Zeitschrift: Protar

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

Band: 7 (1940-1941)

Heft: 6

Artikel: Ueber Atemfilter

Autor: Mohler, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-362793

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: 23.08.2025

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

trêmement restreintes par rapport à la violence des attaques: 640 morts et 538 personnes blessées grièvement. En publiant chaque semaine le nombre des victimes, le gouvernement finlandais insistait sur l'efficacité des mesures de protection, à condition, bien entendu, qu'elles soient appliquées scrupuleusement.

La guerre italo-grecque confirme les expériences faites en Finlande.

En Angleterre, surtout dans les villes à population très dense, les pertes sont considérables. Selon une déclaration du chef du gouvernement anglais, elles s'élevaient, au 5 novembre 1940, à 14'000 civils tués et 20'000 blessés grièvement (dont les 4/5 à Londres!), tandis que les pertes de l'armée ne comprenaient que 300 morts et autant de blessés. C'est pourquoi les Anglais disaient: Si tu veux être en sûreté, va à l'armée.

V. Conclusion.

Elle s'impose d'elle-même: Il faut tirer parti des dures expériences faites à l'étranger, passer partout des paroles aux actes, et faire dès maintenant tout ce qui est en notre pouvoir pour assurer notre défense aérienne. C'est un devoir national, ce n'est pas de la lâcheté; l'exemple du peuple finlandais, dont le courage ne saurait être mis en doute, prouve l'efficacité d'une défense aérienne consciencieusement préparée. Au moment critique, les plus beaux plans ne servent à rien; seules, les mesures déjà réalisées comptent alors.

A nous d'agir, et sans plus tarder! *R.*

Ueber Atemfilter

Von P.-D. Dr. H. Mohler, Chemisches Laboratorium der Stadt Zürich

Die Aufgabe des Atemfilters besteht bekanntlich in der Entfernung von giftigen Substanzen aus der Atemluft, die als Gas, Dampf, Nebel, Staub oder Rauch vorhanden sein können.

Gas und Dampf unterscheiden sich praktisch dadurch, dass letzterer unter normalen Bedingungen (Zimmertemperatur und Atmosphärendruck) in den flüssigen Zustand zurückkehrt, während das Gas sich unter solchen Verhältnissen nicht verflüssigen lässt. Ob wir praktisch von Gas oder Dampf sprechen, hängt infolgedessen vom Siedepunkt der Substanz ab.

Die Siedepunkte einiger hier interessierender Molekülarten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

	Siedepunkt unter gewöhnlichem Druck
Stickstoff	—195,8°
Kohlenoxyd	—191,5°
Sauerstoff	—183,0°
Kohlensäure	— 78,5°*)
Chlor	— 33,9°
Phosgen	+ 8,2°
Wasser	100,0°
Chlorpikrin	112°
Yperit	217,5°

*) Sublimationspunkt.

Bei Stickstoff, Kohlenoxyd, Sauerstoff, Kohlensäure und Chlor spricht man von Gasen; Phosgen liegt an der Grenze Gas/Dampf, während man Wasser, Chlorpikrin und Yperit eindeutig als Dämpfe betrachtet, wenn sie verflüchtigt sind.

Nebel und Staub werden als «Aerosole» bezeichnet, denen gemeinsam ist, dass in einem Gas als Dispersionsmittel (Luft) flüssige oder feste Stoffe in kolloidaler Verteilung auftreten. Ist der dispergierte Stoff flüssig, so spricht man von Nebeln, ist er fest, von Stauben.

Allgemein wird der kolloidale Zustand eines Systems durch einen bestimmten Zerteilungsgrad des dispergierten Stoffes definiert. Systeme mit einem flüssigen Dispersionsmittel (Hydrosole) nennt man kolloid, wenn die Teilchen einen Durchmesser von etwa 1—500 $m\mu$ aufweisen; bei Aerosolen ist er um eine Zehnerpotenz höher. Nur bei Konzentrationen unter 1 mg/m³ (z. B. Clark I) treten Teilchen mit der bei Hydrosolen üblichen Grösse auf.[1])

Die wesentlichste Eigenschaft der Aerosole ist die sofort nach ihrer Bildung eintretende und kontinuierlich verlaufende Koagulation. Der Koagulationsverlauf einer grossen Reihe von Aerosolen folgt dem Gesetz: [2])

$$\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} = K(t_2 - t_1).$$

n_1 und n_2 sind die im Kubikzentimeter zu den Zeiten t_1 und t_2 vorhandenen Teilchen, K ist die Koagulationskonstante. Ihr Wert ist abhängig von der mittleren Teilchengrösse (feinteilige Aerosole koagulieren rascher als grobteilige), vom Teilchengrössenbereich und der Verteilung innerhalb desselben (anisodisperse Systeme koagulieren schneller als isodisperse) und schliesslich von der Form der Teilchen und der von ihnen gebildeten Aggregate.

