

# Konstruktive Forderungen für Trag- und sonstige Bauwerke im bautechnischen Luftschutze und Befestigungswesen [Fortsetzung und Schluss]

Autor(en): **Peyer, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Protar**

Band (Jahr): **3 (1936-1937)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-362519>

## **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.

Le même phénomène se retrouve naturellement dans la résistance opposée au passage d'un projectile par une même épaisseur de béton suivant que celle-ci constitue une seule et unique dalle ou est répartie en diverses couches superposées et suffisamment espacées entr'elles.

C'est ce qui explique que, si chaque étage possède une dalle de 12 cm par exemple, il y a lieu de ne réduire l'épaisseur du ciel de l'abri que d'autant de fois 10 cm (et non pas 12 cm) qu'il y a de dalles aux étages supérieurs. Encore faut-il que le béton soit bien dans les deux cas de même

nature et par suite de même résistance (par exemple  $\beta \cong 220$  kg) aussi bien pour les dalles que pour le ciel de l'abri.

Pour tous les détails constructifs il y a donc lieu de s'adresser à la littérature spécialisée, et plus particulièrement aux tabelles publiées dans les *Directives techniques pour les constructions de défense aérienne* éditées par la Commission fédérale de D. A. P.<sup>2)</sup>

<sup>2)</sup> En vente au bureau des imprimés de la Chancellerie fédérale, Berne. Prix fr. 4.—.

## Konstruktive Forderungen für Trag- und sonstige Bauwerke im bautechnischen Luftschutze und Befestigungswesen

Von Ing. H. Peyer, Sachverständiger für Luftschutzbauten, Zürich

(Fortsetzung und Schluss von S. 43, No. 3).

### *Erddecken als Schutz gegen Bomben- und Granateinschläge.*

Erde ist schon im alten Festungsbau als Deckungsmittel für Wälle und Gewölbeüberschüttung verwendet worden. Ihr Wert ist unter der veränderten Kriegstechnik zusehends geschwunden. Die Erdbauten bilden gigantische Silhouetten; sie unterliegen aber der neuen Belagerungstechnik oft rasch. Man braucht nur eine Regenzeit abzuwarten, um durch geringe Massierung mit Belagerungsgeschützen diese Bauten in formlose Haufen zusammenzuschliessen. Mit der zwingenden Verflachung, welche im Festungsbau eine zeitgemässe Forderung darstellt, wurde der Erde als Deckungsmittel nur noch eine ganz bestimmte Zweckerfüllung zugemutet. Als Tarnmittel, zur Maskierung wie zur Abschwächung der Schallübertragung leistet sie heute noch bestimmt Nutzen. Der Wert der Erddecken, der Sandkorridore und Sandpolster ist also nicht ganz zu unterschätzen. Sand ist allein schon in bezug auf die Eindringung besser als Erde, und Lehm besser als Sand; Voraussetzung ist aber stets Trockenheit dieser Deckungsmittel, ansonst sie erheblich an Wert verlieren. Der Sand wirkt ganz besonders bei Detonationen in gewissem günstigem Sinne als Gegenmittel.

Ohne auf die Zweckmässigkeit von Erde, Sand und Lehm als Ueberdeckungsmittel von Schutzräumen usw. einzutreten, sei versucht, die Vor- und Nachteile dieser Hilfsmittel zu begründen.

Erde oder sonstige Aufschüttungen als Schutzmittel bilden eine beträchtliche Auflast auf Decken oder Gewölben, welche auf Kosten der Stärke der letzteren geht. Diese Deckungsmittel stehen in keinem Verhältnis zu ihrem Nutzeffekt. Das aufschlagende Geschoss bohrt ein Loch in die Erde; je nach Material entsteht eine mehr oder weniger hohe Verdämmung. Die Sprenggase werden zusammengehalten und es wird ihnen eine bessere Wir-

kung ermöglicht. Das Resultat ist, dass die schlagartige Wirkung der Detonation sich durch Schwingungen auf das Bauwerk und damit auf den Untergrund auswirkt. Es kommt zu einer nicht geringen Erschütterung des Bauwerkes, welches auf die Belegschaft des Schutzraumes demoralisierend wirkt. Letzten Endes führen zu starke Erddecken dann zu einer gefährlichen Belastung, die öfters genug im Weltkriege beobachtet werden konnte. Erde oder Lehm usw. ist über Luftschutzräumen nur soweit aufzubringen, als deren Schichtstärke die Splitter- und Luftdruckwirkung abzuschwächen vermag.

