

Die chemischen Kampfstoffe und die Pflanzenwelt [Schluss]

Autor(en): **Grogg, Otto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Protar**

Band (Jahr): **4 (1937-1938)**

Heft 12

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-362643>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die chemischen Kampfstoffe und die Pflanzenwelt

Von Dr. Otto Grogg, Bern (Schluss)

Das Chlorpikrin wurde von den Russen zur Vergeltung für die deutschen Angriffe mit der T-Granate und die verheerenden Blasangriffe in den Gaskampf eingeführt. Es gilt noch heute als überaus wirksamer Kampfstoff und bildet z. B. einen Bestandteil der modernen amerikanischen CNS-Geschosse. Da es im Weltkriege nur in Mischungen verwendet wurde, fehlen Beobachtungen über spezifische Wirkungen auf Menschen im Sinne eines wohlumschriebenen Krankheitsbildes. Das Chlorpikrin nimmt eine Mittelstellung zwischen den Reizgasen und den Resorbtivgiften ein. Zu der typischen Grünkreuzwirkung des Lungenödems gesellt sich die Nitritwirkung durch Methämoglobinbildung und Beeinflussung des Blutdrucks und der Zirkulation. Das Gift wird zufolge seiner geringen Reaktionsfähigkeit in fast alle Körperorgane verschleppt und kann dort schädigend wirken. Die Deutschen verschossen es unter dem Namen Klop in Mischung mit Perstoff in Granaten als Grünkreuz I. Auffällig war die Erbrechen erregende Wirkung, daher nannten es die englischen Soldaten «vomiting Gaz».

Mit Chlorpikrin haben namhafte französische Biologen eingehende Versuche angestellt, um es auf seine Eignung zur Schädlingsbekämpfung zu prüfen. Sie stellten eine chlorähnliche Wirkung auf Pflanzen fest, die jedoch viel weniger intensiv erschien. Bei Versuchen mit *Aucuba japonica* (Fuseau du Japon) wurde festgestellt, dass durch das Gift die fermentativen Hemmungen in den Blättern in dem Sinne gelöst wurden, dass sich die Blausäureglykoside zersetzten und die Entwicklung freier Blausäure mit Natriumpikratpapier durch Farbumschlag von gelb in rot nachgewiesen werden konnte. Diese Fermentwirkung stellt sich ganz den Vorgängen an die Seite, welche beim Dörren des Heus den Cumaringeruch entwickeln.

Professor Schopfer hat mich freundlicherweise auf eine Modifikation des Blausäurenachweises in vergifteten Blättern aufmerksam gemacht, die er im physiologischen Praktikum ausführen lässt. Er narkotisiert Kirschchlorbeerblätter in einem Weithalsstöpselglas während mehreren Stunden mit einigen Tropfen Chloroform bis sie deutliche Verfärbung und Pigmentierung zeigen. Dann werden die Blätter in eine Lösung von zirka 0,1 g Pikrinsäure in 300 ccm Wasser gestellt und einige Tropfen zehnprozentige Natronlauge beigegeben. Nach etwa 30 Minuten ist bereits eine Farbänderung der Lösung festzustellen und nach mehreren Stunden ist die Umwandlung durch die Blausäure in isopurpursaures Natrium, dessen Lösung eine braunrote Farbe hat, vollständig.

Der Vortragende hat festgestellt, dass dieser Versuch auch bei Vergiftung der Blätter von *Aucuba japonica* und *A. j. angustifolia* und Kirschchlor-

beer mit 2—3 Tropfen Chlorpikrin einwandfrei geht. (Vorsicht bei Chlorpikrin, beim Riechen nur Schnüffeln!) Auch hier beschleunigt das Sonnenlicht die Vergiftung um zirka das Zehnfache.

Elegant und sicher eignet sich zum Nachweis von Blausäure in Blättern das Reagens von Pertusi-Castaldi, modifiziert nach Sieverts und Hermsdorf, wie es in der Armee und im Luftschutz Ordonnanz ist, in der Versuchsanordnung des Verfassers. Er legte die vergifteten Blätter auf ein Stück Filterpapier, das mit einer Mischung zu gleichen Teilen folgender Lösungen befeuchtet wurde:

1. Kupferazetat 2,86 g per Liter;
2. gesättigte Benzidinazetatlösung bei 20 ° 475 ccm; destilliertes Wasser 525 ccm.

Das Filterpapier befindet sich auf einer passenden Glasplatte. Man bedeckt nun das Pflanzenblatt mit einem zweiten solchen Reagenspapier und legt darüber wieder eine Glasplatte. Die vergifteten Laubblätter befinden sich also zwischen den zwei Reagenspapieren, die ihrerseits von den zwei Glasplatten bedeckt sind. Bei dieser Anordnung entsteht trotz den geringen absoluten Blausäuremengen, welche in Betracht kommen, in dem engen Raum zwischen den Glasplatten eine erhebliche Konzentration, sodass die Reaktion innert weniger Sekunden eintritt. Die Blätter zeichnen sich durch die Verfärbung in blau wie photographiert ab. Zuerst bläuen sich die Partien beim Blattstiel und an den Blatträndern, worauf sich die Verfärbung über die Blattbreite erstreckt. Es dürfte damit eine Methode gefunden sein, die es erlaubt, kleinste Blausäuremengen in Blättern und andern Pflanzenorganen nachzuweisen. Immerhin soll das Reagens nicht unter allen Umständen streng spezifisch sein, dürfte aber allen praktischen Anforderungen bei vorstehender Versuchsanordnung genügen. Nach Prof. Rosenthaler beruht die Reaktion auf der Freierdung einer Valenz beim Uebergang des Cuprijons zur Cuproverbindung, wodurch das Benzidin zu gefärbten Verbindungen oxydiert wird. Die Demonstration gelang einwandfrei mit Blättern von *Prunus laurocerasus*, *Aucuba japonica*, *A. j. angustifolia*, sowie einer panaschierten *A. j.*, welche nur sehr wenig Blausäure enthält. Alle diese Befunde wurden chemisch durch die Berlinerblau-Reaktion und durch den Rhodanidnachweis nachgeprüft und bestätigt gefunden.

Die französischen Forscher entdeckten aber noch ganz andere bedeutungsvolle Tatsachen. Es stellte sich heraus, dass die meisten Pflanzen ganz exorbitante Konzentrationen von Chlorpikrin überstehen. Knospen von *Aucuba*, die zehn Minuten lang mit einer Konzentration von 20 g/m³ begast wurden, schlugen nach einigen Tagen aus. Diese Beobachtungen sind nur dadurch erklärlich, dass

das Chlorpikrin gewisse geringe oxydierende Eigenschaften vermöge seiner Nitrogruppe besitzt, dass es aber nur geringe hydrophile Eigenschaften hat und chemisch ein sehr indifferenten Körper ist. Es scheint auf die Pflanze hauptsächlich nur durch seine lipoiden Eigenschaften und durch eine gewisse Spezifität zu wirken.

Das Bemerkenswerteste an diesen Versuchen ist aber, dass sich auch für die Pflanzen die Abhängigkeit und Gesetzmässigkeit von Konzentration und Einwirkungsdauer für die Wirkung bestätigt. Der Erfolg war derselbe, ob z. B. ein Aucubazweig 20 Minuten lang einer Konzentration von 30 g/m³ ausgesetzt wurde oder 30 Minuten lang einer Konzentration von 20 g/m³.