Rauch umfasst Aerokolloide des flüssigen und festen Aggregatzustandes und kann ferner giftige Substanzen im Dispersionsmittel als Gas oder Dampf enthalten. Im Rauch finden sich daher Gifte als Gas, Dampf, Nebel und Staub. Ueber die Teilchengrösse gibt Tabelle 2 Aufschluss.

Tabelle 2.

	Durchmesser des Teilchens
Gase, Dämpfe	unter $1 \cdot 10^{-7}$ cm
Nebel	zwischen $1 \cdot 10^{-7}$ und $1 \cdot 10^{-4}$ cm
Staub	über $1 \cdot 10^{-4}$ cm

[1]) *A. Winkel* und *G. Jander*, Schwebestoffe in Gasen, Stuttgart (1934).

[2]) *Whytlaw-Gray*, Z. angew. Ch. *49* (1936), 693.

Filterwirkung.

Gase, Dämpfe, Nebel, Staub und Rauch werden durch Filter zurückgehalten. Bei deren Wirkung müssen wir die rein mechanische Siebwirkung von sogenannten Adsorptionskräften unterscheiden.

Gas- und Dampfmoleküle führen nach der kinetischen Gastheorie eine schnelle Bewegung durch, die bei Nebelpartikelchen infolge ihrer grösseren Masse wesentlich weniger ausgeprägt und vor allem langsamer ist. Ein einzelnes Staubteilchen dagegen bewegt sich in der Luft vorwiegend unter dem Einfluss des Windes und der Anziehungskraft der Erde (Abb. 1).

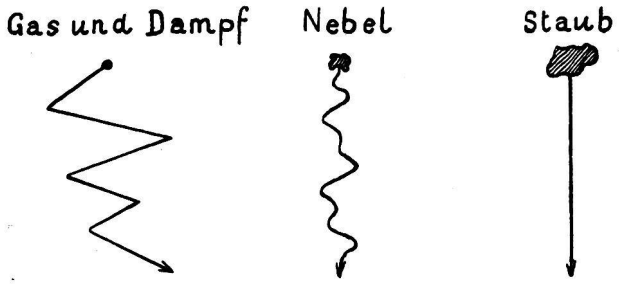

Abb. 1.
Bewegungen verschiedener Partikelchen.

Die Siebwirkung ist ohne weiteres verständlich; sie erfordert eine Porenweite, die kleiner ist als der Durchmesser des Staubteilchens. Bezüglich der Adsorption können *Keesom*'sche Polarisationskräfte (Wechselwirkung zwischen leicht polarisierbaren, aber an sich symmetrischen Molekülen), *Debye*'sche Orientierungskräfte (Kräfte zwischen Dipolen und Quadrupolen) und schliesslich quantenmechanische Resonanzkräfte im Sinne von *London* (Wechselwirkung zwischen virtuellen Oszillatoren) unterschieden werden. Bei den ersten beiden Kräften überwiegen elektrostatische Wechselwirkungen, die letzteren werden zur Erklärung der Tatsache herangezogen, dass unpolare Adsorbentien (Edelgase, Kohlenwasserstoffe oder sonstige inerte Gase) von Kohle, die selbst ebenfalls unpolar ist, festgehalten werden.[3])

Gas- und Dampffilter.

