Zeitschrift: Protar

Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes

Band: 4 (1937-1938)

Heft: 10

Artikel: Die chemischen Kampfstoffe und die Pflanzenwelt : in erweiterter Form nach dem in der Berner Botanischen Gesellschaft am 13. Juni 1938 gehaltenen Vortrage

Autor: Grogg, Otto

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-362633

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die chemischen Kampfstoffe und die Pflanzenwelt

Meinem lieben Vater, Herrn Oberstleutnant Ernst Grogg, Bern, gewidmet. — In erweiterter Form nach dem in der Berner Botanischen Gesellschaft am 13. Juni 1938 gehaltenen Vortrage. Von **Dr. Otto Grogg, Bern**

I. Einleitung.

Zur Gewinnung des nützlichen Ausgangspunktes für das Studium der Wirkung chemischer Kampfstoffe auf die Pflanzen versetzen wir uns in die Zeit des Weltkrieges zurück.

Im Herbst 1914 wurde der deutsche Vormarsch auf Paris in der Schlacht an der Marne gestoppt. In der Folge ereignete sich das, was man den «Wettlauf ans Meer» nannte. Die gegnerischen Fronten suchten sich durch Flügelverlängerung zu umfassen, was indes keiner gelang. So kam in der bisher bekannten Kriegsführung ein Novum zustande, das man den Stellungs- oder *Schützengrabenkrieg* nannte. Die Front erstarrte und erstreckte sich von der Schweizer Grenze über die Vogesenkämme an die Maas, wo sie die Glacis der Festungen Toul und Verdun berührte mit dem dazwischen liegenden Brennpunkt St. Mihiel. Sie folgte der Aisne nach Flandern über das mit dem Gaskampf ewig verknüpfte Ypern und erreichte über Dixmuiden bei Nieuport das Meer. Bis zu zehn Meter und tiefer hatte sich die Truppe eingegraben, und nun zeigte es sich, dass der Verteidiger, hauptsächlich dank der automatischen Waffen (schwere und leichte Maschinengewehre), zu so fühlbarer Ueberlegenheit kam, dass die angreifenden Deutschen sich veranlasst sahen, nach einem neuen Kriegsmittel Ausschau zu halten, um die Operationen wieder in Bewegung zu bringen.

Dieses Mittel fanden sie im *Gaskampf*. Die Vorteile der Gasverwendung sah man darin, dass es nicht nötig war, direkte Treffer zu erzielen. Das Gas wirkte auch in den Deckungen und in der näheren und weiteren Umgebung des Geschossaufschlages. Dazu kam der Vorteil der Dauerwirkung. Während bei den Brisanzgeschossen die Wirkung mit dem Aufschlag und der Detonation vorbei ist, addiert sich dazu beim Gasgeschoss noch die Giftwirkung des Gases, die sich unter Umständen stunden-, tage- und wochenlang geltend machen kann. Das Gas breitet sich lautlos und unsichtbar überallhin aus, kriecht in die Gräben und Unterstände, folgt den Terrainunebenheiten und entfaltet auf diese Weise überall da seine Wirkung, wo die Brisanzwaffen keine zu erzielen vermögen.

Die Alliierten waren vollständig überrascht und die ersten Gasangriffe hatten katastrophale Wirkungen. Sie suchten und fanden aber sofort Schutzmittel und gingen ihrerseits zum Einsatz von chemischen Kampfstoffen über. Im Verlaufe des Krieges entwickelte sich dann die **chemische Waffe.** Diese Entwicklung sah nicht nur den Einsatz von immer wirksameren und neuen Kampfstoffen und die entsprechende Vervollkommnung der Schutzgeräte einerseits, sondern auch einen verbissenen Kampf von Gaseinsatzverfahren und Gastaktik gegen Gasdisziplin und Schutzmassnahmen andererseits.

Schon während des Krieges bemächtigte sich die Propaganda der Alliierten der Sache und bezeichnete den Gaskampf als Auswuchs der Barbarei und Unmenschlichkeit. Es ist daher verständlich, dass das Interesse der Zentralmächte dagegen opponierte, und als die Nachkriegszeit dann einen direkt unübersichtlichen Berg von Literatur und Publikationen über den chemischen Krieg und Kampfgase etc. hervorbrachte, bemühten sich die deutschen Autoren sichtlich, den Gaskampf als das Endglied einer geschichtlichen Entwicklung hinzustellen. Es lässt sich auch nicht bestreiten, dass schon in frühesten historischen Zeiten giftige Rauche und Dämpfe in Kriegen gebraucht wurden. Auch die alten Eidgenossen haben so manche Ritterburg mit Pech und Schwefel ausgeräuchert, wie etwa Buben ein Wespen- oder Hornissennest ausschwefeln. Aber diese geschichtlichen Tatsachen unterscheiden sich doch wesentlich vom modernen chemischen Kriege. Sie tragen den Charakter der Improvisation und der Kriegslist, während die chemische Waffe sich den andern Waffengattungen der heutigen Armeen an die Seite stellt.

II. Die für den Experimentator wichtigsten Eigenschaften und Wirkungen der chemischen Kampfstoffe auf den Menschen.

Zum besseren Verständnis des Nachfolgenden sind einige allgemeine Ausführungen über den Gaskampf und die **chemischen Kampfstoffe** notwendig.