### *Mit Hohlkammern durchbrochene Massivdecken.*

Wenn von Hohlkammern hier die Rede ist, dann sind damit eingeschlossene Hohlkammern mit mehr oder minder grossem Volumen gemeint. Solche Kammern kann man in Bausteinen, Betonhohlkörpern etc. vorfinden. Werden nun Tragteile, ganze Decken mit solchen, übrigens im luftschuttechnischen Sinne minderwertigen Materialien verwendet und bei der Ausführung dazu noch die einzelnen Hohlräume verschlossen, so stagniert sich die Luft darin. Dann herrscht in Baukreisen wiederum die Ansicht, dass im Betonbau Hohlkammern in verschlossener Weise der besseren Entweichung der Sprenggase dienen. Durchwegs kann dazu erwähnt werden, dass abgeschlossene Hohlkammern die Wirkung des Gasdruckes erhöhen. Die Explosionsgase suchen sich in der Richtung des schwächsten Widerstandes auszudehnen; die Zeitspanne dieser Explosion ist so kurz, dass die Sprenggase augenblicklich die im Hohlraum befindliche Luft verdichten; sie suchen den Widerstand der Kohäsion im Material zu überwinden, wobei die Luft ein beträchtliches dazu beiträgt. Der Grad der Sprengwirkung der Gase hängt vom Luftvolumen des Hohlraumes ab. Die Wirkung der

Sprengung ist eine mehr *schiebende* als zertrümmernde, was schlechterdings nichts anderes bedeutet, als dass ausgerechnet die geringste Festigkeit, welche ein Betonkörper oder ein anderer Körper besitzt, leicht überwunden wird. Die Trümmerwirkung ist neben vielen starken Begleitumständen zweifellos erhöht. Man hüte sich also, Hohlkonstruktionen im bautechnischen Luftschutze zu erstellen, wo durch abgeschlossene Hohlkammern die Entweichung der Sprenggase nicht schnellstens möglich wird.

#### *Massivdecken mit mehreren statisch unabhängigen Schichten.*

Darunter sind Schichtungen im horizontalen, nicht vertikalen Sinne gemeint. Solche Schichtungen, welche wohl sogar von alten Festungsbaumeistern gelegentlich empfohlen wurden, erhöhen die Tragfähigkeit der Gesamtmasse nur wenig; sie erhöhen sogar die Eindringung, weil die Masse als ganzes doch nicht den Widerstand bietet, wie wenn diese Schichten konstruktiv in eine verschmolzen sind. Jede Schicht hat für sich als solche den gesamten Widerstand in mehr oder minder geschwächtem Sinne doch auszuhalten. Noch schlimmer ist diese Konstruktionsmanier, wenn zwischen den einzelnen Schichten Hohlräume angeordnet werden. Diese letztgenannte Konstruktionsweise ist nicht zu verwechseln mit dem vom Verfasser geschaffenen Detonationsraum zwischen der Aufschlagsdecke und der eigentlichen Schutzraumdecke.

Das System des Verfassers zeigt ein ganz besonders ausgebauter Detonationsraum, ein verdämmungsloser Hohlraum, in welchem die Sprenggase und Splittergarben gebrochen werden; eine gefahrlose, schnelle Entweichungsmöglichkeit ist vorhanden. Die baulichen Vorkehrungen gegen die *Sprengwirkung* von Bomben sind im Eisenbeton von grosser Wichtigkeit. Ueber diese Wirkung wurde ausführlich geschrieben, und es soll hier nur noch einmal ein kleiner Hinweis erfolgen.<sup>4)</sup>

