Zeitschrift: Protar

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

Band: 23 (1957)

Heft: 7-8

Artikel: Einige Bemerkungen zur Wasserstoffbombe

Autor: Lüscher, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-363699

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

Ausser den materiellen Schäden kann in erster Linie der Mann am Teilstück und möglicherweise der Maschinist an der dritten Motorspritze durch diese unerwarteten Druckstösse gefährdet werden.

Alle diese Umstände haben zum Studium eines Sicherheitsventils geführt. Heute sind die diesbezüglichen Versuche abgeschlossen, und die Zuteilung von «Druckbegrenzungsventilen» als Korpsmaterial für die Luftschutz-Truppen wird demnächst erfolgen.

Wenn auch das Hintereinanderschalten von Motorspritzen als Notlösung in Aussicht genommen werden muss, gibt es doch einen Fall, wo diese Kupplungsart einen weiteren praktischen Dienst erweisen kann, nämlich bei der Prüfung von geflickten Schläuchen. Letztere können nach dem Schema der Abbildung «Platzdruckprobe» so unter Druck gesetzt werden, dass der minimal zu bestehende Probedruck von 25 atü für Druckschläuche von 55 mm ∅ und 20 atü für Transportschläuche von 75 mm ∅ nicht überstiegen wird. Verfügt man nicht über ein Durchgangsstück «D» mit Manometer «M», wie Abbildung «Platzdruckprobe» skizziert, so kann nötigenfalls der Druck am Austrittsmanometer der letzten Motorspritze abgelesen werden. Sollten die Schläuche bis auf den Platzdruck geprüft werden, so ist vorgängig der Manometerhahn der letzten Motorspritze zu schliessen, um eine Ueberbeanspruchung des Manometers zu verhindern.

Alle diese Druckproben von Schläuchen dürfen nur von erfahrenen Luftschutz-Gerätemechanikern oder Motorspritzenmaschinisten vorgenommen werden!

(Fortsetzung folgt)

Einige Bemerkungen zur Wasserstoffbombe

Von PD Dr. E. Lüscher, Technische Hochschule, Lausanne

1. Einleitung

Ueber den Mechanismus und die Wirkungen von Atombomben klassischen Typs, wie sie in Japan zum Einsatz kamen, weiss man heute relativ viel. Da nur wenige Versuchsrapporte über Wasserstoffbomben freigegeben wurden, weiss man darüber im Gegensatz sehr wenig, vor allem über den Reaktionsmechanismus. Die Wirkungen einer H-Bombe sind denjenigen einer A-Bombe ähnlich. Dasselbe gilt natürlich auch für die andern Einsatzarten (Rakete, Geschoss, Mine).

In Diskussionen werden die Wirkungen von Wasserstoffwaffen häufig überschätzt, oft aber auch zu gering taxiert. Es soll deshalb im folgenden eine kurze Darstellung der H-Waffen gegeben werden, basierend auf den bis heute darüber veröffentlichten Arbeiten.

2. Mechanismus von Wasserstoffwaffen

Der Mechanismus einer thermonuklearen Reaktion, wie sie in H-Waffen zur Anwendung kommt, lässt sich am besten mit einer Flamme vergleichen, da die Zündung einer Flamme (z. B. Knallgas) mit exothermen chemischen Reaktionen verbunden ist. Ist für die Zündung einer Gasflamme eine Temperatur von rund 700 bis 800° C notwendig, laufen thermonukleare Reaktionen nur an bei Temperaturen von der Grössenordnung 100 Millionen Grad Celsius.

In Tabelle 1 sind einige mögliche Fusions-Reaktionen mit ihrer Energietönung (Q-Werte) aufgezählt:

Tab. 1

No.	Reaktion	Q (MeV)[1]
1.	D (d, n) He^3	3,25
2.	D (d, p) T	4
3.	T (d, n) He^4	17,6
4.	T (p, γ) He^4	19,7
5.	T (t, α) 2 n	11,3

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Reaktion Nr. 4: Tritium (T) plus Wasserstoff (p) energetisch die grösste Ausbeute erwarten lässt, nämlich 19,7 MeV. Trotzdem die Angaben über die Wahrscheinlichkeiten für die obigen Reaktionen sehr spärlich sind, weiss man, dass diese Reaktion (T + p) rund 250mal weniger wahrscheinlich ist als die Reaktion Nr. 3 Tritium (T) + schweren Wasserstoff (d) mit einer Energietönung von 17,6 MeV.

