weiterzuleiten. Bei einer Spürgeschwindigkeit von 30 km/h kann innerhalb kurzer Zeit ein beträchtlicher Raum überwacht werden, so dass Schutzmaßnahmen zum spätest möglichen Zeitpunkt eingeführt und zum frühest möglichen Zeitpunkt wieder aufgehoben werden können [25]. Nachteil dieses Systems ist, dass immer noch in den vergifteten Bereich gefahren werden muss; zukünftige Systeme werden, im Idealfall luft- oder satellitengestützt, aus der Entfernung Kampfstoffart, -zusammensetzung und -konzentration bestimmen.

Die im zivilen und militärischen ABC-Schutz benutzten Masken bieten einen wirkungsvollen Schutz gegen Vergiftungen der Atemwege. Um eine Gefährdung durch Haut- oder Nervenkampfstoff auszuschließen, müsste aber ein hermetisch abriegelnder Schutzanzug getragen werden oder die Personen sich in einem schutzbelüfteten Sammelraum



Abb. 4 Der Spürpanzer FUCHS kann Kampfstoffe über eine GC-MS-Kopplung feststellen und ihre Ausdehnung aufgrund von Wetterdaten berechnen. [mit freundlicher Genehmigung der Firma Rheinmetall-Detec]

befinden. Sollte sich jemand vergiftet haben, ist es absolut vorrangig, dass betroffene Körperteile schnell (innerhalb 1 Minute) gereinigt werden, da der Kampfstoff sonst in den Körper eingedrungen ist. Dabei ist es nahezu unerheblich, wie die Entgiftung (Dekontamination) stattfindet, ob mit Talkum, Mehl, Kernseife und Wasser oder speziellen Entgiftungsmitteln (z.B. Natriumphenolat in alkoholischer Lösung). Soldaten vieler Armeen haben in ihrer Ausrüstung ein Entgiftungsmittel, das aus Magnesiumchlorid, Hypochlorit und Talkum besteht. Um Kampfstoff zu zersetzen, der schon über die Haut eingedrungen ist, werden Mittel eingesetzt, die als Creme oder Lotion in die Haut eindringen (Kalium-2,3-Butadionmonoximat in Polyethylenglycol) [26]. Ist die Bekleidung betroffen, muss sie mit größter Vorsicht und Sorgfalt vom Körper entfernt werden und entweder dekontaminiert oder entsorgt werden.

Abschließende Betrachtung

Der massive Einsatz chemischer Kampfstoffe im 1. Weltkrieg hat bis zum Ende des 20. Jahrhundert einen tiefen Eindruck bei Politikern und in der Bevölkerung hinterlassen. Eine Folge war der Schutz und die notwendige Ausbildung der Truppe, um so hohe Verluste wie im 1. Weltkrieg zu verhindern. In fast allen nachfolgenden Konflikten, in denen chemische Kampfstoffe zum Einsatz kamen, richtete sich der Einsatz gegen einen ungeschützten oder unterlegenen Gegner [27]. Ihren Höhepunkt fand diese Strategie im Golfkrieg I, 1980 - 1988, in dem der Irak, von der Weltbevölkerung weitestgehend ignoriert, massiv chemische Kampfstoffe gegen ungeschützte iranische Soldaten und seine eigene kurdische Bevölkerung einsetzte [15]. Mit dem Chemie-Waffen-Übereinkommen (CWÜ) von 1993, dem fast alle Staaten weltweit beigetreten sind, ist das Austragen eines zwischenstaatlichen Konfliktes mit Chemiewaffen eher unwahrscheinlich geworden.

Was bleibt, ist eine entfernte, aber nicht völlig von der Hand zu weisende Sorge, dass wie 1995 kriminelle Gruppen die Wirkung von C-Waffen für ihre eigenen Ziele einsetzen, Angst und Terror in der Zivilbevölkerung zu verbreiten. Wie sieht es dann mit dem Schutz der Zivilbevölkerung aus? Und welche vorbeugenden Maßnahmen sind notwendig oder übertrieben? Bei einem Test ergab sich, dass alle notwendigen Chemikalien zur Synthese von S-Lost und einem Nervenkampfstoff von großen Chemikalienhändlern völlig unproblematisch bezogen werden konnten. Damit wäre in jedem Labor die Synthese von Nervenkampfstoffen im 1-Kilogramm-Maßstab möglich. Nach dem 11. September hätte so etwas nicht passieren dürfen.

Zusammenfassung

Bereits früh setzten Menschen chemische Substanzen ein, um den Gegner zu schwächen und außer Gefecht zu setzen. Ein trauriger Höhepunkt war der massive Giftgaseinsatz im 1. Weltkrieg. Der Erfolg, den der Irak in den 80er Jahren durch den Einsatz chemischer Kampfstoffe erzielen konnte, war und ist für einige Schwellenländer Anreiz genug, sich nach dem

Zusammenbruch der Sowjetunion in den Besitz von chemischen Kampfstoffen zu bringen. Ihre Zahl wird in Geheimdienstberichten auf bis zu 30 Staaten geschätzt. Um eine weitere Verbreitung zu verhindern, ist 1997 ein völkerrechtlich verbindlicher Vertrag in Kraft getreten, der sicherstellen soll, dass chemische Waffen bis 2007 vernichtet werden. Diesen Vertrag haben bereits 147 Staaten ratifiziert – Staaten wie Irak, Syrien und Nord-Korea allerdings nicht. Auch Einzelpersonen ist es möglich, bei ausreichend krimineller Energie, mit chemischen Waffen Terror zu verbreiten. Kontrolle tut Not, Panik sicherlich nicht.