Eisenbetonarmierungen, welche eine ausgesprochene Panzerbewehrung besitzen, wie sie das System des Verfassers zeigt, also von rammpfahlartigem Charakter sind, leisten grössten Widerstand gegen die Sprengwirkung von Granaten und Bomben. Diese Armierungen, welche in der Richtung der Wurf- oder Flugbahntangente liegen, erhöhen die Schub- und Scherfestigkeit ganz besonders. Gerade die Sprengwirkung ist es, welche gegen die zwei schwächsten Widerstandskräfte in einem Körper am meisten einwirken. Ein aufschlagendes Geschoss auf eine panzerbewehrte Betonplatte müsste zunächst die Betondruckfestigkeit (welche im Kerne bis zu 1800 und mehr kg/cm<sup>2</sup> festgestellt wurde) überwinden. Es ist ziemlich einleuchtend, dass also eine im Innern der Betonplatte befindliche und zusammengeflochtene Spiral-

bewehrung die Zerreiissfestigkeit erhöht. Versuche in der Sprengtechnik haben auch dies genügend erwiesen. Es ist immer wieder hervorzuheben, dass die gleiche Sprengstoffmenge, welche sich in einer Bombe befindet, nicht mit derjenigen einer ausgesprochenen geballten Sprengladung oder noch weniger mit einer gutverdämmten Bohrlochladung zu verwechseln ist. Eine Sprengladung des Geschosses (gleichviel, ob es sich um diejenige einer Bombe oder Granate handelt) ist einmal nur soweit in Rechnung zu ziehen, als diese sich im eingedrungenen Teil des Geschosses befindet. Weiter ist diese Sprengstoffmenge von vielen zufälligen Faktoren abhängig; jede Sprengladung wirkt einmal als solche in radialer, dann nach oben und unten in der Richtung der Geschossbahn. Ausserdem wird ein Teil zur Deformationsarbeit des Geschosses selbst verbraucht. So gut die Sprengtechnik ein hohes Mass an praktischen Erfahrungen erfordert, so wichtig ist die Beobachtung an gesprengten Gebäuden, welche entweder durch Sprengung oder Beschiessung beschädigt wurden. Die Theorie hält hier sehr wenig Schritt und es vermag die Laboratoriumsarbeit oder die beste theoretische Wissenschaft die Praxis hier niemals zu ersetzen.

Die *Rundeiseneinlagen* besitzen in bezug auf die Sprengwirkung einen erheblichen Nachteil. Die ungünstigen Auswirkungen von Sprengungen im Eisenbeton lehren, dass man beim Bewehrungseisen des Eisenbetons alle Vorsicht anzuwenden hat und nach andern Grundsätzen als herkömmlich zu armieren hat.

Der Wert von *Steinpackungen* würde an und für sich einen breiten Raum in Anspruch nehmen. Die Knappheit desselben erlaubt es nur, in ganz generellem Sinne darauf einzutreten.

Steinpackungen wurden schon von den alten Festungsbaumeistern angewendet, in der Meinung, es käme die Sprengwirkung weniger zur Geltung. In der Tat hat man bei Sprengungen im Gebirge und auf kiesigem Gelände beobachten können, dass ein Teil der Sprenggase in den zerklüfteten Felsen und in Gesteinsmassen verpuffen.

Im letzten Kriege haben die Trümmerwirkungen bei allen Schäden einen breiten Raum eingenommen, Tausende von Menschen wurden im Felde, ja auch hinter der Front, durch die Trümmerwirkung schwer verletzt oder getötet. Volltreffer in Steinpackungen oder Steinschüttungen wirken sehr gefährlich und flatterminenartig. Die gefährliche Wirkung wird nur zu einem geringen Grade dann vermindert, wenn man mit Erde vermischte Schüttungen oder Packungen anraten will. Wie oft haben blosse Erdeinschläge sehr grossen Schaden angerichtet und Menschen haben deshalb ihr Leben lassen müssen. Ausländische Sachverständige bekräftigen die verheerende Wirkung von Trümmern an Objekten. Bei Fliegerangriffen wurde u. a. beobachtet, dass zentnerschwere Steine

<sup>4)</sup> Siehe Heftausgabe des Verfassers, Januar 1937.

über 100 m weit geschleudert wurden, Dächer und Gebälke durchschlugen. Pflasterungen, Betonschichtenbeläge usw. erhöhen die gefährliche Trümmerwirkung.