Man nimmt daher an, dass den modernen H-Waffen dieser Reaktionsmechanismus Nr. 3:

$$\text{Tritium} + \text{schwerer Wasserstoff} \rightarrow \text{Helium} + \text{Neutron} + 17{,}6\ \text{MeV}$$

zugrunde liegt. Amerikanische H-Bomben, die in den Jahren 1952 und 1953 zur Explosion gebracht wurden, enthielten ausser Tritium noch Lithium, das mit Neutronen nach folgender Gleichung reagiert:

$$Li^6 + n \rightarrow He^4 + T + 4{,}8\ \text{MeV}$$

Das dabei entstehende Tritium reagiert weiter nach Reaktion Nr. 3.

[1] 1 MeV = $1{,}6 \cdot 10^{-13}$ Wattsek.

Damit diese nukleare «Tritiumflamme» zündet und Energie liefert, ist eine Plasmatemperatur [2] von rund 10^8 ° C und eine Teilchendichte von

$$10^{23} \frac{\text{Nukleonen}}{\text{m}^3}$$

notwendig [3]. Diese Erwärmung hat in einer sehr kurzen Zeit zu geschehen. Rechnet man mit einer relativ «langen» Anlaufzeit von 10^{-4} s, kann man den zur Zündung notwendigen Energieaufwand abschätzen zu rund

4 Megawatt pro Kubikzentimeter

Das Hauptproblem der thermonuklearen Reaktionen ist nicht die Erzeugung dieser Initialenergie, sondern die Art und Weise, wie diese Energie dem Plasma mitgeteilt werden kann.

Bei den bisher bekannten H-Waffen wurde zur Zündung eine Uran- oder Plutoniumbombe verwendet. Die bei der Explosion einer Spaltbombe entstehenden hohen Temperaturen und Drucke genügen, um eine thermonukleare Reaktion einzuleiten. Um die Energieübertragung möglichst wirksam zu gestalten, wurde die sogenannte F-F-F-Bombe (Fission-Fusion-Fission) konstruiert, d. h. der Kern bestand aus einer Plutoniumbombe, umgeben von einem Tritium-Deuterium-Mantel mit einer äussern Umhüllung einer weiteren Plutoniumbombe.

Wie weit die praktische Verwirklichung von sogenannten «sauberen» H-Bomben, d. h. Bomben, die direkt, ohne Spaltbombe gezündet werden, heute fortgeschritten ist, entzieht sich völlig unseren Kenntnissen.

Die theoretisch hoffnungsvollste Methode [4] zur Zündung einer thermonuklearen Flamme scheint sich in folgende zwei Schritte zu gliedern:

1. Vorerwärmung des Plasmas auf eine intermediäre Temperatur durch Elektronen-Nukleonen-Stösse, wobei die Elektronen in einem elektrischen Feld beschleunigt werden.
2. Adiabatische (axiale und radiale) Kompression des Plasmas bis zur Erreichung der gewünschten Fusionstemperatur.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit wird es (oder ist schon geschehen) nach dieser Methode gelingen, thermonukleare Reaktionen in Gang zu bringen.

3. Wirkungen

Da die Wasserstoffwaffen an keine kritische Masse gebunden sind, können ihre Wirkungen mit dem Tritium- und Deuteriumgehalt dosiert werden. Die Grossmächte besitzen heute Lager von H-Waffen im Energieäquivalenzbereich von 1 bis 500 Megatonnen Trinitrotoluol. Erinnern wir uns daran, dass die Atombomben, die auf Hiroshima und Nagasaki eingesetzt wurden, «nur» einem Aequivalent von 20 Kilotonnen entsprachen.

[2] Mit Plasma bezeichnet man ein Gas vollständig ionisierter Atome.
[3] R. F. Post: Rev. Mod. Phys. 28.338. 1956.
[4] J. G. Linhart: Nuclear Engineering, 2.60. 1957.

Die Art der Wirkungen ist ähnlich bei A- und H-Waffen; verschieden lediglich ist der Wirkungsbereich.