Von den 1000—2000 giftigen Substanzen, die auf ihre Eignung zum Kampfstoff geprüft wurden, kamen im Kriege etwa 60 zur Anwendung. Davon erwiesen sich einige überlegen. Eine gewisse Anzahl war als Ersatzstoff anzusprechen und wieder andere für anderweitige Verwendung unentbehrlich, sodass am Schlusse des Krieges nur noch etwa zwölf im Gebrauch waren, neben einigen Mischungen. Die Nachkriegszeit fügte noch 2—3 dazu, sodass für einen künftigen Krieg heute mit etwa 15 Gaskampfstoffen gerechnet wird.

Die chemischen Kampfstoffe werden meist nach ihrer dominierenden Wirkung auf den Menschen eingeteilt sowie, nach deutscher Gewohnheit, die Geschosse mit aufgemalten farbigen Kreuzen bezeichnet. Danach unterscheidet man:

Chemischer Name	Formel	Kriegsdeckname	Aggregatzustand	Bezeichnung und Wirkung
Xylylbromid	$C_6H_4 . CH_3 . CH_2Br$	T-Stoff (D)	fest Smp. 35°	Weisskreuz Tränengase Lacrimogènes
Bromaceton	$CH_2Br . CO . CH_3$	Martonite	flüssig Kp. 135°	
Chloracetophenon	$C_6H_5 . CO . CH_2Cl$	CN (Am.)	fest Smp. 58°	
Brombenzylcyanid	$C_6H_5 . CHBr . CN$	Camite (F)	flüssig Smp. 25,4°	
Chlor	Cl	Berthollite	Gas	Grünkreuz Lungengifte Suflocants Erstickend
Phosgen	$COCl_2$	Collongite	Gas Kp. 8°	
Diphosgen	$ClCOO . CCl_3$	Perstoff (D)	flüssig Kp. 127°	
Chlorpikrin	CCl_3NO_2	Klop (D)	flüssig Kp. 113°	
Diphenylarsinchlorid	$(C_6H_5)_2AsCl$	Clark I (D)	fest	Blaukreuz Nasen-Rachen-Reizstoffe Sternutatoires
Diphenylarsincyanid	$(C_6H_5)_2AsCN$	Clark II (D)	fest	
Phenarsazinchlorid	$(C_6H_4)_2 : NH . AsCl$	Adamsit (A)	fest	
Dichlordiaethylsulfid	$(CH_2Cl . CH_2)_2S$	Yperit	flüssig Kp. 215°	Gelbkreuz Hautgifte Sesshafte Kampfstoffe Vésicants
Chlorvinylarsindichlorid	$CHCl : CH . AS . Cl_2$	Lewisit	flüssig Kp. 190°	
Methylarsindichlorid	$CH_3 . AsCl_2$		flüssig Kp. 132°	
Aethylarsindichlorid	$C_2H_5 . AsCl_2$	Dick (D)	flüssig Kp. 156°	
Dibromdimethylaether	$CH_2Br . O . CH_2Br$		flüssig Kp. 154°	Labyrinthiques
Dichlordimethylaether	$CH_2Cl . O . CH_2Cl$		flüssig Kp. 105°	
Kohlenmonoxyd	CO		Gas	Blutgift } Toxiques généraux
Blausäure	HCN	Vincennite	flüssig Kp. 25,6°	Nervengifte } Toxiques généraux
Schwefelwasserstoff	SH_2		Gas	

Diese Einteilung weicht etwas von der *pharmakologisch-gastoxikologischen* ab, wonach die Tränengase, die Lungengifte sowie Blau- und Gelbkreuz zu den **Reizgasen,** die Nerven- und Blutgifte aber zu den **chemisch aktiven Stickgasen** zu zählen sind.

Für das vorliegende Thema erscheint noch die militärisch-taktische Einteilung von Wichtigkeit. Danach gehören zu den *Offensivkampfstoffen* flüchtige Verbindungen vom Typ des Phosgens, deren Wirkung nach kurzer Zeit verfliegt, damit der Angreifer zum Sturm übergehen kann. Die schwerflüchtigen, sesshaften heissen *Defensivkampfstoffe,* wie z. B. der Yperit, der das Gelände lange Zeit unbetretbar macht.

Von den Weiss- und Blaukreuzkampfstoffen braucht es nur geringste Konzentrationen in der Luft, um deren Wirkung in unerträglicher Weise geltend zu machen, somit den Soldaten in kürzester Zeit durch Reizwirkung und vollständige Demoralisation ausser Gefecht zu setzen. Man bezeichnet die Konzentration, ausgedrückt in Milligramm pro Kubikmeter (mg/m³), welche bei einem Aufenthalt von einer Minute für den Menschen unerträglich ist, die *Unerträglichkeitszahl* (UZ) eines Kampfstoffes. Sie beträgt für Blaukreuz 1 mg und weniger, für Weisskreuz 4—100 mg, je nach Kampfstoff. Je niedriger sie liegt, desto reizbarere Eigenschaften hat der Kampfstoff.

Zu tödlichen Vergiftungen mit solchen Stoffen braucht es aber viel höhere Konzentrationen. Man bezeichnet die Anzahl Milligramm Kampfstoff pro Kubikmeter Luft, bei welcher Konzentration ein Mensch eine Minute lang atmen muss, um eine Vergiftung gesetzt zu erhalten, welche tödlich verlaufen kann, die *Tödlichkeitszahl* (TZ) dieses Kampfstoffes. Sie liegt bei Weisskreuz und Blaukreuz mit 3000—7500 sehr hoch, für die Grünkreuzkampfstoffe mit 450 und höher niedrig. Die TZ ist das Mass für die Giftigkeit und Tödlichkeit eines Kampfstoffes. Sie ist umso niedriger, je giftiger und tödlicher ein Kampfstoff wirkt.