*Steinpackungen haben nach den Feststellungen auch die Erschütterungen auf Bauwerke nur begünstigt.* Will man solche Packungen anordnen, dann sind neutrale Schichten, welche einen Reibungsausgleich bewerkstelligen, einzulegen. Steinpackungen werden im Grundbau als wasserableitende Schichten eingebaut, bei Befestigungsanlagen, und dazu gehören auch eigens gebaute Luftschutzunterstände, wähle man die Stärke dieser Packungen nicht über 25—30 cm, eher weniger. Körniger Sand leistet ebenso gute Dienste und verhindert die Sprengwirkung in erhöhtem Masse. Die Reibung der einzelnen Teilchen im Sande wirken vortrefflich gegen die Sprengwirkung.

Durch Steinpackungen werden also die Erschütterungswellen in verstärktem Masse auf das Bauwerk übergeleitet. Die Laufzeit der Schwingungen wird dadurch erhöht, die schlagartige Wirkung ganz in der Nähe eines Volltreffers wird begünstigt. Bei Feldbefestigungsanlagen vermeide man nach Möglichkeit Steinpackungen aus Kiesel- oder Bollenmaterial. Die Grabenwände lasse man lieber unbedeckt, und wenn eine Rückenwehr gegen Splitterwirkung dennoch erforderlich wird, dann baue man faschinenartige Wehren ein, jedoch in kurzen einzelnen Stücken (nicht über 1,5 m oder Grabenbreite lang).

Zum Schutze gegen die Splitterwirkung nahe krepierender Bomben dürfen Steine weder in loser Aufsichtung noch in Verpackungen oder Schüttungen vor Kellerfenstern oder Umfassungs- und Innenmauern dienen.

#### *Die Sicherung gegen Brandbomben*

wirft in erster Linie die Frage auf: Soll das Dach als solches oder die Dachbalkenlage die beschirmende Aufgabe übernehmen. Wenn das erstere möglich wäre, würden wir einen Idealschutz erreichen, es würde die Notwendigkeit von Luftschutzkellern mit der damit verbundenen grösseren Gefahr gegen die Vergasung hinfällig. Ein Dach in diesem Sinne und in bestimmtem Grade brandbombensicher zu gestalten, ist kein technisches Unding.

Treppenhausaufbauten, welche statisch unabhängige Umfassungen besitzen, können sogar in hohem Masse gegen Sprengbombenangriffe gesichert werden. Es ist die Bildung einer besonderen Aufschlagsdecke mit Detonationsraum unter dieser notwendig. Als Schutz gilt dann die gefederte Panzerplatte nach Peyer oder ein gleichwertiges System. Solche Schutzräume sind besonders für Industriebauten, Warenhäuser, welche starke Belegschaften aufweisen, geeignet und als ideal zu bezeichnen. Gegen Vergasung bieten sie sehr hohe

Sicherheit. Dächer über ganzen Bauten können für 1 kg schwere Brandbomben gut verstärkt ausgebildet werden. Der spezifische Bombenangriff kann unter Umständen sehr wohl in der Anwendung leichter Brandbomben bestehen. Die Befürworter dieser Annahme gehen hauptsächlich von der Perspektive aus, dass einmal durch das Massennitführen und den Massenabwurf die Treffsicherheit erhöht wird und andererseits ein kleiner «Brandatz» genügt, um ein Gebäude in Brand zu setzen. Die Bedenken des Verfassers sind diesbezüglich anderer Natur. Sich mit einer Bestimmtheit auf eine einzige Möglichkeit in den Mitteln der Abwehr zu beschränken, wäre verfehlt. Der Schwerpunkt des Angriffes richtete sich im Weltkriege stets gegen den schwächsten Punkt. Von dieser Perspektive aus darf im Hinblick auf den bautechnischen Luftschutz ruhig gegangen werden. Man wird den Luftangriff nach der grössten Aussicht auf Demoralisierung und die stärkste Zerstörung richten.