Nach den bisherigen Erfahrungen kann man in erster Näherung folgende zwei Aehnlichkeitsgesetze annehmen, wenn man mit r_0 den Wirkungsradius einer Nominalbombe (Japantyp), E_0 das Japanenergieäquivalent 20 kt TnT, E Energieäquivalent der betreffenden H-Waffe und r in ihren Wirkungsradius bezeichnet:

a) *Aehnlichkeitsgesetz für Druckwirkungen:*

$$\left(r \sim r_0 \left(\frac{E}{E_0}\right)^{1/3}\right)$$

also wird z. B. der Druckwirkungsradius bei einer 20-Megatonnen-Bombe (d. h. 1000mal grösser als Japanbombe) um einen Faktor 10 vergrössert im Vergleich zum Radius der Japanbombe.

b) *Aehnlichkeitsgesetz für Wärmestrahlung:*

$$\left(r \sim r_0 \left(\frac{E}{E_0}\right)^{1/2}\right)$$

also wird der Strahlungsbereich bei einer 20-Megatonnen-Bombe um rund einen Faktor 30 vergrössert im Vergleich zum Bereich der Japanbombe.

Betrachten wir die Zone vollständiger Zerstörung (Wohnhäuser 100 %, Stahl- und Eisenbetonbauten 100 Prozent, Strassen 100 %, unterirdische Leitungen 80 Prozent) so ergibt sich etwa folgende Abhängigkeit des Durchmessers des zerstörten Bereiches von dem Energieäquivalent (Tab. 2):

Tab. 2

Energieäquivalent in Megatonnen TNT	Durchmesser der vollständig zerstörten Zone
1	6,5 km
10	12,5 »
20	16 »
30	19 »
50	24 »
100	32 »
200	42 »
500	60 »

Die Zonen teilweiser Zerstörungen sind natürlich entsprechend grösser.

Bei den Angaben über die Wirkungsbereiche der Kernstrahlung ist man unsicher, da eine zu grosse Varietät von H-Waffen existiert. Nach amerikanischen Angaben [5] gilt für die *primäre Radioaktivität* (Gamma und Neutronen) der gleiche Wirkungsbereich, der dem Energieäquivalent der zur Zündung verwendeten Spaltbombe entspricht.

Die *sekundäre Radioaktivität* scheint jedoch wesentlich grösser zu sein. Interessant sind einige japanische

[5] R. F. Bacher: Bull. Atomic Sci., 6.133. 1950.

Messungen nach der H-Bomben-Explosion vom 1. März 1954.

Die Totalaktivität des Ausfalles wurde auf

10^{11} Curies

geschätzt. In einer horizontalen Entfernung vom Explosionszentrum von 260 km begann der Ausfall radioaktiven Materials acht Stunden nach der Explosion. Innerhalb anderthalb Tagen wurde in dieser Entfernung eine Dosis von 500 Röntgen akkumuliert. Nach amerikanischen und japanischen Angaben kann die *induzierte Aktivität* gegenüber dem Ausfall vernachlässigt werden.

Ueber Strahlungsschäden durch Atomreaktoren

Schon im letzten Jahr hat der Direktor der britischen Atomforschungsanstalt in Harwell, Sir John Cockroft, dem parlamentarisch-wissenschaftlichen Ausschuss einen Bericht eingereicht, der sich mit der Strahlungsintensität bei Atomexplosionen, den genetischen Wirkungen der Strahlung und der Strahlung bei der Nutzbarmachung der Atomkraft befasst. Man könnte diese Angaben für die allgemeine Zivilisation als besonders wertvoll ansehen. In der Presse ist darüber wiederholt berichtet worden.

Das grösste Interesse wendet sich heute der Frage zu, in welchem Ausmass die Radioaktivität der Luft durch die bekannten Atomversuche zugenommen hat, insbesondere, ob die Radioaktivität der Luft das für den menschlichen Organismus zuträgliche Mass nicht überschreite. Die bedeutendste Quelle für eine stärkere Anreicherung der Luft mit radioaktiven Partikeln ist die Wasserstoffbombe, welche 100- bis 1000mal mehr radioaktive Teilchen in die Atmosphäre bringt als eine Atombombe. Der Vorgang bleibt jedoch der gleiche wie bei der Atombombe. Es werden die gleichen radioaktiven Spaltprodukte erzeugt, deren Strahlungsfähigkeit in gleicher Weise abklingt. So vermindert sich die Intensität von Gamma-Strahlen um das 50fache in der Zeit zwischen einer Stunde und einem Tag nach der Explosion. Nach Verlauf von zehn Tagen vermindert sie sich nochmals um das 20fache, und nach 100 Tagen nochmals um das 10fache.