Das sagt aber nichts anderes, als dass die Formel $w = c \cdot t = k$ auch für die Pflanzen gilt, wenigstens für das Chlorpikrin.

Aber auch bei den Rauchgasen und den quantitativen Daten, welche die Literatur für Kampfgase gibt, zeigt sich deutlich die Gesetzmässigkeit für den Wirkungsgrad in seiner Abhängigkeit von Konzentration und Einwirkungsdauer, sodass es keinem Zweifel unterliegt, dass im grossen ganzen die vorstehende Gesetzmässigkeit auch für Pflanzen ruhig verallgemeinert werden kann. Bei der Verwendung von Chlorpikrin zur Schädlingsbekämpfung sind Saatgutschäden beobachtet worden.

Phosgen und Perstoff sind die beiden Grünkreuzkampfstoffe par excellence. Das Phosgen wurde von den Franzosen erstmals als Vergeltung für die deutschen Blasangriffe in Granaten unter dem Decknamen Collongite verschossen. Chemisch ist es das Säurechlorid der Kohlensäure, wird aber auch Kohlenoxydchlorid genannt. Es soll 80 % aller Gastodesfälle des Weltkrieges verursacht haben. Der Perstoff (deutsches Grünkreuz) ist Trichlormethyl-Chlorformiat, eine farblose Flüssigkeit. Er war die deutsche Antwort auf das Phosgen. Beide Stoffe sind ungefähr gleich giftig und ihre Wirkungen stimmen weitgehend mit den Chlorschäden überein, nur sind die Bleichwirkungen weniger intensiv. Da sie leicht und rasch hydrolisieren, dominieren Aetzschäden und allgemeine Plasmolyse der grünen Blätter.

Am 20. Mai 1928 ereignete sich in Hamburg infolge Durchrostens eines eisernen Tanks, wodurch eine riesige Phosgenmenge ausströmte, ein grosses Unglück. Die entstehende Giftgaswolke forderte 11 Tote und an die 200 Gasverletzte. Auf der 9 km entfernten Elbinsel Walenhof liessen die Bauern, wie bei einem Brand, fälschlicherweise die Stalltüren offen, wobei viel Vieh umkam. In der Gärtnerpresse erschienen auch Artikel über beobachtete Schäden an Pflanzen und Kulturen.

Phosgenvergiftungen kleinerer und mittlerer Konzentrationen zeigen beim Menschen, wie erwähnt, die Erscheinungen der Latenz. Analoge Beobachtungen werden nun auch in bezug auf die

Pflanzen berichtet. Deren Latenz schwankt danach zwischen mehreren Stunden und einigen Tagen.

Der Verfasser hat die Latenz an Pflanzen dadurch demonstriert, dass Zweige von Aucuba, Kirschlorbeer, Erle, Birke, Buche, Hollunder und Flieder in kleinen Vasen mit einer Perstoffkonzentration begast wurden, die etwa der doppelten Tödlichkeitszahl entsprach. Die Begasung wurde in einer Gaskammer von zirka 70 l Inhalt durch Verdunstenlassen des Kampfstoffes vorgenommen. Sie wurde erst am dritten Tag geöffnet. Die Zweige zeigten sich im grossen und ganzen intakt. Die Blätter hatten ihre Turgeszenz und Farbe behalten und zeigten noch keine Welkungserscheinungen. Es waren lediglich leichte Flecken und Verfärbungen an den Blättern zu beobachten, teils interkostal, teils unregelmässig oder sich über die ganze Blattbreite erstreckend. Noch kein einziges Blatt war abgefallen.

Eine Konzentration des Ultragiftes, die für Menschen höchst lebensgefährlich ist, hat sich also gegen Pflanzen als schonende Behandlung erwiesen.

Der Schwefelwasserstoff. Das bekannte farblose Gas war ein häufig gebrauchtes Treibmittel im Blasverfahren bei den Engländern. Sein Gestank belästigte einerseits sehr, bedeutete aber andererseits eine willkommene Warnung. Nur zu oft entzündete er sich beim Ausströmen. Als Atemgift wirkt er hemmend auf die Keimung. Er stört und hemmt die innere Zellatmung durch Abbindung des Eisens des Atmungsfermentes.

Anatomisch mikroskopisch ist bemerkenswert, dass die Epidermis und das Mesophyll nicht wie bei Reizgasschäden zusammenfallen. Es tritt auch kaum Plasmolyse ein. Die Pythia in Delphi fiel vermutlich auch durch Schwefelwasserstoff, welcher mit den Naturgasen der Erde entströmte, in Trance.

Die Tätigkeit der Schwefelbakterien ist als eine mit Energiegewinn verbundene Gärung aufzufassen, wobei der Schwefelwasserstoff zu Schwefel oxydiert und letzterer in den Zellen abgelagert wird.

*

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts erregten bei den Toxikologen Berichte über gewisse Vergiftungen Aufsehen, welche in Schlafzimmern mit grünen Tapeten vorkamen. In einem Fall wurden schwere Vergiftungssymptome bei einem Aufenthalt von neun Stunden festgestellt. Die Untersuchungen richteten sich zunächst auf die Tapeten, und man fand, dass sie mit grünen, arsenhaltigen Erdfarben vom Typ des Schweinfurter Grüns bedruckt waren. Daraufhin wurde die Verwendung solcher Farben zum Tapetendruck gesetzlich verboten und man hörte nichts mehr von Vergiftungen. Die Sache wurde aber weiter verfolgt, und es stellte sich heraus, dass die Stoffwechselprodukte gewisser Pilze für die Vergiftungen verantwortlich waren, welche sich auf diesen Tapeten

entwickelt hatten. Nachdem es dann gelungen war, diese Pilze auf Brotscheiben zu züchten und zu bestimmen sowie deren Stoffwechselprodukte zu analysieren, konnte das Problem als gelöst betrachtet werden.

Man fand, dass *Aspergillus glaucus* das flüchtige *Diäthylarsin* und *Penicillium brevicaulis* das ebenfalls flüchtige *Trimethylarsin* produzierten. Die Kleisterreste an den Tapeten funktionierten vermutlich zum Teil als Nährboden. Die genannten flüchtigen Arsenverbindungen sind als physiologische Produkte der Pilze aufzufassen.

Sie gehören in die Körperklasse der **aliphatischen Arsine**, in welche nun auch ausserordentlich perfide Kampfstoffe eingereiht werden. Deren zweckmässige Mischung diente den Deutschen als «Maskenbrecher», und mit ihrer Hilfe ermöglichten sie noch die März-Offensive 1918 in Flandern und später die gelungenen Rückzugsschlachten auf die Siegfriedlinie.