Kampfstoffe mit hoher TZ und niedriger UZ sind nur dann lebensgefährlich, wenn sich der Mann ihrer Einwirkung nicht entziehen kann. Das ist aber meist durch Maskenschutz oder Fluchtmöglichkeit der Fall. Sie sind deshalb nicht sehr gefährlich, und zwar noch aus einem andern Grunde, nämlich, weil ihre hohe Reizwirkung schon bei geringsten, noch ungiftigen Konzentrationen warnt. Man bezichnet daher den Quotienten TZ/UZ = GZ oder WZ als *Gefährlichkeits-* oder *Warnungszahl* eines Kampfstoffes. Sie ist niedrig bei den gefährlichsten und hoch bei den ungefährlicheren Kampfstoffen.

Die *Menge* an eingeatmetem Kampfstoff, welche eine Vergiftung verursacht, die tödlich verlaufen kann, berechnet sich aus der Ueberlegung, dass ein Mensch (in Ruhe) pro Minute zirka acht Liter Luft einatmet, das heisst also $8 \times {}^1/_{1000}$ eines Kubikmeters, also für Phosgen mit der TZ 450 $8 \times {}^1/_{1000}$ von 450 mg = *3,6 mg.*

Um die Konzentration zu bestimmen, in welcher schon ein einziger Atemzug des Menschen genügt, um ihn zu töten, was gewisse Einsatzmethoden erstreben, wird davon ausgegangen, dass der Mensch pro Minute zirka 20 Atemzüge tut. Weil die TZ für eine einminutige Einatmung gilt, muss sie mit 20 multipliziert werden. Demnach wirkt Luft, welche z. B. 20×450 = 9000 mg = 9 g

pro Kubikmeter Phosgen enthält, für einen einzigen Atemzug tödlich.

Es hat sich ferner gezeigt, dass es auf dasselbe herauskommt, ob ein Mensch z. B. eine Minute lang eine Konzentration von 450 mg/m³ einatmet oder 450 Minuten lang eine Konzentration von 1 mg/m³. Die Wirkung ist in beiden Fällen die gleiche. Die Wirkung W ist direkt proportional der Einwirkungszeit t und der Konzentration c und ist konstant, was durch die Formel

$$W = c \cdot t = k$$

ausgedrückt wird.

In dieser Formel wird die Wirkung W als Wirkungsprodukt bezeichnet. Wählt man dafür in den Formeln die Konzentration der TZ, so heisst das Wirkungsprodukt auch *Tödlichkeitsprodukt.*

Mit Hilfe dieser Festlegungen können nun nützliche Berechnungen angestellt werden; z. B. kann man für jede beliebige Konzentration die Zeit berechnen, innert welcher eine Vergiftung gesetzt wird, die tödlich verlaufen kann. Wenn man wissen will, wie lange man eine Konzentration Perstoff von 50 mg/m³ einatmen kann, entnimmt man einer Tabelle das Tödlichkeitsprodukt des Perstoffes = 500. Man setzt in der Formel $W = c \cdot t$ die obigen Werte ein und erhält $500 = 50 \cdot t$. Um den Ausdruck konstant zu halten, muss für $t = 10$ gesetzt werden, woraus sich ergibt, dass bei einer Einatmung von 10 Minuten eine Konzentration von 50 mg/m³ Perstoff tödlich wirken kann (nicht muss). Durch diese Möglichkeiten wird auch die Bedeutung der WZ deutlicher. Wählt man nämlich für c die UZ und für W die TZ, so kann man schreiben $TZ = UZ \cdot t$, das heisst $t = TZ/UZ$. Dieser Quotient ist aber nichts anderes als die Warnungs- oder Gefährlichkeitszahl. Sie gibt demnach an, wie viele Minuten man die Konzentration eines Kampfstoffes der UZ einatmen kann, um eine tödliche Vergiftung zu setzen. Diese Zeit beträgt für das Phosgen, den giftigsten aller Kampfstoffe, $t = 450 : 20 = 22{,}5$ Minuten.

Diese *Schwellenwerte* gelten innert dem Rahmen, den die Natur zieht, nur streng für die Kampfstoffe vom Typ des Phosgens. Sie geben aber doch dem Experimentator die nötigen Anhaltspunkte, um mit einiger Sicherheit mit den chemischen Kampfstoffen arbeiten zu können. Dabei müssen aber auch die *Flüchtigkeit* (Sättigungskonzentration), das heisst die Anzahl Milligramm eines Kampfstoffes, welche freiwillig unter gewöhnlichen Bedingungen im Kubikmeter Luft verdampfen (für Wasser = 20'000), und die Verdampfungsgeschwindigkeit in Betracht gezogen werden. Man arbeitet konsequent nur im Abzug oder im Freien, eventuell unter Maskenschutz. Versuche mit Blaukreuz erheischen die grösste Vorsicht und werden am besten unterlassen.

Aus der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, dass sich die tödlichen Mengen der Kampfstoffe in der Grössenordnung ungefähr an die tödlichen Dosen der Gifte anschliessen, welche durch den Magen-Darmkanal aufgenommen werden.

Aus den Tabellen erhellt, dass für Blausäure, Lewisit, CO und Yperit keine UZ und demnach auch keine WZ angegeben ist. Diese Stoffe üben nämlich auch in höchster Konzentration *keinen unerträglichen* Reiz auf den Menschen aus. Sie müssen daher als die gefährlichsten Kampfstoffe angesehen werden. Aber auch der Reiz kleinerer Phosgenkonzentrationen ist nicht wesentlich belästigend. Bei längerer Einatmung kann aber dennoch eine tödliche Vergiftung gesetzt werden.