Von den bestehenden Dächern ist der geringste Teil als brandbombensicher anzusprechen. Das Steildach ist in gewissem, aber sehr beschränktem Sinne ein Bombenabweiser; es ist das Abprallen je nach Auftreffwinkel denkbar. Andererseits ist in Erwägung zu ziehen, dass die Nutzkomponente durch ein Niederanfliegen erhöht, die kinetische Energie vergrössert wird. Werden Brandbomben aus 4000 und mehr Meter ausgelöst, so wird, je nach atmosphärischen Verhältnissen und Bauart der Bomben, ein Auftreffwinkel von 85—90° zur Horizontalen erreicht, d. h. wenn dann das Dach eine Neigung von 40° hat, trifft die Bombe in einem Winkel von 55—60° auf die Dachfläche auf. Wird die Bombe aber aus 500 m Höhe abgeworfen, so trifft sie in einem Winkel von 80—85° zur gleichen Dachfläche auf. Mit Steiflügen kann der Winkel stark verbessert werden; aus grossen Höhen ebenfalls, weil die Schräglage des Flugzeuges einen gewissen Steil- oder Fallwinkel nicht übersteigen kann.

Im ersteren Falle würde die Bombe zweifelsohne abgewiesen, im letzteren das Dach durchschlagen. Von grundsätzlicher Wichtigkeit ist die Zündart der Bombe und deren Bau als solche. Die kreiselförmigen Bomben können die Geschwindigkeit trotz ihren Flügelstabilisatoren nicht erreichen, wie sie die schlanke Bombe aufzuweisen vermag. Da ja die Bombe mit sehr empfindlichem Zünder eingerichtet ist, ist deren Endgeschwindigkeit nicht von spezifischer Bedeutung. Beim Aufschlag krepirt sie, und es ist bei gewissen Auftreffwinkeln das gleiche zu sagen wie bei den Brisanzbomben: die Stabilität geht sehr rasch verloren. Ausserdem ist die Wirkung der Brandbomben nach meiner eigenen Auffassung eine sehr beschränkte, und es wird mit ihnen noch grössere Ueberraschungen geben als bei den andern Bomben. Bei Bauchschiessen spricht der Zünder nicht an und es müsste die Brandbombe schon eher eine kugellagerartige

Zündungsspitze besitzen, welche in diesem Falle durch das seitliche Aufliegen berührt werden könnte. Ob es solche Bomben gibt, entzieht sich zurzeit meines Wissens.

Eine Verstärkung des Steildaches muss wohl der grossen Kosten wegen abgelehnt werden, und man wird die Abbrennung der Bombe im Dachraume eben vorziehen müssen. Bei geschlossener Ueberbauung ist das Flachdach als ideal zu bezeichnen, weil die Bombe ausserhalb des Hauses zur Abbrennung gelangt. Flachdächer lassen sich auch billiger und in architektonischer Hinsicht besser verstärken, aber diese Verstärkung muss unter der Berücksichtigung grösstmöglicher Elastizität und anderer angeführter Faktoren geschehen.

Was von primärer Wichtigkeit ist, wenn eine Brandbombe im Dachraume abbrennen soll, muss hier nicht gesagt werden, denn unsere Luftschutzverbände weisen hinreichend auf diese Notwendigkeit hin. Je nach chemischer Zusammensetzung der Brandbombe entwickelt der Brandsatz eine Hitze von 2000—3500°. Die Entflammbarkeit des Weichholzes ist bei etwa 300°, diejenige des Hartholzes

bei etwa 600°. Die Dauer der Abbrennung ist recht verschieden und soll sich zwischen 10—15 Minuten abspielen. Brandtechnische Schutzmassnahmen sind sehr gut möglich und es ist das Löschen mit trockenem Sand oder pulverartigen Mitteln weitaus vorzuziehen. Das Wasserlöschen ist nach diversen Richtungen hin absolut verwerflich. Trotzdem ist ein brand- und löschwasserdichter Belag und eine Verstärkung des Dachbodens vorzusehen. Auch hier gibt es diverse Ausführungsvarianten, auf die hier der Knappheit des Raumes wegen nicht näher eingetreten wird.

Welche zweckdienliche Sicherung bei Dächern gegen die Abdeckung infolge Luftstosses und der damit verbundenen Saugwirkung in billigster Weise erstellt werden können, bleiben einem späteren Artikel vorbehalten. In diesem Artikel sollen die einzelnen Konstruktionen auf ihre Empfindlichkeit und Auswirkungen bei gewaltigem Luftstoss und Sog erwähnt werden.