Folgendes Zitat eines Augenzeugen aus der März-Offensive 1918 möge dies erhellen: «Die verhältnismässig grosse Anzahl der Toten kommt von der Verwendung des neuen Grünkreuzgases, gegen das die Gasmasken der Alliierten keinen Schutz bieten ... Was sagt es dem Leser, wenn ich ihm beschreibe, wie hier im Bourlonwalde die Leute liegen, genau so wie sie das tödliche Gas überraschte. Ein grausiges Panoptikum voll scheusslicher Wirklichkeit. Die Backe am Kolben, die Handgranate in der Rechten. Ganze Schützenlinien. Hier ein Maschinengewehr; der Richtschütze zielt noch. Der zweite und dritte führen den Patronengurt zu; der Führer hat liegend das Glas am Auge. Unheimlich verummmt, alle wie Affen mit der untauglichen Gasmasken vor dem Gesicht.» (Schröder.)

Es handelt sich hier wahrscheinlich um die deutschen Kampfstoffmischungen *Grünkreuz II* oder *Grünkreuz III*. Die erste ist eine 20prozentige Auflösung von Clark I in Phosgen und Perstoff; die zweite wird auch als *Gelbkreuz I* bezeichnet und ist eine Mischung der besprochenen aliphatischen Arsine: *Methylarsindichlorid*, *Aethylarsindichlorid* (Dick), welche Blaukreuzcharakter haben und zugleich neben Hautwirkung wie Grünkreuz giftig sind, mit Dichlormethyläther und Dibrommethyläther, Stoffe, welche auf das Gehör und das Gleichgewichtsempfinden wirken. (*Labyrinthiques der Franzosen*.)

Ebenfalls Derivate des Arsenwasserstoffs sind die festen **aromatischen Arsine**: die beiden Clarks und der Adamsit. Sie wirken wie ein Reizgas auf die Pflanzen, und zwar sowohl als Dampf, Rauch oder in fester Form. Sie zeichnen sich darin aus, schon in allerkleinsten Konzentrationen, das heisst wenigen Milligramm/Kubikmeter, zu wirken. In den besprochenen Schwelverfahren werden Konzentrationen bis zu 200 mg/m³ erzielt, die bis auf 8 km Tiefe wirksam sein sollen und vermutlich äusserst schädigend auf die Vegetation wirken.

Die **Blausäure** war ein Kampfstoff der Franzosen. Ihr «Vincennite», wie sie die Mischungen von Blausäure mit Arsenrichlorid und Chloroform nannten, soll nach deutschen Berichten ein Versager gewesen sein. Der Vincennite habe nicht mehr Schaden angerichtet als blausäurehaltige Schnäpse, wie Kirsch oder Pflaumenwasser, gemeinhin zu verursachen pflegen. Solche Auslassungen sind aber sicher übertrieben. Tatsache ist jedenfalls, dass die Deutschen Veranlassung nahmen, ihre Maskenfilter abzuändern, was sicherlich ohne gute Gründe nicht geschah. Andererseits verschossen die Franzosen zirka 4000 Tonnen dieses Kampfstoffes, was sie doch kaum getan hätten, wenn die Wirkung so offensichtlich gleich Null gewesen wäre. Immerhin steht fest, dass die Blausäure nicht wirkte, wie ihre sonst bekannte hohe Giftigkeit hätte erwarten lassen. Die Ursache liegt in der grossen Flüchtigkeit derselben und im kleinen spezifischen Gewicht. Beide Umstände erschweren die Anreicherung in der Luft. Aber auch der lebende Organismus hat eine ausgesprochen entgiftende Kraft gegenüber der Blausäure, indem diese teilweise wieder ausgeatmet wird und teilweise chemisch an Aldehyde und Ketone als Nitril oder Cyanhydrin gebunden werden kann, besonders an Aldosen und Ketosen. Diese entgiftende Fähigkeit des Organismus muss in der Formel $W = c \cdot t$ durch die Schreibweise $W = (c - e) \cdot t$ zum Ausdruck gebracht werden, wobei e als Entgiftungsfaktor bezeichnet wird. Er beträgt für den Menschen 30 mg, das heisst ein Mensch vermag der tödlichen Wirkung von Blausäurekonzentrationen unter 30 mg/m³ dank seinem physiologischen Selbstentgiftungsvermögen zu entrinnen.

Auch die Pflanze besitzt ein ausgesprochenes Entgiftungsvermögen gegenüber der Blausäurewirkung. Man nimmt an, dass die freie Blausäure auf die Pflanzenzelle als Gift wirkt, weshalb sie sofort abgebunden wird. Tatsächlich kommt die Blausäure in Pflanzen nur in gebundener Form vor. Nach neuen Publikationen soll der javanische Baum *Panguium edule* 0,34 % freie Blausäure enthalten.

Da in vielen Pflanzen Blausäure nachgewiesen wurde, brachte man sie schon sehr früh mit der *Eiweissentehung* in der Pflanzenzelle in Verbindung. Sie könnte biochemisch aus dem Formalin der Kohlendioxydassimilation entstehen, denn sie ist das Nitril der Ameisensäure.

Nach der *Hypothese von Foss* ist die Blausäure das Zwischenglied der Harnstoffbildung.

Nach der *Hypothese von Treub* soll die Blausäure das erste erkennbare Produkt der Stickstoffassimilation sein. Um sich vor der Giftwirkung zu schützen, bindet die Pflanze dieselbe sofort an Aldehyde oder Ketone, wobei nach der *Streckerischen Synthese Aminosäuren* gebildet werden könnten;

Aldehyd \longrightarrow + HCN + NH₃ \longrightarrow Aminosäurenitril
 \longrightarrow verseift \longrightarrow Aminosäure.

Auf diese Weise würde z. B. vom Benzaldehyd ausgehend Phenylaminopropionsäure, also das Phenylalanin entstehen. Da die Eiweissstoffe aus Aminosäuren bestehen, so würde dadurch die Eiweissbildung in der Pflanze erklärlich.

Prof. Rosenthaler lehnt die Treubsche Hypothese in ihrer Verallgemeinerung und Ausschliesslichkeit ab. Er geht von der Tatsache aus, dass viele Pflanzen Blausäure enthalten, und zwar zur Entgiftung als *glykosidische Verbindungen*, wie z. B. das Blausäureglykosid Amygdalin in den bittern Mandeln, welches durch das Ferment Emulsin in Benzaldehydcyanhydrin und Zucker zerlegt werden kann. Er nimmt nun weiter an, dass die Pflanze kaum immer gerade über die nötigen Bausteine zur Eiweissynthese in den nötigen quantitativen Verhältnissen verfügt. Es können ihr Aminosäuren übrig bleiben. Rosenthaler nimmt nun an, dass in diesen Fällen die Aminosäure entweder in Blausäureverbindungen oder in *Alkaloide* übergehen, je nach der Eigentümlichkeit der Art und Familie der Pflanze. Dafür würde auch die Tatsache sprechen, dass Alkaloide und Blausäureglykoside im allgemeinen nicht zusammen in der gleichen Pflanze vorkommen. Der Umstand, dass in gewissen Fällen die gebildeten Alkaloide oder Blausäureglykoside wieder mobilisiert werden, um im Stoffwechsel Verwendung zu finden, braucht nicht gegen die vorstehenden Ueberlegungen zu sprechen.