UZ		TZ		WZ		Für 1 Minute tödliche Menge in Milligramm		Tödliche Dosen per os für 70 kg Körpergewicht	
Clark II	0,25	Phosgen	450	Perstoff	12	Phosgen	3,6	Aconitin	7 mgr
Adamsit	0,4	Perstoff	500	Phosgen	20	Perstoff	4,0	Strychnin	35 „
Clark I	1,0	HCN	1000-4000	Klop	40	HCN	8-32	**Blausäure**	50-70 „
CN	4,5	Lost	1500	Chlor	75	Lost	12,0	**Tetanustoxin**	70 „
Dick	10,0	Lewisit	1500	$CH_3 . As . Cl_2$	120	Lewisit	12,0	**Kal. arsenit**	100 „
B-Stoff	10,0	Klop	2000	Camit	250	Klop	16,0	Arsine	140-350 „
T-Stoff	15,0	CH_3AsCl_2	3000	Dick	300	$CH_3 . As . Cl_2$	24,0	Nikotin	350 „
Phosgen	20,0	Dick	3000	B-Stoff	400	Dick	24,0	Arsenik	350 „
$CH_3 . As . Cl_2$	25,0	Clark I	4000	T-Stoff	400	Clark I	32,0	Yperit	700 „
Formalin	25,0	Clark II	4000	CN	1000	Clark II	32,0		
Camite	30,0	T-Stoff	600	Clark I	4000	T-Stoff	48,0		
Perstoff	40,0	Camite	7500	Clark II	16000	Camite	60,0		
$(ClCH_2)_2O$	40,0	Chlor	7500	Lost	—	Chlor	50,0		
Klop	50,0	CO	70000	Lewisit	—	CO	560,0		
Senföl	90,0			HCN	—				
Chlor	100,0			CO	—				
NH_3	500,0								
HCN	—								
Lewisit	—								
Lost (Yperit)	—								
CO	—								

Dazu kommt die Erscheinung der *Latenz*, worauf hier ganz speziell aufmerksam gemacht sei. Die Krankheitssymptome der Phosgenvergiftung, der Hautreiz und die Entzündungen nach Yperitvergiftungen, aber auch die Wirkung von nitrosen Gasen treten unter Umständen erst mehrere Stunden nach der Giftaufnahme auf. Der Vergiftete fühlt sich in dieser Latenzzeit verhältnismässig wohl, und eventuell erst andern Tags treten die Krankheitssymptome, wie das Lungenödem und die Hautschäden, auf. Im Mangel eines warnenden Reizes und in der Latenz offenbart sich die ganze Perfidie dieser Kampfstoffe.

III. Anwendung chemischer Kampfstoffe in Krieg und Frieden.

Die vorstehenden allgemeinen Ausführungen über die chemischen Kampfstoffe und ihre Wirkungswerte lassen nun ohne weiteres verständlich werden, dass gewisse Vorbedingungen erfüllt werden müssen, um einen Gasangriff wirksam zu gestalten, nämlich die *Ueberraschung*, damit der Gegner den Gasschutz mit Verspätung anlegt; *hohe Konzentration* durch Masseneinsatz von Kampfstoff, um in kürzester Zeit den Gegner ausser Gefecht zu setzen; die Erzielung *ausgedehnter* und *zusammenhängender Kampfstoffwolken*, um die Flucht zu verunmöglichen; ferner günstige *Witterungsverhältnisse*, das heisst kein Regen und Wind nicht über 2—4 m/sek. Diese Verhältnisse treffen nun nur höchst selten alle günstig zusammen. Man versucht daher immer, wenigstens die Forderung der hohen Konzentration zu erfüllen. In diesem Bestreben zeichnen sich heute folgende *Einsatzmethoden* ab:

Höchstkonzentrationen, bei welchen ein einziger Atemzug oder die geringste Undichtigkeit der Maske genügt, um den Träger tödlich zu gefährden, werden durch den *Artilleriegasüberfall* erzielt. Auch das Gaswerferverfahren *(Projektors)* dient demselben Zweck. Die erzielten Konzentrationen übertreffen diejenige der Tödlichkeitszahl um das Vielfache. **Mittlere bis hohe Konzentrationen,** die mindestens diejenige der Tödlichkeitszahl und noch höhere erreichen, werden durch das *Artilleriewirkungsschiessen* und durch das *Blasverfahren* erzielt. Die Deutschen rechneten pro Hektare 100 Schuss Feldartillerie. Den Inhalt einer Granate zu 7 dl gerechnet, ergibt das, unter Berücksichtigung des durchschnittlichen spezifischen Gewichtes der Kampfstoffe, zirka 1 kg. Es resultiert also eine Belegung von 100 kg Kampfstoff pro 10'000 m^2 = 10 g pro Quadratmeter. Rechnet man die Höhe der Sprengwolke der Gasgeschosse zu 5 m, so ergibt sich eine Konzentration von 2000 mg pro Kubikmeter, was z. B. das Vierfache des Tödlichkeitsproduktes des deutschen Grünkreuzkampfstoffes (Perstoff) ist. Die französischen Schiessvorschriften verlangten ein Schuss «Septante-cinq» pro Laufmeter Front, was für eine Vergasungstiefe von 100 m ebenfalls die gleiche Belegung ergibt. Das **Störungsschiessen** erstrebte zum mindesten die Konzentration der UZ, obschon zur Aussergefechtsetzung auch geringere Konzentrationen genügen. In Betracht kamen für diese Einsatzmethoden Weisskreuz und Blaukreuz. Die *Gasminenwerfer* erzielen ebenfalls mittlere Konzentrationen. Sie dienen zur Ausfüllung von Lücken in Blaswolken und zum Ueberfall auf kleine Ziele.