Summary

For a long time people used chemicals to weaken or incapacitate their opponents. In World War I a sad peak was reached with the massive use of poisonous gas. Iraq's success using chemical weapons against Iran stimulated some emerging countries to acquire chemical weapons after the collapse of the Soviet Union. The intelligence community estimates their number of up to 30 countries. In 1997 an international law came into force to stop further proliferation and guarantee destruction of chemical weapons till 2007. So far already 147 countries ratified this treaty – but not countries like Iraq, Syria and North Korea. Even for an individual with sufficient criminal energy it is possible to spread terror with chemical weapons. So, control is mandatory, panic certainly not.

Literatur

- [1] Stöhr, Chemie des Todes, Berlin, **1987**.
- [2] Durch tartarische Belagerer gegen die Hafenstadt Caffa auf der Krim im Jahr 1346; aus: SIPRI, Chemical and Biological Warfare Studies, Bd 18, Stockholm, **1999**, S. 13ff.
- [3] Martinetz, Der Gaskrieg 1914-1918, Bernard & Graefe, Bonn, **1996**.
- [4] Harris, Paxman, A Higher Form of Killing. The Secret Story of Chemical and Biological Warfare, New York, London, **1982**.
- [5] Vgl. Hanslian, Der deutsche Blasangriff bei Ypern am 22. April 1915, Gasschutz und Luftschutz 4, **1934**, S. 210.
- [6] SIPRI, The problem of chemical and biological warfare. A study of historical, technical, military, legal and policy aspects of CBW and possible disarmament measures Vol. 1: The rise of CB Weapons, Stockholm, New York, **1971**, S. 30.
- [7] Franke, Mitlitärchemie, Bd. 1, Berlin, **1967**.
- [8] Meyer, V.: *Chem. Ber.* **1886**, 19, 3261.
- [9] Deutsches Patent 767.830 Kl. 122, **1939**.
- [10] Holmstedt, *Acta Physiol. Scand.* **1951**, 25, Suppl. Nr. 90; Goldwithe, Saunders, *J. Chem. Soc.* **1948**, 695.
- [11] Ausgangsstoffe sind relativ günstig zu kaufen und mit ausreichend krimineller Energie ist es unproblematisch als Angehöriger einer Forschungseinrichtung die Ausgangssubstanzen zu bestellen und sie zumindest im 1-2 kg Maßstab herzustellen! Eine Testbestellung bei großen Chemikalienhändlern verlief völlig unproblematisch.
- [12] Angerer, Chemische Waffen in Deutschland, **1985**, Luchterhand, S. 21ff.
- [13] Tammelin, *Acta Chem. Scand.* **1957**, 11, 859, 1340, 1738.
- [14] Wöhrle & Meissner, Die zunehmende Verbreitung eines Massenvernichtungsmittels, in: *Nachr. aus Chemie*, **1989**.
- [15] Wellmann, Weiterverbreitung chemischer Waffen: zum Beispiel Irak, Berghof-Stiftung für Konfliktforschung, Berlin, **1991**, S. 5ff.; Newsweek 01.08.1988.
- [16] Spiers, Chemical and biological weapons, A study of proliferation, Houndmills, Macmillan Press, **1994**.

- [17] Burck, International Handbook on Chemical Weapons Proliferation, New York, NY, Greenwood Press, **1991**, S. 164ff.
- [18] <http://www.un.org/Depts/unscom/Chronology/chronologyframe.htm>
- [19] Bulletin Nr. 44/1993, Übereinkommen über das Verbot der Entwicklung, Herstellung, Lagerung und des Einsatzes chemischer Waffen und über die Vernichtung solcher Waffen, 26.03.1993, S. 418.
- [20] <http://www.opcw.org/memsta/namelist.htm>
- [21] <http://www.opcw.org/memsta/ratifyer.htm>
- [22] Haruki Murakami, Underground. The Tokyo Gas Attack and the Japanese Psyche, Vintage Books, **2001**.
- [23] davon allein 40000t von Russland und 31000t von den USA
Quelle: Bonn International Center for Conversion,
<http://www.bicc.de/weapons/brief3/chap3.html>
- [24] <http://www.opcw.nl/chemhaz/detect.htm>
- [25] http://www.rheinmetall-ls.de/fahrzeuge_komponenten/abc_system/pages_deutsch/abc_spuerfuchs.htm
- [26] <http://www.opcw.nl/chemhaz/decon.htm>
- [27] 1922-1927: Spanischer Giftgaseinsatz gegen Marokkaner; 1935-1936: Italienischer Giftgaseinsatz gegen Abessinier, vgl. [3].
- [28] <http://www.bafa.de/ausf/publikat/cwue/chemlist.htm>

Der Autor



Michael Höfer trat 1985 in die Bundeswehr ein und wurde 1989 zum Berufsoffizier ernannt. Im selben Jahr begann er sein Chemiestudium an der Universität Hannover, das er mit der Diplomarbeit am Institut für Technische Chemie unter der Leitung von Professor Schügerl 1995 abschloss. Es folgte eine Verwendung als Kompaniechef. In seiner Dissertation von 1999 bis 2002 beschäftigte er sich, ebenfalls am Institut für Technische Chemie der Uni Hannover, unter der Leitung von Professor Scheper mit dem Nachweis von Neurotoxinen als potentielle biologische Kampfstoffe.

Korrespondenzadresse:

ABC- und Selbstschutzzschule, Gruppe Weiterentwicklung, Mühlenweg 12, 87527 Sonthofen,
E-Mail: hoefer@iftc.uni-hannover.de