Gase und Dämpfe werden mit Ausnahme des Kohlenoxyds von Aktivkohle zurückgehalten, die durch eine sehr grosse innere Oberfläche (300 bis 1000 m^2/g) ausgezeichnet ist. Normalerweise ist diese Oberfläche von einer im wesentlichen aus Sauerstoff und Stickstoff bestehenden Luftschicht umgeben. Wenn nun ein anderes Gas an die Stelle der Luft treten soll, so muss es letztere von der Kohlenoberfläche verdrängen, was nur möglich ist, wenn der Siedepunkt höher liegt als der des Sauerstoffs oder des Stickstoffs, und diese einfache Annahme gibt die naheliegende Erklärung für die Tatsache, dass Kohlenoxyd von Aktivkohle nicht adsorbiert wird. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, liegt der Siedepunkt dieses Gases, der seinerseits abhängt vom Aufbau des Moleküls (und letzterer bedingt die Natur der oben erwähnten Adsorptionskräfte), zwischen dem des Stickstoffs und des Sauerstoffs. Kohlenoxyd kann daher die Luft nicht von der Kohlenoberfläche verdrängen. Kohlendioxyd dagegen, Phosgen, Chlorpikrin, Yperit usw. sieden höher als Stickstoff und Sauerstoff, verdrängen infolgedessen die Luft von der Kohlenoberfläche und nehmen deren Platz ein. Selbstverständlich besteht wegen der verschiedenartigen Natur der Adsorptionskräfte keine direkte Proportionalität zwischen Adsorptionsvermögen und Siedepunkt. Für die praktischen Verhältnisse reicht jedoch die angeführte Beziehung zwischen Adsorption und Siedepunkt aus und erklärt, dass beispielsweise das Dräger-Atemfilter Typ 90 (Farbe grau) 8,5 g Phosgen (Siedepunkt 8,2°), jedoch 21,0 g Chlorpikrin (Siedepunkt 112°) aufnimmt.[4])

Die *Filterwirkung* kann in Prozenten des Gewichtes der Aktivkohle angegeben werden. Trokkene Aktivkohle adsorbiert angenähert 20 Gewichtsprozent, d. h. 100 g Aktivkohle nehmen beispielsweise etwa 20 g Chlorpikrin aus der Atemluft auf. Rechnen wir mit einer Kampfstoffkonzentration von 500 mg/m^3, so würde ein Filter mit 100 g Aktivkohle für

$$20'000 : 500 = 40 \text{ m}^3$$

Atemluft von der gegebenen Kampfstoffkonzentration ausreichen. Setzen wir weiter in Rechnung, dass normalerweise 30 l Luft in der Minute eingeatmet werden, so ergibt sich eine Filterleistung von

$$\frac{40 \cdot 1000}{30 \cdot 60} = 22 \text{ Stunden.}$$

Bei einer Kampfstoffkonzentration von 2000 mg/m^3 würde das Filter nur etwa fünf Stunden ausreichen, bei einer Filterfüllung von 500 g und einer Kampfstoffkonzentration von 500 mg/m^3 dagegen rund 110 Stunden. Diese wenigen Beispiele zeigen, dass es unzweckmässig ist, die Filterleistung in festen Werten anzugeben. Sie beleuchten aber andererseits die Wichtigkeit einer genauen Beatmungskontrolle des Filters bei Benützung in einer Giftgasatmosphäre, da es nicht unbegrenzt leistungsfähig ist. Nach erfolgter Sättigung der Filtermasse wird das Filter durchschlagen.

Vom «*Durchbruch*» des Filters spricht man, wenn das Aufnahmevermögen des Filters nicht mehr 100prozentig ist. Praktisch lässt sich dieser Punkt bestimmen durch die Feststellung der Zeit, die beim Durchströmen des Filters mit einem Luftstrom von konstantem Giftstoffgehalt bis zum Nachweis von Giftstoffspuren hinter dem Filter verstreicht. Daraus lässt sich die aufgenommene Giftstoffmenge berechnen.

Die adsorbierte Menge ist jedoch von der Zeit abhängig. Die *Adsorptionsgeschwindigkeit* lässt sich messen, indem man eine bestimmte Menge Kohle mit einem abgeschlossenen Volumen eines Gases zusammenbringt und die Druckabnahme im

[3]) *H. Dohse* und *H. Mark*, Die Adsorption von Gasen und Dämpfen an festen Körpern, Leipzig (1933).

[4]) *G. Stampe*, Z. angew. Ch. 47 (1934), 95.

Gefäss zeitlich verfolgt. Zuerst geht die Gasaufnahme sehr rasch vor sich, wird dann langsamer und nähert sich schliesslich einem Gleichgewichtszustand, weil der unbeladene Kohlekörper rascher adsorbiert als der beladene.[5])

Der Umstand, dass für die Adsorption eines Gases an die Kohle eine bestimmte Zeit erforderlich ist, erklärt das Durchbrechen oder Durchschlagen der Filter bei sehr hohen Gaskonzentrationen. Wie eine einfache Rechnung zeigt, würde die hierbei angesaugte Kampfstoffmenge zur Sättigung des Filters zwar nicht ausreichen.