Aerochemische Einsatzverfahren wurden im Weltkrieg zufolge eines stillschweigenden Uebereinkommens der Gegner nicht angewendet, daher fehlen Erfahrungen im grossen. Heute rechnet man damit, und zwar können Kampfstoffe im Tiefflug aus Tanks abgeregnet oder in Kampfstoffbomben abgeworfen werden. In beiden Fällen ergeben sich Höchstkonzentrationen; jedoch dürfte die Verteilung und damit die Erzielung zusammenhängender, grosser Wolken durch Gasbomben nicht so einfach sein.

Maskenbrecherverfahren haben den Zweck, den Gasschutz des Gegners unwirksam zu machen. Heute, wo die Masken sehr gut sind, sieht man den Weg in zweckmässigen Kampfstoffmischungen und neuen Kampfstoffen, über die man aber naturgemäss nichts Positives erfährt. Es untersteht aber keinem Zweifel, dass die grossen Militärstaaten an dem Problem arbeiten. Aus dem, was durchsickert, erhellt, dass man z. B. erstrebt, die Masken mit billigen, in Massen anzuwendenden Gasen zu erschöpfen und dann Ultragifte (Name für die stärksten Gifte), z. B. vom Typ des Phosgens, einzusetzen. Der Filterverstopfung und -erschöpfung dienen auch die *Schwelverfahren*, wie sie z. B. in den anglikanischen Staaten und der Sowjetunion ausgebildet sind. Es handelt sich um Giftnebelkerzen, Schweltöpfe, Reizrauchsätze und dergleichen, welche in erster Linie Blaukreuz verschwelen. Das im Weltkrieg angewandte Buntschiessen dürfte, soweit Maskenbrechung damit erstrebt wird, durch vorstehende Methoden verdrängt sein.

Im modernen Kriege spielen die **künstlichen Nebel** als chemisches Kriegsmittel eine grosse Rolle. Die militärisch angewandten Nebel sind ärokolloide Systeme, bei welchen die Nebelteilchen als Flüssigkeitströpfchen von der Grössenordnung 10^{-3} bis 10^{-6} cm Durchmesser in der Luft schweben. Ihre Absinkgeschwindigkeit ist gering, sodass sie sich längere Zeit halten können. Die Konzentration ist nicht hoch. Ein Phosphornebel z. B., der aus 5—6 m Distanz einen Menschen schon verbirgt, besitzt nur eine Konzentration von 20 mg/m^3 Phosphorsäure. Obschon auch die andern Nebel meist aus Säuren bestehen, sind sie angesichts der kleinen Konzentrationen im allgemeinen für Menschen, Pflanzen und Tiere harmlos. Diese Tatsache hat zur Verwendung von **Frostschutznebeln** geführt, welche besonders für Grosskulturen ausserordentlich nützlich sein kön-

nen. Gerade dieses Frühjahr wäre die vermehrte Anwendung solcher Verfahren von Vorteil gewesen. Die primitiven Vorkehren, wie Feuer und Rauch, vermochten die schweren Schäden, die z. B. der Weinbau manchenorts erlitt, nicht zu vermeiden. Von den militärisch angewandten Nebeln ist die Chlorsulfonsäure, welche durch die Reklame-«Himmelsschrift» als Nebelsubstanz allgemein bekannt sein dürfte, zur Frostbekämpfung praktisch angewendet worden. Der erzeugte Nebel besteht aus Tröpfchen von Salz und Schwefelsäure. Es wurden indes gewisse Schäden beobachtet, wie z. B. leichte Verätzungen, besonders in der Nähe der Nebelquelle, wohl von mechanisch mitgerissenen Nebelsäurepartikeln. Die Industrie bringt aber unschädliche, ausgezeichnete Frostschutznebel in den Handel. Es sind gewöhnlich Ammoniumchlorid-Nebelsätze. Der erzeugte Nebel hüllt die Kultur in eine isolierende Luftschicht und verhindert den Verlust von Wärme durch Ausstrahlung in den kalten Nachthimmel. Die zarten, frostempfindlichen Triebe werden von einem Ueberzug, z. B. Salmiaksalz, bedeckt, welcher die Bildung von Eiskristallen und somit das Erfrieren verhindert. Durch Zusatz von wachsartigen Substanzen, z. B. Paraffin, werden die Triebe von einer Schutzhülle überzogen, welche den abkühlenden Wind aufhält und solange wirkt, bis sie durch die Sonne geschmolzen wird. Man rechnet zirka 5 kg Nebelmasse pro Hektare, bei einer Mindestbrenndauer von 15 Minuten. So wie beim Wirkungsschiessen die einmal erreichte Konzentration an Kampfstoff in der Luft durch sparsames Nachfeuern aufrecht erhalten werden kann, ist es zu empfehlen, durch das Abbrennen einzelner Kerzen die erzeugte Nebelwolke die ganze Nacht aufrecht zu erhalten, wenn extreme Frostgefahr ein solches Vorgehen notwendig macht.

Auch die zur Zielmarkierung und zu Signalzwecken oft gebrauchten Farbnebel sind meist harmlos. Deren Sätze enthalten sublimierbare Farbstoffe.