Von ähnlichen Ueberlegungen ging Professor Tschirch aus, als er dem Verfasser seinerzeit die Aufgabe stellte, die obliterierten Nährschichten der Samenschale von einigen Pflanzen auf das Vorkommen von Alkaloiden zu untersuchen. Es gelang tatsächlich, in vielen Pflanzen den Nachweis erheblicher Mengen zu erbringen. Da nun diese Samenschalen bei der Keimung abgeworfen werden und die Alkaloide nach der Obliteration nicht mehr in den Stoffwechsel zurückkehren, tragen auch sie den Charakter von überflüssigen Bausteinen des Eiweisstoffwechsels. Diese Ergebnisse passen nun sehr gut in die oben skizzierten Gedankengänge.

Das Vorkommen grosser Alkaloidmengen in Samenschalen hat übrigens im Kriege ein deutscher Kommissariatsoffizier erfahren, als er anordnete, Kakaosamenschalen aus einer Schokoladenfabrik an Pferde zu verfüttern. Dass die Tiere zugrunde gingen, darf nicht verwundern angesichts des bedeutenden Gehaltes an Theobromin und Coffein in Kakaosamenschalen, den der Verfasser anlässlich seiner Untersuchungen konstatierte.

Das Selbstentgiftungsvermögen der Pflanze gegenüber der Blausäure ermöglicht nun die Verwendung von Blausäure zur Ungeziefer- und Schädlingsbekämpfung. Die Pflanzen halten im

allgemeinen noch Konzentrationen und Einwirkungszeiten aus, bei welchen die Schädlinge zugrunde gehen. Diese *Durchgasungen* haben den Vorteil, dass Metalle und andere Gegenstände nicht angegriffen werden, und des sauberen Arbeitens, aber den Nachteil grosser Giftigkeit für das Personal. Die Gefahr ist umso grösser, als die Blausäure sozusagen keinen warnenden Reiz ausübt und der Mensch rasch gegen den Geruch abgestumpft wird.

Daher wird der Blausäure mit Vorteil ein *Warnstoff* zugesetzt. Dieses Prinzip ist beim Zyklonverfahren verwirklicht.

Zyklon A ist eine Flüssigkeit, welche aus Cyanameisensäure-Methyl- und Aethylester besteht, mit 10 % Chlorameisensäureester als Warnstoff.

Zyklon B besteht aus einem porösen Pulver in Büchsen, das mit Blausäure getränkt ist, mit oder ohne Warnstoffzusatz. Zum Gebrauch wird das Pulver in dem zu vergasenden Raum auf den Boden gestreut, wo es die Blausäure abgibt.

Das *Cyanogas* wird zur Ungezieferbekämpfung in Gewächshäusern viel gebraucht. Es beruht auf der Abgabe an Blausäure des Kalziumdustes, das ist Kalziumcyanid.

Daneben existieren die verschiedensten Verfahren mit oder ohne Apparatur, bei welchen entweder die Blausäure aus einem Cyanid mit Säure entwickelt wird, oder dass einfach eine Blausäurelösung zur Verdampfung gelangt.

Vor dem Betreten durchgaster Räume ohne Gasschutz muss mit Kupferbenzidinacetatreagens das Verschwinden der Blausäure festgestellt werden. Nebenräume der vergasten Lokale können insofern gefährdet werden, als die Blausäure durch Mauern diffundieren kann, und zwar schneller und besser als der Warnstoff.

Einen Fall von *Gewöhnung* an sonst tödliche Blausäurekonzentrationen, die sogar vererbt wurde, vernahm man aus Kalifornien (USA). Zur Vernichtung von Schildläusen vergaste man Zitronenbäume unter Zelten mit Blausäure. Dieses Ungeziefer vertrug aber immer höhere Konzentrationen und wurde so giftfest, dass das Verfahren aufgegeben werden musste, wenn man nicht Pflanzenschäden riskieren wollte.

Ein gegenteiliger Fall passierte den Deutschen im Weltkriege, als sie Pferde durch Blausäurevergasung unter Zelten von Räude befreien wollten. Die Pferde streckten oben die Köpfe durch Löcher aus den Zelten heraus und es wurde ihnen zur Vorsicht noch ein frischer Luftstrahl um die Nüstern geblasen, um Blausäurevergiftung zu vermeiden. Die Tiere gingen dennoch zugrunde, und zwar infolge Vergiftung durch die gesamte Hautoberfläche.

Das *Kohlenoxyd* ist ein farbloses und geruchloses Gas, welches als gefährliches Gift für Menschen genügsam bekannt ist. Seine Wirkung auf Pflanzen ist sehr umstritten worden. Auf den

menschlichen und tierischen Organismus wirkt es bekanntlich dadurch, dass seine Affinität zum Hämoglobin der roten Blutkörperchen etwa 250 mal grösser ist als diejenige des Sauerstoffs. In einer CO-haltigen Luft belegt daher das CO die roten Blutkörperchen mit Beschlag und verhindert ihre Funktion als Sauerstoffüberträger für die Zellatmung. Der Vorgang ist zwar reversibel, aber das Gleichgewicht liegt stark auf der Seite des CO-Hämoglobins verschoben. Die Menschen erholen sich daher nur bei leichteren Vergiftungen wieder an der freien Luft.

Die Menge des aufgenommenen CO ist vom Atemvolumen abhängig und das letztere von der Körperoberfläche, während die Blutmenge vom Körpergewicht abhängig ist. Da nun letzteres für Körper von sonst gleicher Gestalt mit zunehmender Kleinheit im Verhältnis sinkt, die Körperoberfläche aber verhältnismässig grösser wird, nehmen kleine Tiere relativ mehr CO auf, als grosse, Kinder mehr als Erwachsene. Mäuse und Kanarienvogel beginnen z. B. zu taumeln, wenn ein erwachsener Mann noch 20 Minuten Zeit hat, sich zu retten. Diese Tatsache hat dazu geführt, Kanarienvogel als lebendigen Detektor für CO zu verwenden.

Da die Pflanze kein Hämoglobin besitzt, wird von älteren Autoren das CO für Pflanzen als ungiftig angesprochen. Es werden indes Vergiftungserscheinungen beobachtet, welche, in Analogie zu gewissen Wirkungen auf den Menschen, nicht allein durch CO-Hämoglobin erklärbar sind. Tatsächlich verursachen ganz grosse CO-Konzentrationen gewisse Wachstumsstörungen und bei Konzentrationen von 0,5–5% konnten gewisse Hemmungen auf Keimungsvorgänge konstatiert werden. Im allgemeinen erhält man aber den Eindruck, dass das Kohlenoxyd gegenüber den Pflanzen wenig schädlich wirkt.

Gastoxikologisch ist das CO berüchtigt. Frühzeitig geschlossene Ofenklappen und lange Eisenbahntunnels, wie z. B. der Ricken vor der Elektrifizierung, verschuldeten manchen Todesfall.

Im Berner Leuchtgas ist etwa 10% CO enthalten. Zur Zeit, als man noch Gasbeleuchtung hatte, bildete die Haltung von Zimmerpflanzen oft ein Problem. Sie wurden, um chronische Schäden zu verhindern, abends, wenn Licht gemacht wurde, aus den Zimmern getragen. Dabei war umstritten, ob mehr das Gas oder dessen Verbrennungsprodukte verantwortlich waren. Ohne Zweifel aber ist es nicht das für Menschen das Leuchtgas so giftig machende CO. Heute betrachtet man das *Aethylen* und kleine Mengen anderer Verbindungen im Leuchtgas als die Hauptträger der Giftwirkung auf Pflanzen. Im Luftschutz nimmt das Leuchtgas einen gewissen Raum ein, weil es durch Ausströmen aus Rohrbrüchen eine Gefahr bilden kann.