Die Militärfilter enthalten etwa 500 g Aktivkohle, die angenähert 100 g Kampfstoff adsorbieren könnten. Mit diesem Wert ist die Flüchtigkeit in Beziehung zu bringen. Sie gibt die Gewichtsmenge der Substanz an, die in einem Kubikmeter gesättigten Dampfes bei einer gegebenen Temperatur auftritt und ist nach Tabelle 3 bei den einzelnen Kampfstoffen verschieden.

Tabelle 3.

Flüchtigkeit bei 20°

Clark II	0,17	mg/m³
Yperit	625	»
Perstoff	53'000	»
Chlorpikrin	184'000	»

Bei Phosgen und Chlor ist sie noch viel höher.[6]) Rechnen wir mit einer Flüchtigkeit von 1'000'000, so könnte bei normaler Temperatur 1 m³ Luft rund 1 kg dieses Kampfstoffes aufnehmen und das Filter wäre nach dem Durchströmen von 100 l Kampfstoffluft gesättigt. Da der Mensch normalerweise 30 l Luft in der Minute einatmet, könnte er sich theoretisch immerhin rund 3 Minuten in dieser Atmosphäre aufhalten. Das Filter würde aber bei einer solchen Konzentration vorher, und zwar sofort, durchschlagen, weil die Zeit zur Aufnahme dieser Kampfstoffmenge durch das Filter nicht ausreicht.

Das Filter kann in einer gegebenen Zeit nur eine bestimmte maximale Giftmenge aufnehmen; ist sie grösser, so wird der überschüssige Teil nicht adsorbiert und durchbricht das Filter.

Die Verhältnisse sind in Abb. 2 dargestellt.[5]) Die Kurve lässt erkennen, dass das Filter bis zur Zeit t_1 nur die Kampfstoffmenge a_1 aufnehmen kann, der Rest a_2 gelangt in die Atemluft.

Kampfstoffmengen von der Grössenordnung des obigen Beispiels übersteigen die feldmässigen Konzentrationen um 3—4 Zehnerpotenzen; sie sind jedoch in der Nähe eines einschlagenden Gasgeschosses möglich. Allgemein wird daher empfohlen, in einem solchen Fall den Atem unter der Maske anzuhalten, bis sich die dicksten Schwaden verzogen haben; andernfalls würde das Filter schon mit dem ersten Atemzug durchschlagen werden.

[5]) *H. Krœpelin,* Gasschutz und Luftschutz *8* (1938), 103; s. a. «Protar» *3* (1937), 175, 189, 206; *5* (1938), 9.
[6]) *Herbst,* Kolloidchem. Beihefte *23* (1926), 313.

Der Durchbruch der Filter erfolgt in der Regel nicht plötzlich, sondern langsam. Trägt man auf der Abszisse eines Koordinatensystems[5]) die je Gramm Kohle adsorbierte Menge *a*, auf der Ordinate die Gleichgewichtskonzentration *c* auf, so erhält man eine Kurve, die zuerst linear verläuft und sich erst nachträglich langsam von der Abszisse entfernt (Punkt *a' c'*, Abb. 3). Da die Abweichung vom linearen Verlauf langsam und nicht plötzlich erfolgt, treten zuerst nur kleine Gasmengen in die Atemluft; bei weiterem Gebrauch der Maske wird dieser Anteil grösser, bis schliesslich überhaupt kein Kampfstoff mehr vom Filter aufgenommen wird. Da die meisten Kampfstoffe unter ihrer toxischen Grenze den Maskenträger durch Reiz oder Geruch warnen, hat er in der Regel Zeit, das Filter zu wechseln oder sich aus der Gaszone zu entfernen.

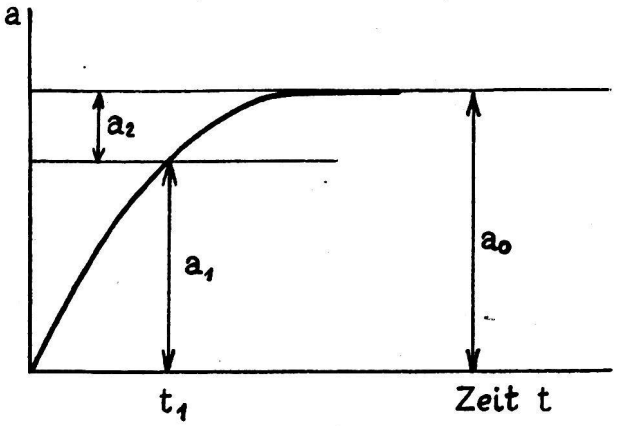

Abb. 2 (nach Krœpelin).
a_0 = Gesamtgiftmenge
a_1 = adsorbierte Menge
a_2 = nicht adsorbierte Menge.