Zufolge der militärisch-taktischen Nebelverwendung als Tarnnebel oder zwecks Verschleierung von Offensiv- oder Rückzugsoperationen kann es von Wert erscheinen, den Nebel zu vergiften. In diese Kategorie gehören die bereits erwähnten Schwelverfahren. Solche *Giftnebel* und *Giftrauche* sind im grossen aber erst gegen pflanzliche oder tierische Parasiten auf Grosspflanzungen zur Anwendung gekommen.

Was in der Literatur als **Rauchschäden** bezeichnet wird, behandelt nachteilige Beeinflussungen der Vegetation durch industrielle Abgase und Essenrauch aus Hochkaminen etc. In Schwerindustriegebieten spielen diese Schäden eine grosse wirtschaftliche, juristische und wissenschaftliche Rolle. Die Gesetze verlangen, dass diese schädlichen Abgase eine bestimmte zulässige Menge nicht überschreiten. In Betracht kommen eigentliche Gase, wie das Chlor und das Schwefeldioxyd, Dämpfe von Metallen und Metallverbindungen, sowie Säuren. Oder sie bestehen aus Rauch, z. B. aus Kohlenstaub oder sogenanntem Flugstaub, welcher mineralischer Natur sein kann, oder aber auch aus Metallen besteht. Für diese werden in zunehmendem Masse Einrichtungen getroffen, wie z. B. solche für elektrische Flugstaubniederschlagung. So werden grosse Mengen wertvollsten Materials gewonnen, welche sonst verloren wären.

Diese Rauchschäden können einer Gegend, z. B. in der Nähe von Erzröstereien und dergleichen, einen gewissen Stempel aufdrücken. Sie bestehen in schlechtem Wuchs, Wipfeldürre und reduzierten Erträgen von Nutzpflanzen und in der Verminderung des Futterwertes. An den Laubblättern sind Verfärbungen festzustellen, Bräunungen und Schwärzungen, die an Frostschäden erinnern. Koniferennadeln verfärben sich rötlich. Oft werden Flecken ersichtlich, welche entweder interkostal oder unregelmässig angeordnet erscheinen. Sie sollen sich von den Flecken infolge Pilzbefalls durch beidseitig eingesunkene Epidermis unterscheiden, wodurch die Blattdicke lokal reduziert wird, während Pilzflecke eher etwas aufgetrieben erscheinen. Nach Dr. Blumer trifft das aber nur für das Fruktifikationsstadium allgemein zu, keinesfalls aber für die sogenannten Bakteriosen. Die Giftstoffe, wie z. B. die Schwefelsäure, können gespeichert werden. Kulturpflanzen erweisen sich im allgemeinen als widerstandsfähiger als Wildwachspflanzen. Die Diagnose und Erkennung der Rauchschäden ist schwer. Keines der beschriebenen Symptome für sich allein ist beweisend, sondern die Schlüsse müssen in Berücksichtigung aller Faktoren gezogen werden. Oft kann das sogenannte Fangpflanzenverfahren herangezogen werden. Es beruht auf der Tatsache, dass gewisse Pflanzen eine ganz extreme Empfindlichkeit für bestimmte Gase aufweisen. So dient z. B. die Weinrebe als Fangpflanze und deren Schädigungen zur Diagnose auf Schwefeldioxyd.

Einige dieser Rauchgase, wie z. B. das Chlor, sind nun auch Kampfstoffe oder wirken in derselben Weise auf die Pflanzen wie die Kampfgase. Da die daherigen Schäden weitgehend untersucht sind, ist die bezügliche Literatur ein wertvolles Hilfsmittel, um sich über die Natur der Kampfgasschäden an Pflanzen zu orientieren.

Im Zusammenhang mit den Rauchschäden sei auch des **Verbrennungsrauches von Pflanzen** und Pflanzensubstanzen gedacht. Man kann ohne weiteres annehmen, dass schon die primitiven Menschen mit der Kunst des Feueranmachens auch die Verwendung des Rauches zu Jagd- und Kultzwecken entdeckten. Solcher Rauch ist im Freien harmlos. In geschlossenen Räumen aber, als sogenannte Rauch- und Brandgase bei Feuersbrünsten, sehr gefährlich, sowohl wegen des Gehaltes an Kohlenoxyd als auch wegen empy-

reumatischen Reizstoffen, die sich bilden. Die Schädlichkeit des Tabakrauches ist teilweise auf die beiden Stoffe zurückzuführen und nicht nur auf das Nikotin. Ueberhaupt ist die Giftigkeit des Rauches gewisser Pflanzen bekannt, wie z. B. die Verheerungen, welche die Alkaloide des Opiums und das Haschischrauchen anrichten (Haschisch = arabisch das Kraut). Der Giftsumach, mit dessen Rauch die Tuaregs in Pierre Benoits Roman «Atlantis» operieren, könnte nach der beschriebenen narkotisierenden Wirkung Rhus glabra sein.

Rasch absinkende Schwebeteilchen in der Luft von einem grösseren Durchmesser als 10^{-2} cm sind mikroskopisch auflösbar und bilden den Staub. Die Anwendung im Kriege wäre denkbar, um die Maskenfilter zu verstopfen. Die Aerosolteilchen der Blaukreuzkampfstoffe aggregieren verhältnismässig rasch zu grösseren Staubteilchen und setzen sich mit zunehmender Grösse umso rascher zu Boden.