Pflanzenschäden in freier Luft durch Leuchtgas sind nicht bekannt, wohl aber durch Ausströmen aus undichten Gasleitungen im Boden. Die Wurzeln werden vergiftet. Man bemerkt bläuliche

«cyanotische» Verfärbungen. Das Plasma wird geschädigt, wodurch der Wurzeldruck sinkt. Der Säftestrom vermag die Baumwipfel nicht mehr zu erreichen und die Bäume gehen zugrunde. Chlorophyllfreie Pflanzen sind empfindlicher auf Leuchtgas als grüne; so werden z. B. Nelken schon durch geringe Leuchtgaskonzentrationen in Schlafstellung versetzt. Im Winter, wenn die Saftzirkulation in den Bäumen sistiert ist, werden auch keine Leuchtgasschäden beobachtet.

Explosionsgase nennt man die Gasentwicklungen, welche bei der Detonation von Sprengstoffen und beim Abbrennen von Schwel- und Brandsätzen entstehen. Sie bestehen bei den artilleristischen Explosivstoffen aus CO₂, CO, nitrosen Gasen, hauptsächlich NO₂, Cyan- und Cyanwasserstoff. Ein Kilo Sprengstoff vom Typ des rauchlosen Pulvers entwickelt zirka 800 l CO. Von den modernen Sprengstoffen enthält nur das Nitroglycerin genügend Sauerstoff im Molekül, dass die übrigen Elemente vollständig oxydiert werden können, daher die Bildung unvollständig oxydierter Explosionsgase bei andern Explosivstoffen, wie z. B. das CO. Beim Trinitrotoluol (Trotyl oder Reintri) ist das Verhältnis sogar so ungünstig, dass es nicht einmal zur Oxydation des Kohlenstoffs bis zum CO langt, sondern dass derselbe als Russ abgeschieden wird. Trotylgranaten und Schrapnelle explodieren daher immer mit einer schwarzen Sprengwolke. Diese Explosions-CO-Entwicklung ist sehr gefürchtet im Minenkrieg, in Kasematten, Unterständen und Panzertürmen, sowohl vom einschlagenden Geschosse als auch von der eigenen Feuerkraft herrührend. In Kohlenbergwerken kann das Kohlenoxyd bei Kohlenstaubexplosionen und dergleichen entstehen. Vor dem Weltkrieg forderte das Grubenunglück von Courrières in Frankreich 1200 Tote.

Die nitrosen Gase wirken auf den Menschen mit einer Latenzzeit von mehreren Stunden, je nach ihrer Zusammensetzung. Zur Reizgaswirkung auf die Lungen gesellt sich die Nitritwirkung und Methämoglobinbildung. Die Latenz ist auch für Pflanzen eine ausgesprochene Erscheinung. Schädigungen der Vegetation durch Nitrosegase wurden in der Umgebung von Sprengstoff-Fabriken, Zelluloidwerken und andern Nitrieranlagen für Konzentrationen ab 50 mg/m³ beobachtet. Erbsenpflanzen verdorrten noch nach mehreren Tagen, obschon sie äusserlich während dieser Zeit unbeschädigt erschienen.

Nach einem pharmakologischen Prinzip, das von Prof. Bürgi in Bern erstmals formuliert und klar ausgesprochen wurde, zeigen zwei Medikamente oder Giftstoffe, welche miteinander gemischt administriert werden, unter Umständen eine Wirkung, welche grösser ist als diejenige, die sich durch einfache Addition der Wirkungen der einzelnen Komponenten ergeben würde. Dieses **Potenzierungsprinzip** hat auch für gewisse Gasmischun-

gen Geltung. Dadurch werden die schweren Vergiftungen verständlich, welche eintreten, wenn Projektile in geschlossenen Räumen explodieren. Es ist daher bekannt, dass z. B. auf Kriegsschiffen solche Gasverluste viel grösser sind als diejenigen durch Brisanzwirkung.

Interessant ist nun, dass gewisse Beobachtungen an Pflanzen aus dem Weltkrieg ebenfalls nur durch dieses Potenzierungsprinzip eine plausible Erklärung finden können. Bei St. Mihiel wurden Schäden an Fichten in den Baumwipfeln festgestellt. Da wo der Bestand dicht war, zeigten sich in geringerem Masse rot verfärbte Nadeln; an lichterem Stellen zeigten sich diese Verfärbungen in grösserem Ausmasse. Die Bäume selbst scheinen intakt geblieben zu sein, der Beschuss also nicht mechanisch zerstörend gewirkt zu haben. In diesem Fall sind die Schäden nur durch die Explosionsgase der Schrapnelle zu erklären. Da diese Sprengwolken nun nicht so grosse Gasmengen entwickeln und die Einwirkungszeit nur sehr kurz anzunehmen ist, kommt als Erklärung der Beobachtungen nur Potenzwirkung in Frage.

Auch die katastrophalen Folgen von Unglücksfällen, wo Explosionsgase zur Wirkung kamen, sind sicher teilweise auf Potenzwirkung zurückzuführen. So kamen beim Röntgenfilmbrand des Spitals von Cleveland (USA) im Jahre 1929 126 Personen infolge Gasvergiftung um. Bei den Vergiftungen von Menschen durch Explosionsgase muss in erster Linie an die Potenzwirkung von CO und NO₂ gedacht werden. Die Explosionsgaswirkung hat aber auch eine verhängnisvolle völkerrechtliche Bedeutung. Immer wieder wurde nämlich in Kriegen die Behauptung aufgestellt, der Gegner verwende die international verbotenen Giftgase, was dann prompt dementiert wurde. Es wird in gewissen Fällen immer schwer möglich sein, zu beweisen, ob absichtlich eingesetztes Giftgas oder nur Explosionsgase in Betracht zu ziehen sind. So könnte es leicht geschehen, dass Kampfgaseinsatz als Vergeltungsmassnahme für vermeintliche chemische Angriffe zur Verwendung käme. Die meisten Staaten haben sich nämlich bei den internationalen Vereinbarungen über die Nichtanwendung von chemischen Kampfstoffen im Kriegsfall volle Handlungsfreiheit vorbehalten, wenn feststeht, dass ein Angreifer Gas verwendet.

Das **Quecksilber** und seine Verbindungen sind als flüchtig und sehr giftig bekannt. Die Engländer brauchten Sublimat zur Füllung eines Typs von Giftrauchminen, zusammen mit andern giftigen Metallverbindungen. Die Quecksilberderivate wirken in erster Linie zufolge ihrer Lipoidlöslichkeit als Zellgift und erst sekundär durch Ionen- und Metallwirkung. Auf höhere Pflanzen wirken sie weniger giftig als auf niedere Organismen, daher die Anwendung von Quecksilberverbindungen zu *Saatgutbeizen*. Eine solche ist z. B. das Quecksilberacetamid (CH₃CONH)₂ Hg. Ein bei uns verbreitetes derartiges Präparat heisst Ceretan.