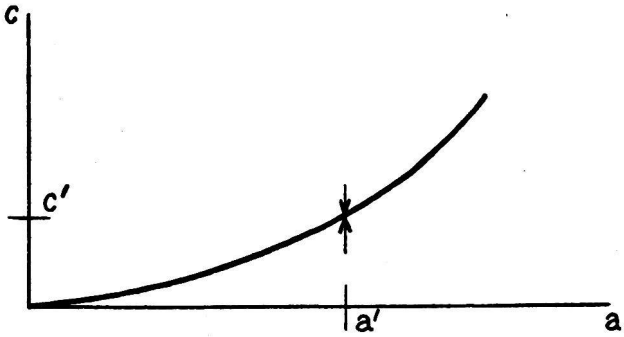

Abb. 3 (nach Krœpelin).
Adsorptionsisotherme. Im Gleichgewichtszustand adsorbierte Gasmenge *a* in Abhängigkeit von der Konzentration *c*.

Nebelfilter.

Stabile Nebel, deren Teilchendurchmesser etwa zwischen 10^{-4} cm und 10^{-5} cm liegt, werden vom Kohlefilter nicht zurückgehalten und müssen durch besondere Massnahmen abgefangen werden. Obwohl die Teilchen der Nebelstoffe um Zehnerpotenzen grösser sind als die molekulardispers verteilten gasförmigen Stoffe, sind für sie viel feinere, stärker verzweigte und voluminösere Filter erforderlich. Das Abfangen der Nebel kann daher nicht auf einer Siebwirkung beruhen. Zur Erklärung dieser Tatsache zieht man die geringe Eigen-

bewegung der Nebelteilchen heran, die eine verminderte Gelegenheit zum Aufprall auf die Wände des Filterkanals mit sich bringt (Abb. 1). Bei den Gasmolekülen, die nach der kinetischen Gastheorie eine schnelle Bewegung ausführen, bestehen für den Aufprall günstigere Bedingungen.

Für die Praxis der Nebelabwehr haben sich vor allem solche Filter bewährt, die dank ihrer Geräumigkeit und Anordnung das Nebelpartikelchen zu einem Weg zwingen, der vom Gasmolekül auf Grund seiner Eigenbewegung ohnehin beschrieben wird. Das bewirkt einen längeren Aufenthalt des Teilchens bei kleiner linearer Strömungsgeschwindigkeit und schafft damit die Bedingung zur Fixierung des Teilchens auf dem Filtermaterial. Filter geeigneter Art findet man im Zellstoff (Watte und dgl.).

Die Wirkung dieser Filter ist analog der Filtration einer Flüssigkeit durch ein Papierfilter besonders dann wirksam, wenn die ersten Mengen des aufzufangenden Nebels auf dem Filtermaterial haften, dann tun es auch die weiteren, das Filter durchströmenden Nebelteilchen. Die Aufnahmefähigkeit findet erst eine Grenze, wenn das Filter verstopft ist. Hier zeigt sich ein Gegensatz zum Kohlefilter, das unbeladen stärker adsorbiert als in beladenem Zustand. Ferner bedeutet beim Nebelstoff-Filter steigende Kampfstoffkonzentration nicht notwendigerweise höhere Belastung; im Gegenteil neigen dichtere Nebel eher zur Koagulation und werden dadurch leichter filtrierbar.[4])

Der Filtereffekt kann in Prozenten der nichtadsorbierten Kampfstoffmenge angegeben werden. Er beträgt bei guten Nebelfiltern rund 0,5 %, bei sehr guten liegt er unter 0,1 %. Rechnen wir mit Clark I als Beispiel, dessen Unerträglichkeitsgrenze 1 mg/m³ beträgt. Im ersten Fall erhalten wir als maximale Kampfstoffkonzentration, die vom Filter noch zurückgehalten würde:

$$100 : 0{,}5 = x : 1$$

$$x = 200 \text{ mg/m}^3$$

im zweiten Fall: $x = 1000 \text{ mg/m}^3$

Modernste Nebelstoff-Filter zeigen noch günstigere Verhältnisse als im zweiten Fall.