In der Nachkriegszeit wurden **Abstäubungen von Giftstoffen aus Flugzeugen** über Grosspflanzungen, hauptsächlich Wäldern, vorgenommen; in der Schweiz in kleinem Masstabe mit Bleiarseniat gegen die Fichtenblattwespe; in grossem Ausmass in Deutschland und Russland und dann auch mit Kalziumarseniat in Kalifornien (U. S. A.) gegen die Forleule und die Nonnenraupe. Ueber den Erfolg wurde ziemlich diskutiert. Einig scheint man sich nur darin geworden zu sein, dass das Wild massenhaft zugrunde ging. Auch Vergiftungen von Vieh im Weidgang, sogar von Bienen, wurden festgestellt.

Es hat sich gezeigt, dass Staub den Pflanzen im allgemeinen nur schadet, wenn er wasserlöslich ist. Auf einem einzigen Kohlkopf in einem Industriebezirk hatten sich 36 g Kohlenstaub abgesetzt, ohne dass zufolge von dessen Unlöslichkeit ein nennenswerter Schaden ersichtlich gewesen wäre. Vor der allgemeinen Teerung der Strassen waren dieselben und die angrenzenden Wiesen, Büsche und Bäume oft zentimeterhoch mit Strassenstaub wie überpudert. Abgesehen von der Verschmutzung, war kein Schaden zu konstatieren. Anders liegt die Sache für wasserlösliche Staubarten. So wurden Staubschäden aus Kalifornien in der Nähe von Zementwerken bekannt, ohne Zweifel von gebranntem Kalk herrührend, der wasserlöslich ist.

Diese Erkenntnisse müssen nun bei den **Schädlingsbekämpfungsmethoden** beachtet werden. Dieselben haben nach dem Kriege als praktische und friedliche Anwendung von Giftstoffen und schädlichen Gasen eine immer steigende Bedeutung erlangt. Sie beruhen auf der Tatsache, dass gewisse agressive Substanzen oder Gase auf pflanzliche und tierische Parasiten und Krankheitserreger stärker wirken als auf deren Wirte, sodass die Schädlinge vernichtet werden können, ohne dass der Wirt grösseren Schaden erleidet. Auch die Desinfektion und die Entwesung haben sich diese Methoden dienstbar gemacht. Es liegt auf der Hand, dass bei solchen Arbeiten eine Fülle von Beobachtungen über die Wirkung dieser giftigen Stoffe auf die Pflanzen gemacht werden, und die Erfahrungen aus der Schädlingsbekämpfung ergänzen in nützlicher Weise die Beobachtungen über die Wirkung der chemischen Kampfstoffe auf die Pflanzen.

Die Konservierung von Stocks an Getreide, Feldfrüchten und Produkten des Pflanzenbaues, Saatgut und Vorräten aller Art ist wichtig, denn sie ermöglicht die Einlagerung von Ernteüberschüssen im Hinblick auf künftige schlechtere Zeiten.

Aber auch die direkte Bekämpfung von Feinden des Pflanzenbaues – man denke nur an den Koloradokäfer — wird mit zunehmenden Erfolgen möglich. Was wäre z. B. heute der Weinbau bei uns ohne das Kupfersulfat und die klassische Bordeauxbrühe? Es unterliegt keinem Zweifel, dass die modernen, rationellen Schädlingsbekämpfungsmittel die Erträge qualitativ und quantitativ zu heben vermögen.

Handelt es sich um die Bekämpfung von pflanzlichen oder tierischen Parasiten oder von Krankheitserregern und Ungeziefer auf lebenden Organismen, das heisst auf Pflanzen oder Tieren, muss in der Auswahl des Giftstoffes, dessen Anwendung und in der Einwirkungszeit die grösste Sorgfalt walten, um Schäden zu vermeiden. Handelt es sich aber um Ungeziefer oder Schädlinge in Räumen oder auf Gegenständen, kann mit stärksten Giften, hoher Konzentration und viel unbedenklicher gearbeitet werden. Man teilt die Schädlingsbekämpfungsmittel ein in: Frassgifte, Kontaktgifte und Atemgifte.

Die zwei ersten Gruppen interessieren im Rahmen des vorliegenden Themas weniger. Es sei nur erwähnt, dass die arsen- und bleihaltigen *Frassgifte* Verbrennungen oder Flecke auf den Pflanzen hervorrufen, wenn sie zu hoch konzentriert sind oder falsch zubereitet zur Anwendung gelangen. Es sind nämlich zumeist kolloide oder schwerlösliche Chemikalien, welche vermittelst eines Haftmittels auf die Blätter gespritzt werden und deren Löslichkeitsverhältnisse zum Teil von den Darstellungsbedingungen abhängen. Vergiftungen von Vieh wurden beobachtet, wenn z. B. solche Spritzmittel aus Bäumen ins Gras hinuntertropften, welches dann verfüttert oder abgeweidet wurde. Ueber die Schädlichkeit und Gefährlichkeit solchen Futters wurden durch Prof. Hofmann Versuche auf der Landwirtschaftlichen Schule Rütti angestellt. Es scheint, dass die bezüglichen Gefahren bisher etwas überschätzt wurden. Bei der Bespritzung von Früchten und Gemüsen, welche dem menschlichen Konsum dienen, ist natürlich besondere Vorsicht am Platze. Betreffs der *Kontaktgifte* sei hier an das bekannte Insektenpulver erinnert. Das modernste Frass- und Kontaktgift pflanzlichen Ursprungs ist aber das