Die **Fluorverbindungen** hatten bis jetzt keine Bedeutung als chemische Kampfstoffe. Es könnte aber anders werden, wenn sich Substanzen wie das Stickstofftrioxyfluorid NO₃F bewähren sollten. Diese Substanz sei ausserordentlich aggressiv, indessen den Nachteil besitzend, explosiv zu sein. Sie wird in der Literatur der eventuellen Zukunftskampfstoffe als *Todeswind* erwähnt.

Rauchfluorschäden sind bekannt aus der Umgebung von Porzellanfabriken und Emaillieranstalten; in der Schweiz aus Chippis im Wallis, wo Abgase mit einem Gehalt an Siliziumtetrafluorid und Fluorwasserstoffverbindungen Schäden an Pflanzungen verursachten. In erster Linie betraf es Störungen des Wasserhaushaltes und des Chlorophyllapparates.

Im Jahre 1930 standen in den Zeitungen alarmierende Berichte über mysteriöse Massenvergiftungen im belgischen Teil des Maastales, welche teilweise tödlich verliefen. Vollständig wurde diese ganz einzig dastehende Katastrophe nie aufgeklärt. Die Gastoxikologen nehmen heute an, es habe sich um einen Fall von selten vorkommendem Zusammentreffen der verschiedensten optimalen Faktoren gehandelt, um so schwere Wirkungen zur Folge zu haben. Ein leichter, natürlicher Nebel begünstigte die Akkumulierung von potenzierend wirkenden Rauchgasen verschiedener industrieller Betriebe, welche PH₃, AsH₃, SO₂ und vor allem auch flüchtige Fluorverbindungen in die Luft entliessen.

Das **Kohlendioxyd** kann gasschutztechnisch nicht übergangen werden. Immer wieder kommen tödliche Unfälle durch CO₂ vor. Da der Boden viel CO₂ enthält, kommt es bei Brunnengrabungen und in Schächten leicht zu CO₂-Ausströmungen. Das Tal des Todes in Indien und die Hundsgrotte bei Neapel verdanken ihre verhängnisvolle Berühmtheit ausströmenden, CO₂-haltigen Naturgasen. Ein grosser Kohlensäureausbruch, wobei 150 Personen den Tod fanden, ereignete sich 1930 in der schlesischen Ortschaft Neurode.

Verhängnisvoll und im Zusammenhang mit unserem Thema stehend war ein Fall von tödlicher CO₂-Vergiftung in einem Orangen transportschiff, in dessen vollen Laderaum sich ein blinder Passagier eingeschlichen hatte. Die Atmungskohlensäure der Früchte reicherte sich dermassen an, dass der Mann erstickte.

Im Luftschutz wird ein genügender Sauerstoffgehalt der Luft mit einer brennenden Kerze festgestellt, welche bei 10–15 % Sauerstoff erlischt. Bei dieser Konzentration Sauerstoff kann aber der Mensch noch notdürftig atmen. Kohlensäureanreicherungen in überfüllten Schutzräumen wirken übrigens meist weniger durch Sauerstoffverarmung, deren Bedeutung überschätzt wird, als durch die Anreicherung an Kohlendioxyd selber. Der Partialdruck des Kohlendioxyds bewirkt bei Anreicherung auf einen Gehalt von 4–6 % bereits Atemnot, eventuell verbunden mit Ohnmacht.

Wo Kohlendioxyd durch Absperrung des Sauerstoffs wirkt, nützt die Gasmasken nichts.

Yperit und sesshafte Kampfstoffe. Diese Hautgifte sind ölige Flüssigkeiten und wirken sowohl als Dampf, als Schwaden und als Bodenverseuchungen auf alle Organe des Menschen. Die Vergiftungen äussern sich in verbrennungsähnlichen Hautschäden, Augenentzündungen und Krankheiten der Luftwege, wobei Sekundärinfektionen sehr häufig sind.

Auf die Pflanzen wirken sie mit einer Latenz von einigen Stunden bis Tagen, wie die Reizgase. Eine durch Richters mit Yperit verseuchte Pelargonie verdorrte erst nach fünf Tagen.

Der Verfasser demonstrierte Verseuchungen mit Yperit und Lewisit an zarten und lederigen Blättern, an solchen mit Behaarung, Wachsüberzug und glatter Epidermis. Es zeigte sich deutlich eine Analogie zu den als Pathobiose des tierischen Gewebes bezeichneten nekrotischen Erscheinungen. Die Blätter wurden alle innert einiger Stunden vom Kampfstoff mehr oder weniger rasch durchschlagen, unter schweren Zerstörungserscheinungen.

Richters beschreibt in seinem hervorragenden Buche Verseuchungen von Futtermitteln, Vorräten, Nahrungsmitteln und Früchten.

Die Nachprüfung an Äpfeln, Bananen, Kartoffeln und Zwiebeln zwecks Demonstration durch den Verfasser, bestätigte die Angaben Richters. Es zeigte sich von Vorteil, die Kampfstoffe mit Sudan zu färben, um ihr Eindringen in gewissen Fällen besser verfolgen zu können. Indessen lassen alle diese Beobachtungen keine wesentlichen praktischen Schlussfolgerungen ziehen. Dass z. B. bespelzte Zerealien durch die Spelzen etwas geschützt sind, nützt praktisch wenig, wenn sie konsumiert werden sollen. Nur eine Methode der Entgiftung wäre hier als Resultat der Beobachtung von realem Interesse.

Das **Problem der Entgiftung** erscheint überhaupt noch nicht gelöst. Es fehlen kontrollierbare experimentelle Unterlagen in der Literatur.*) Das gilt insbesondere auch für Produkte des Landbaus: Lebens- und Futtermittel, sofern sie mit flüssigem Kampfstoff oder mit Kampfstoffschwaden in Berührung gekommen sind. Erkenntnisse, die praktisch auswertbar sind, können da nur in einem abgelegenen Versuchsgarten gezeitigt werden. Ebenso über die Möglichkeiten der Selbstentgiftung von Feld und Weide, stehenden Bodenfrüchten und deren eventuelle Unterstützung durch künstliche Massnahmen. Der Yperit löst sich zu 1 ‰ im Wasser und in dieser Lösung tritt sofort Hydrolyse ein, welche in 30—40 Minuten zu Ende gehen soll, was aber praktisch nicht ganz der Fall ist. Auf dem Wasser kann sich eine Oelhaut bilden. Es ist auch wenig über die Lösungsgeschwindigkeit bekannt.

*) Teilweise überholt. Vgl. z. B. «Protar», 4. Jahrg., Nr. 7 und 8, Arbeiten von J. Thomann und A. Schraft. — Der Verf.

Tatsache ist, dass Yperit wochenlang unter Wasser liegen kann, ohne in Lösung zu gehen.

Im Instruktorienkollegium für den chemischen Dienst der Luftschutzorganisation der Stadt Bern wurden schon einige bemerkenswerte Erkenntnisse erreicht. Ein Laboratorium mit Versuchsgarten an abgelegener Stelle ist aber unbedingt erforderlich, um dieselben weiterzuführen. Im Interesse der Landesverteidigung erscheint es nicht opportun, die Methodik und die Ergebnisse gewisser Beobachtungen zu publizieren. Ebenso wichtig ist es aber, dass die Behörden solche Arbeiten ermöglichen und dass die gewonnenen Resultate zu nützlicher Auswertung und praktischer Anwendung gelangen.