Bei feldmässigen Konzentrationen reichen somit die üblichen Nebelstoff-Filter bei weitem aus. In der Nähe von einschlagenden Gasgeschossen ist wie beim Kohlefilter Vorsicht geboten. Immerhin ist die Gefahr des Durchschlagens wegen des spezifischen Filtermaterials geringer als beim Kohlefilter. Das Nebelstoff-Filter ist bekanntlich der Kohle vorgeschaltet.

Staubfilter.

Im Krieg 1914—1918 wurden als Maskenbrecher Blaukreuz-Kampfstoffe eingesetzt, die die damals üblichen Kohlefilter durchschlagen haben und den Maskenträger zwangen, die Maske herunterzureissen, wodurch er ungeschützt den gleichzeitig mitgefeuerten Grünkreuzkampfstoffen ausgesetzt war. Da dieses sogenannte Buntfeuer sich als sehr wirksam erwies, ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass in einem künftigen Gaskrieg versucht werden könnte, die heute allgemein üblichen Kohle- und Baumwollfilter mit einem Kampfstoff von spezifischem Aggregatzustand zu durchschlagen. Angaben über solche Kampfstoffe fehlen. Auch dürften Substanzen dieser Art schwierig zu finden sein, weil Kohle alle Gase mit nicht zu tiefem Siedepunkt zurückhält. Bei Substanzen mit tiefem Siedepunkt, die analog dem Kohlenoxyd das Kohlefilter durchschlagen könnten, wird jedoch wegen der zu grossen Flüchtigkeit die erforderliche Kampfstoffdichte nicht erreicht, so dass sie aus diesem Grunde ausscheiden.

Immer wieder ist die Rede von Carbonylen, die auf dem Filter durch Oberflächenwirkung der Kohle in Metall und Kohlenoxyd gespalten werden könnten. Praktisch wird die Möglichkeit des Einsatzes dieser Verbindungen gering bewertet. Ebenso dürfte es kaum möglich sein, Substanzen mit Kampfstoffwirkungen zu finden, die die heute hochentwickelten Nebelfilter durchbrechen könnten.

Hingegen besteht eine andere Möglichkeit, die Filter untauglich zu machen: der Einsatz von grobdispersen Stoffen (Stauben), die dank ihrer grossen Korngrösse die Poren des Zellstoff-Filters verstopfen und den Maskenträger infolge eintretender Atemnot zwingen würden, die Maske herunterzureissen. Der Effekt wäre derselbe wie bei den Maskenbrechern des Weltkrieges: der Maskenträger würde ungeschützt der Wirkung gleichzeitig mitgefeuerter Giftgase ausgesetzt sein.

Filterverstopfende Staube brauchen nicht giftig zu sein, denn ihre Wirkung ist rein mechanisch. Sie lassen sich aber auf verhältnismässig einfachem Wege durch Siebwirkung zurückhalten. Gegen feine Staube werden möglichst dichte, rauhfaserige Materialien angewendet, in denen die Luft zu einem vielfachen Richtungswechsel gezwungen ist. Bei grobem Staub verwendet man besser gröbere Gewebe. Das Filtertuch wird in möglichst grosser Oberfläche und nicht straff, sondern locker angeordnet. Schon mit einem Taschentuch in doppelter Lage aus mittelfeinem Leinen werden etwa 80 % Staub zurückgehalten.[7]) Sehr wirksam ist auch Verbandgaze in mehrfacher Lage.

Dass man im gegenwärtigen Krieg mit der Möglichkeit des Einsatzes filterverstopfender Substanzen gerechnet hat, geht aus Masken der französischen Armee hervor, deren Filter ein mit Trikotstoff gefütterter Sack, der Holzwolle enthält, vorgeschaltet ist.

Behelfsmässig lassen sich die verschiedenen Filtertypen rasch mit einem Staubfilter versehen, wodurch ein durch den Einsatz filterverstopfender Stoffe erreichter allfälliger taktischer Vorsprung bald eingeholt sein würde. Und damit wäre die heute gefährlichste Waffe gegen die übliche Gasmaske unwirksam geworden.

[7]) *Ullmann*, Enzyklopädie der techn. Chem. *9* (1932), 193.