Rotenon, das sich pharmakologisch in die Gruppe der Fischgifte einreiht. Es ist ein stickstoffreier, kompliziert konstituierter, aber wohl definierter, kristallisierbarer Körper. Er kommt in mehreren Pflanzen vor, zum höchsten Prozentsatz aber in der tropischen Leguminose Derris elliptica. Es ist für Menschen und Tiere unschädlich und wirkt vernichtend auf viele pflanzliche und tierisch niedere Parasiten.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit interessieren aber in erster Linie die *Atemgifte*. Sie werden zu Durchgasungen von Speichern, Getreidesilos, Saatgutbeständen, Gewächshäusern und Pflanzen, zur Ungeziefervertilgung sowie zu Desinfektionen und Entwesungen gebraucht. In erster Linie kommen die chemischen Kampfstoffe Blausäure und Chlorpikrin zur Verwendung. Es hat sich gezeigt, dass Nutz- und Zierpflanzen Konzentrationen aushalten, welche für niedere Tiere und Pilzkrankheitserreger vernichtend sind. Es ist überhaupt bekannt, dass niedere Pilze und Flechten im allgemeinen eine hohe Empfindlichkeit gegen Giftgase zeigen. In Städten und in der Nähe von Industrien mit viel Rauch ist deswegen ein schlechtes Arbeitsfeld für Mykologen und Lichenologen, da diese Organismen dort nur schwer gedeihen. Eine Ausnahme scheint die Flechte Placidium saxicola zu machen, welche auf den Sandsteinplatten von Gewächshäusern vorkommt und sehr rauchfest sein soll. Bei den Durchgasungen sind gewisse Vorsichtsmassregeln unerlässlich. So soll die Temperatur nicht unter 20° sinken, weil der ohnehin reduzierte Stoffwechsel des Ungeziefers als Kaltblüter bei niedrigen Temperaturen so an Intensität abnimmt, dass das Gift nicht wirken kann. Ferner ist die Arbeit im Dunkeln vorzunehmen, und besonders für Blausäure muss auf Trockenheit der Pflanzen geachtet werden. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die Temperatur des Begasungsraumes müssen so aufeinander eingestellt sein, dass sich kein Kondenswasser auf den Pflanzen bilden kann.

Ein Nachteil dieser Durchgasungen liegt in der grossen Giftigkeit der angewendeten Konzentrationen für das Arbeitspersonal. Dieser Umstand hat zur Verwendung weniger giftiger Stoffe geführt, wie z. B. das Aethylenoxyd. Es liegt dem Verfahren «Aetox» und «T-Gas» zugrunde und dient vornehmlich der Bekämpfung des Kornkäfers (Calandra) und der Mehlmotte (Tenebrio) und deren Larven. Bei uns in der Schweiz erlangt das «S-Gas» steigende Bedeutung zur Durchgasung von Mühlen und Silos. «S-Gas» ist ein gechlorter, niedriger Kohlenwasserstoff der Fettreihe, der mit Kohlendioxyd als Treibmittel aus gasflaschenähnlichen Apparaten ausgetrieben wird.

(Fortsetzung folgt.)

Wie wirkt ein Kohlenmonoxyd (CO)-Filter?*)

Von **Dr. Fritz Bangert**

Die Arbeit gibt Antwort auf folgende Fragen:

1. Warum hat der CO-Schutz eine Sonderstellung im Gasschutz?
2. Wie arbeiten die sogenannten Hopkalite (Mangansuperoxyd-Kupferoxyd-Katalysatoren)?
3. Welche Faktoren bedingen die Grösse des CO-Filters?
4. Wann ist ein CO-Filter verbraucht?
5. Welche Ueberlegungen führten zu einer Anwendungsbeschränkung über 2 % CO?
6. CO-Filtergerät und Luftschutz.

Während die meisten Filter gegen Giftgase so aufgebaut sind, dass die in ihnen befindlichen Materialien das Gift festhalten, arbeitet der Kohlenoxydschutz nach einem anderen Prinzip. Die im Kohlenoxydfilter befindlichen sogenannten Hopkalite oxydieren das CO katalytisch zu der im Vergleich zu diesem Gase ungiftigen Kohlensäure. Dieses besondere Verfahren bedingt die Sonderstellung, die das Kohlenoxydfilter im Gebrauch des Filtergasschutzes hat.

Da weiterhin das Kohlenoxydgas ebenfalls eine Sonderstellung unter den Giftgasen einnimmt — es ist das einzige mit normalen Sinnen nicht wahrnehmbare Giftgas —, fordert der Gebrauch des CO-Filters besondere Vorschriften.

Wie ist das Dräger-CO-Filter aufgebaut?

Der Aufbau des CO-Filters ist in erster Linie beeinflusst durch die Eigenschaften des Katalysators. So elegant das katalytische Verfahren ist, so ist es bisher noch nicht gelungen, einen wasserunempfindlichen CO-Katalysator herzustellen. Im trockenen Zustande arbeitet er praktisch unbegrenzt, beim Feuchtwerden aber erlischt seine Wirksamkeit schnell.

Somit sieht der Aufbau des Filters vor, dass die Einatemluft erst über eine grössere Menge eines Trockenmittels streicht, ehe die Luft an den Katalysator herankommt. Dieses Trockenmittel bedingt auch das grosse Volumen eines Kohlenoxydfilters. Diese Menge ist nötig, weil die in der Arbeitszeit zu beseitigenden Wassermengen ganz erheblich sein können. Um einige Anhaltspunkte zu geben, sei erwähnt, dass eine schon als sehr trocken empfundene Luft bei einer Temperatur von 20° einen Feuchtigkeitsgehalt von 7—10 g

*) Der Abdruck aus *«Dräger-Hefte»*, Nr. 194, Januar/Februar 1938, erfolgt mit der verdankenswerten Erlaubnis des Drägerwerkes, Lübeck. Die Druckstöcke sind uns in freundlicher Weise vom selben Werk zur Verfügung gestellt worden.