Zum Schlusse sei noch die Frage gestreift, inwiefern **Pflanzen oder deren Organe selbst als Kampfstoff** Verwendung finden könnten. Dass gewisse Pflanzen sehr aggressive Eigenschaften haben, ist bekannt. Sicher werden dieselben aber vielfach überschätzt. Immerhin sollen tropische Nesseln, wie z. B. gewisse Laportearten ausserordentlich gefährlich sein. Bekannt sind auch die giftigen Hautwirkungen des Milchsaftes von Euphorbiaceen. Der Baum, unter dem «die Afrikanerin» in Meyerbeers Oper den Tod findet, könnte eine Manzanilla sein. Das Ganze ist sicher Phantasie. In Mexiko soll ein Baum stehen, dessen Berührung verderblich sei. Konkreter ist schon die Anwendung von Pfeffer durch Gauner jeder Sorte, den sie ihren Opfern ins Gesicht werfen, um sie wehrlos zu machen. Diese kriminalistische Tatsache wird auch der Grund sein, dass im Jahre 1914 Telegramme aus Batavia geglaubt wurden, wonach die Russen eine ganze Pfefferernte zu Kampfstoffzwecken aufgekauft hätten.

Ernster erscheinen Publikationen über das *Capsaicin*, das Alkaloid aus dem spanischen Pfeffer, welches doppelte Reizwirkung haben soll als Chloracetophenon. Uebrigens soll das Veratrin, ein ebenso reizendes als giftiges Alkaloidgemisch aus Sabadillasamen, schon im 70er Krieg als Kampfstoff vorgeschlagen worden sein.

Luftschutz für Pflanzen! Mancher Leser wird lachen. Doch ist es nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, dass wertvolle Pflanzen in begrenztem Umfang einen Schutz wünschenswert machen könnten. In Gewächshäusern und dergleichen sind sie natürlich ohne weiteres genügend geschützt, sofern diese nicht zerstört werden.

Es wäre aber auch daran zu denken, das Prinzip der Gasschleuse auf die Pflanzen anzuwenden oder die Ungezieferbegasung quasi umzukehren, d. h. Bäume und dergleichen durch doppelte Zelte oder Tücher zu isolieren.

Eine weitere Massnahme, z. B. für die Sicherung des Weidgangs für Vieh oder eventuell von gewissen Pflanzungen, könnte eventuell die Unterwassersersetzung nach dem Prinzip der Wassermatten

sein. Die Nachprüfung solcher Vorkehren wäre dem Experiment ohne weiteres zugänglich.

*

Ein Pflanzenfreund, der sich veranlasst sieht, sich mit dem Problem der chemischen Kampfstoffe und des Gaskrieges zu befassen, muss sich verwundern, wie wenig in der allgemeinen bezüglichen Literatur über die **Wirkung der chemischen Kampfstoffe auf die Pflanzen** und über die **Beziehungen**, die sich an dieses Thema knüpfen lassen, zu finden ist. Wenn er, dadurch angeregt, der Sache dann weiter nachgeht, wird er erstaunt sein über die Fülle von einschlägigen Publikationen. Sie beschlagen fast alle realen Wissensgebiete und sind so mannigfaltig, dass wenn das Bemerkenswerteste auch nur gestreift wird, man um eine umfangreichere Arbeit nicht herum kommt. Trotzdem soll der vorliegende Versuch, das Thema «chemische Kampfstoffe und Pflanze» darzustellen, nicht als streng wissenschaftliche Publikation bewertet werden. Dem Verfasser ist es darum zu tun, auf ein Problem aufmerksam zu machen, welches sich verlohnen würde, von qualifizierteren Wissenschaftlern gründlich bearbeitet zu werden.

VIII. Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann die Wirkung der chemischen Kampfstoffe auf die Pflanzen wie folgt resümiert werden:

Die Pflanzen sind gegen akute Giftgasschäden höherer Konzentrationen unempfindlicher als Menschen und Tiere. Aeusserlich zeigen sich die Schäden in Welkungserscheinungen, Verfärbungen, Schwärzungen und Blattfall. Die Schäden führen aber nur ausnahmsweise zum gänzlichen Absterben.

Die Reizgase wirken vornehmlich auf den tätigen Chlorophyllapparat.

Die chemisch aktiven Stickgase wirken in erster Linie auf die Atmung.

Das Leuchtgas und andere Gase, wie das Aethylen, beeinflussen gewisse Pflanzenbewegungen.

Bei allen Gasvergiftungen an Pflanzen zeigen sich Störungen im Wasserhaushalt, die sich im allgemeinen durch Plasmolyse manifestieren.

*

Weiter begegnet man Erscheinungen, die man als Fabrikation von Kampfstoffen durch die Pflanze bezeichnen könnte und solchen, bei denen ein Kampfstoff die Energiequelle für die Pflanze bildet.

Es finden sich wichtige pharmakologische Gesetzmässigkeiten auch für die Pflanzen geltend bestätigt.

Man begegnet Fällen tödlich wirkender Lebensäusserungen durch Pflanzen und sieht, wie sie selber aggressive Eigenschaften besitzen.

Pflanzliche Substanz dient aber auch dem Schutz vor Kampfgasen und bildet die Hauptelemente der Gasmaske.

Es lassen sich wertvolle Analogien zwischen der Wirkung chemischer Kampfstoffe auf den tierischen und pflanzlichen Organismus ziehen. Dieselben könnten unter Umständen dazu führen, den Mechanismus dieser Wirkung der Aufklärung näher zu bringen. Das umso mehr, als die Pflanze naturgemäss der Beobachtung viel besser zugänglich ist als das Tier oder der lebende Mensch. Solchen Vergleichen sind aber bestimmte Grenzen gezogen, in erster Linie aus Gründen, auf die mich Prof. Schopfer freundlicherweise aufmerksam machte. Der Tod lässt sich nämlich bei der Pflanze zeitlich überhaupt nicht feststellen. Aus diesem Grunde kann man die Bedeutung der Schwellenwerte, wie sie die UZ. und TZ. darstellen, nur mit Vorbehalt in die Wirkung der Kampfgase auf Pflanzen hineinprojizieren. Die Festlegung tödlicher Dosen für Pflanzen erscheint vollends unmöglich. Solange durch irgendeinen Umstand noch gesundes Gewebe in einer Pflanze der Vernichtung entgeht, kann es wieder meristematisch werden und zur intakten Pflanze auswachsen.

Andererseits wurde die Geltung der Formel $W = c \cdot t$ auch für die Pflanzen genügend erwiesen.

Zum Schlusse sei noch hervorgehoben, dass das Arbeiten mit chemischen Kampfstoffen zur Anwendung von Methoden veranlasst, die in den reinen Wissenschaften nicht in gleicher Weise gebräuchlich sind. Das kann zu nützlichen Beobachtungen und Vorgehen führen, wie z. B. der Nachweis der Blausäure in Blättern mit der Plattenmethode zeigt. Diese Methoden liegen oft abseits von den in der Forschung begangenen Wegen und können daher zu ebenso interessanten wie überraschenden Ergebnissen führen.