Mögen auch diese Ausführungen ein Beitrag zu den mannigfachen Problemen des bautechnischen Luftschutzes bilden und zur Abklärung des unendlich weitläufigen Spezialgebietes verhelfen.

## Kritische Ueberlegungen zum Problem neuer Kampfstoffe

Von Dr. S. Wehrli, Dipl.-Ing. chem., Chemischer Oberassistent am Gerichtlich-medizinischen Institut der Universität Zürich

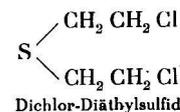
Unsere Vorbereitungen für den passiven Luftschutz stützen sich hauptsächlich auf die Erfahrungen, welche im Weltkrieg mit den chemischen Kampfmethode gemacht wurden. Die Frage, mit welchen Stoffen in einem zukünftigen Luftangriff zu rechnen sein wird, ist darum von grundlegender Bedeutung. Es ist selbstverständlich ein gewagtes Unterfangen, über die Zukunft und ihre Methoden etwas auszusagen; aber in Anbetracht der Bedeutung dieses Problems glaube ich, dass diese Ausführungen von Nutzen sein können, trotzdem sie unter allem Vorbehalt erfolgen.

Der Kampfstoff Yperit, das Dichlor-Diäthylsulfid, hat sich als sehr wirksam erwiesen. Es kann darum nicht wunder nehmen, dass nach weiteren Stoffen gesucht wurde, welche dieser Verbindung in chemischer Beziehung ähnlich zusammengesetzt sind, in der Hoffnung, ihre Giftigkeit könnte noch grösser sein. Was war das Ergebnis? Die meisten Kampfstoffe enthalten Chlor oder Brom, und tatsächlich hängt in bezug auf Giftigkeit viel vom Chlor- oder Bromgehalt ab. So ist das Diäthylsulfid und auch noch Chlor-Diäthylsulfid nur wenig giftig; wogegen das Dichlor-Diäthylsulfid eine hohe Giftigkeit besitzt. Eine weitere Beladung des Moleküls mit Chloratomen führt aber zu einem umgekehrten Ergebnis: Das Tetrachlor-Diäthylsulfid sowie das Hexachlor-Diäthylsulfid stehen in ihrer Giftigkeit dem Dichlor-Diäthylsulfid

(Yperit) nach. In bezug auf Chlorgehalt stellt Yperit bereits die höchste Stufe der Wirksamkeit dar.

$\begin{array}{l} \text{S} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}_2 \text{CH}_3 \\ \diagdown \text{CH}_2 \text{CH}_3 \end{array} \\ \text{Diäthylsulfid} \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{S} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{Cl} \\ \diagdown \text{CH}_2 \text{CH}_3 \end{array} \\ \text{Chlor-Diäthylsulfid} \end{array}$	fast ungiftig
$\begin{array}{l} \text{S} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{Cl} \\ \diagdown \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{Cl} \end{array} \\ \text{Dichlor-Diäthylsulfid (Yperit)} \end{array}$		sehr giftig
$\begin{array}{l} \text{S} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}_2 \text{CHCl}_2 \\ \diagdown \text{CH}_2 \text{CHCl}_2 \end{array} \\ \text{Tetrachlor-Diäthylsulfid} \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{S} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}_2 \text{CCl}_3 \\ \diagdown \text{CH}_2 \text{CCl}_3 \end{array} \\ \text{Hexachlor-Diäthylsulfid} \end{array}$	weniger giftig

Bei den Reizstoffen hat sich gezeigt, dass ein Ersatz von Chlor durch Brom zu noch wirksameren Verbindungen führt. Dibrom-Diäthylsulfid ist wirksamer als Yperit.



Hier kommt aber eine andere Erscheinung hinzu, welche den Stoff in seiner Brauchbarkeit als Kampfstoff beeinträchtigt, nämlich sein höherer Siedepunkt. Er schmilzt bei 34° und siedet bei etwa 240°, gegenüber 14, bzw. 217° bei Yperit. Das