Die Explosion einer Wasserstoffbombe am Boden infiziert Millionen Tonnen Erde mit radioaktiven Teilchen. Die kleinsten dieser Teilchen werden rund um die Erde getragen, zerstreuen sich und fallen im Verlauf von Jahren langsam auf die Erde zurück. Bei einer Wasserstoffbombenexplosion in der Luft liegen die Verhältnisse insofern etwas anders, als praktisch die ganze Radioaktivität in die Luft geht. In England hat man zum Beispiel die Sättigung der Luft mit radioaktiven Teilchen mit Hilfe von Flugzeugen zu messen versucht, die bestimmte Filtrierapparate mit sich führten, sowie durch die Untersuchung von Regenwasser. Daraus ergab sich, dass sich die Intensität der von den Atomversuchen entwickelnden radioaktiven Strahlung in die Atmosphäre beziehungsweise Stratosphäre sehr viel stärker ausbreitet als auf dem Boden. Die durchschnittliche radioaktive Konzentration in der Luft direkt über dem Boden kann für die seit Beginn der Versuche vergangenen drei Jahre mit einem Prozent des natürlichen Mittelwertes an radioaktivem Staub angegeben werden. Aber auch die normale Sättigung der Luft mit radioaktiven Partikeln ist nicht konstant; sie kann vielmehr bis zum 15fachen des Durchschnittes ansteigen.

Was die radioaktiven Strahlungswirkungen der Atomexplosionen auf den menschlichen Körper betrifft, so beträgt in England der Niederschlag bei maximaler Wirkungsmöglichkeit etwa 0,01 r. In den USA beträgt die Dosis etwa 0,1 r. Für bestimmte Gebiete kann sich dieser Wert unter Umständen verdoppeln.

Backsteinhäuser und der Aufenthalt in den unteren Geschossen der Häuser vermindert die radioaktive Strahlungswirkung etwa um das 20fache. Die durchschnittliche, in England vorhandene radioaktive Dosis beträgt 0,003 r innerhalb eines Zeitraumes von 30 Jahren. Wie klein diese Menge ist, geht daraus hervor, dass die natürliche radioaktive Strahlung des Bodens, die kosmische Strahlung und die natürliche Radioaktivität des menschlichen Körpers eine Menge von 3 r in 30 Jahren ergibt und dass diese Konzentration in gewissen Gebieten der Erde, zum Beispiel in Tibet, das der Beschiessung mit kosmischen Strahlen aus dem Weltall besonders ausgesetzt ist, auf 5 r ansteigt. Demnach beträgt die zusätzliche, durch die Atomversuche erzeugte Verstärkung der Radioaktivität etwa ein Tausendstel der in unserer Umgebung in der Natur vorhandenen Strahlung.

Die biologischen Wirkungen erhöhter radioaktiver Strahlung zeigen sich an einer verstärkten Mutationsfreudigkeit der Gene, die für die Uebertragung der Erbmerkmale verantwortlich sind. Diese auf Strahlungseffekte zurückgehenden Mutationen sind ihrer Art nach identisch mit den natürlichen Mutationen. Die Wirkungen sind ganz verschieden und reichen vom pränatalen Tod bis zu leichten Gesundheitsschäden, kleinen geistigen Störungen und Anfälligkeiten. Bedeutende Wissenschaftler sind der Auffassung, dass eine Verdoppelung des natürlichen Mutationsanteils im Verlaufe von Generationen eine verheerende Wirkung auf die zivilisierte Bevölkerung haben müsste. Die Meinungen der Genetiker über den höchstzulässigen radioaktiven Spiegel gehen allerdings sehr auseinander. Im Laboratorium von Oak Ridge werden zum Beispiel im Auftrage der US-Atomenergiekommission Versuche mit Mäusen gemacht, deren Ergebnisse selbstverständlich für den Menschen noch nicht ohne weiteres schlüssig sind. Bei dem oben angegebenen Effekt von 0,003 r innerhalb von 30 Jahren bleibt die derzeitige Wirkung immer noch mehrtausendfach unter dem vielfach noch als zuträglich angegebenen Spiegel.

Am meisten wird heute vom Einfluss der Atomexplosionen auf das Wetter gesprochen. Beim Vulkanausbruch des Krakatau im Jahre 1883 wurde eine Verminderung der Sonnenstrahlung auf der Erde um 10 Prozent festgestellt als Folge der in die Atmosphäre zerstreuten Staubteilchen. Die Angaben über das mutmassliche Gewicht des in die Atmosphäre geschleuderten Staubes schwanken zwischen 100 Millionen Tonnen und einer Zahl, die das 200fache davon beträgt. Diese Menge hatte keinen Einfluss auf das Wetter. Vermutlich ist der Einfluss des durch die Atomexplosionen in die Atmosphäre gelangten zusätzlichen Staubes auf die