Quellenhinweise.

Chemische und militärische Bücher sowie allgemeine Luftschutzliteratur sind nicht zitiert.

Bertrand Gabriel, Cptes. rend. de l'Ac. d. sc., tome 170, 1920.

Blumer S., Dr., Bern, P.-D. für Pflanzenkrankheiten an der Universität Bern.

Bürgi Emil, Prof. Dr., Dir. des pharmakolog. Inst. der Universität Bern.

Büscher, Dr. med., «Grünkreuz-Gelbkreuz» und «Giftgas und wir».

Chem. Ztg. 1936 und biochem. Journal 1935.

Flury und Zangger, Lehrbuch der Toxikologie, Berlin 1928.

Flury und Zernik, Schädliche Gase, Berlin 1931.

Gassner G. und W., Frühtreiben mit Cyanogas.

Gordonoff T., Dr. med., P.-D. für Pharmak. an der Universität Bern.

Grogg Otto, Dr., Bern, Ueber das Vorkom. von Alkal. in der Nährschicht der Samenschalen. Diss. Bern 1922.

Guérin und Lormand, Cptes. rend. Ac. sc., tome 170, 1920.

Hasselhoff-Bredemann-Hasselhoff, Entstehung, Erkennung und Beurteilung von Rauchschäden. Bornträger, Berlin 1932.

Hasselhoff und Lindau, Dr., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin 1903.

Hofmann W., Prof. Dr., Dir. der vet. amb. Klinik der Universität Bern.

- Instruktorenkollegium der Luftschutzorganisation Bern:*
Dr. Beck, E. A. Ledermann, Dr. Grogg, alle Bern.
- Kintoff*, Schulversuche zur Chemie der Kampfstoffe, Berlin 1935.
- Lepeschin W.*, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, Berlin 1925.
- Meyer Jul.*, Prof. Dr., Der Gaskampf und die chem. Kampfstoffe. Hirzel, Leipzig 1938.
- Muntsch*, Dr. med., Leitfaden der Pathol. und Therap. der Kampfgaserkrankungen, Leipzig 1935.
- Richters*, Dr. med. vet., Die Tiere im chem. Kriege, Berlin 1937.
- Roner K.*, Die Pflanzenwelt der Umgebung von St. Mihiel. Mitt. bayr. bot. Ges. München 1915.
- Rosenthaler L.*, Prof. Dr., Schw. Apotheker-Ztg. 1920. Nr. 11.
- Seeländer K.*, Wirkung von CO auf Pflanzen. Beihefte zum bot. Zentralbl. 1908.
- Schopfer H. W.*, Prof. Dr., Dir. des bot. Inst. der Universität Bern.
- Schröder Hans*, Erlebter Krieg. Francke A.-G., Bern, 2. Aufl.
- Seiler K.*, Dr. phil., Beiträge zur Blausäurefrage. Diss. Bern 1923.
- Tschirch A.*, Prof. Dr., Handb. der Pharmakognosie. Bd. 3, Leipzig 1923.
- Winkler und Jander*, Schwebestoffe in Gasen. Erlangen 1934. Sammlg. chem.-techn. Vorträge. Ed. Pummerer.

Brandversuche Von Dr. L. Bendel

Brandschutz ist Selbstschutz.

Dem Brandschutz wird im passiven Luftschutz nach wie vor grosse Bedeutung zugemessen, trotzdem auf dem spanischen Kriegsschauplatz die Verheerungen durch Brandbomben nicht die Ausmassen annahmen, wie vermutet wurde. Es ist der Mühe wert, sich über die Resultate der neuen systematischen Brandversuche Rechenschaft zu geben. So wurde z. B. in Wien unter Leitung von Dr. O. Drögsler, dem Obmann des Unterausschusses «Holz und Feuer», ein interessantes Brandobjekt (Satteldachstuhl), aus 300 Jahre altem Holz hergestellt. Den Dachstuhl unterteilte man in zwei gleich grosse Räume von je 6 m Länge und 4 m Breite. Im Raume A wurden alle Holzteile natürlich belassen, während im Raume B sämtliche freisichtbaren Holzteile in dreimaligem Spritzverfahren mit dem Flammenschutzmittel Intravan der I. G. Farben imprägniert wurden. 150–200 g Trockenpulver wurden pro Quadratmeter Oberfläche verwendet. Das Holz wog durchschnittlich 500 kg pro Kubikmeter und hatte eine Feuchtigkeit von rund 11,5–12,5 %.

In den beiden Räumen A und B wurden Elektron-Thermitbrandsätze entzündet. Die Branddauer dieser Brandsätze erreichte 5–8 Minuten; ihre Temperatur stieg auf 1750 °C. Die Raumtemperaturen stiegen im Raume A auf 200°, im Raume B auf 120 °C, das heisst die Temperaturen blieben in mässigen Grenzen. Das Ausmass der vom Feuer ergriffenen Holzoberflächen war besonders im Raume B sehr gering; nur unmittelbar unter den Brandsätzen zeigte sich eine etwas tiefere Verkohlungsung.

Die Brandversuche wurden mit schweren Elektron-Thermitbrandsätzen wiederholt, wobei

deren Temperaturen bis auf 2200 °C stiegen. Der grösseren Masse entsprechend, war ihre Wirkung kräftiger. Doch konnten im imprägnierten Raum B die Brandherde mit einfachen Mitteln völlig gelöscht werden, während im Raum A ein öfteres Aufleben des Feuers zu beobachten war.

Bei den weiteren Versuchen wurden, wie seinerzeit bei den Brandversuchen auf der Zürcher Allmend (vgl. Bericht in der «Protar», 3. Jahrgang, Nr. 12, S. 217, Oktober 1937: «Brandversuche an Holzbauten»), leicht entflammbare Gegenstände in den Dachraum gebracht und die Wirkung des Feuers auf den Dachstuhl beobachtet.

Es zeigte sich, dass im Raume A grosse Flächen der Dachlattung sowie wichtige, tragende Teile zerstört und zum Einsturz gebracht worden waren, während im Raum B mit den imprägnierten Holzflächen die Flammen an letzteren zum grössten Teil selbst erloschen. Nur an den Lagerflächen des sich kreuzenden Holzes und an Holzverbindungen fasste das Feuer guten Nährboden. Infolge der Verkohlungsung erlitten diese Stellen teilweise eine Schwächung. Das Feuer konnte aber trotzdem innert weniger Minuten mit einfachen Mitteln gelöscht werden, sodass kein Nachglimmen und keine Wiederentzündung entstanden. Der Dachstuhl B behielt seine ungeschwächte Tragfähigkeit und konnte mit geringen Kosten wieder instand gestellt werden. Das Bodenpflaster über den Mansardenzimmern verhinderte ein Durchbrennen der Brandherde vollständig.

Aus diesen gründlich und sorgfältig durchgeführten Versuchen geht hervor, dass durch sachgemässe Imprägnierung des Holzes ein Brand verzögert, ein Uebergreifen auf benachbarte Gebäude vermieden und unter Umständen ein Feuerherd sogar verhindert werden kann.