

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105/106 (1935)
Heft: 5

Artikel: Bautechnischer Luftschutz
Autor: Naef, Rob. A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-47385>

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: 15.01.2026

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

Für den offenen Hohlzylinder ergibt sich mit diesem Wert aus Diagramm Abb. 2 $b/a = 1,58$ und $a/\vartheta_a = 0,31$. Aus Gleichung (24) wird $\varepsilon_a = 0,0043 < \varepsilon_v$, während die übliche Berechnungsweise $b/a = 2,755$ ergeben würde. Für den geschlossenen Hohlzylinder wird mit $p/\sigma_0 = 0,5$ aus Diagramm Abb. 3 $b/a = 1,54$, $a/\vartheta_a = 0,355$ und mit Gleichung (24) wird $\varepsilon_a = 0,0038 < \varepsilon_v$, während die übliche Berechnungsweise $b/a = 2,75$ ergibt. Noch augenscheinlicher wird der Unterschied der beiden Dimensionierungsarten, wenn p/σ_0 grösser als $1/\sqrt{3}$ ist. Für diesen Wert ergibt sich nach der üblichen Berechnungsweise $b/a = \infty$, während nach der neuen für den offenen Hohlzylinder $b/a = 1,69$ und für den geschlossenen $b/a = 1,65$ ist.

Zusammenfassend lässt sich folgendes sagen: Die übliche Dimensionierung durch Innendruck beanspruchter Hohlzylinder aus zähem Material, die voraussetzt, dass die Belastungsgrenze bei jenem Innendruck liegt, der die Innenwand des Hohlzylinders bis an die Fliessgrenze beansprucht, ergibt bei hohen Innendrücken Wandstärken, die entweder zu gross oder überhaupt nicht ausführbar sind. Andererseits wurde gezeigt, dass man bei einem zähem Material mit ausgesprochener Fliessgrenze bis zu einem Halbmesser-Verhältnis von rd. 2,2 als Belastungsgrenze jenen Innendruck ansehen darf, der den ganzen Hohlzylinder bis zu seiner Aussenwand plastisch macht. Zu beachten ist dabei ausserdem, dass die grösste Dehnung im Spannungsdigramm kleiner ist als die Dehnung des verwendeten Materials bis zum Verfestigungsbegrenzung. Um die Dimensionierung zu vereinfachen, wurden die gefundenen Beziehungen in Diagrammen dargestellt. Schliesslich wurde auch gezeigt, dass die Kesselformel beim geschlossenen dünnwandigen Hohlzylinder bis zu einem Halbmesser-Verhältnis von 1,4 gute Näherungswerte ergibt, während man sie auch schon beim dünnwandigen offenen Hohlzylinder für die Dimensionierung nicht anwenden sollte.

Bautechnischer Luftschutz.

Von ROB. A. NAEF, Dipl. Ing., Zürich.

Es soll hier nicht die Notwendigkeit des zivilen Luftschutzes untersucht werden. Dies ist ein politisches Problem. Der Bundesrat hat durch seinen Beschluss vom 29. Sept. 1934 Stellung genommen. Damit erübrigt sich eine weitere Diskussion an diesem Orte, hingegen interessieren den Ingenieur die Anforderungen des zivilen Luftschutzes an die Bautechnik und die Möglichkeiten, diese Forderungen zu erfüllen. Im Ausland ist bereits eine umfangreiche Literatur über diese Frage erschienen. Schoszberger¹⁾ gibt ein Literaturverzeichnis mit 315 Nummern. Wir zitieren nur drei der interessantesten Bücher^{1,2,3)}.

Der Luftangriff gegen das Hinterland arbeitet in der Hauptsache mit drei Mitteln: a) Brisanzbombe, b) Brandbomben, c) Chemische Kampfstoffe.

Ein absoluter Schutz der Bevölkerung und wichtiger Objekte gegen diese Kampfmittel ist unmöglich. Es kann sich nur darum handeln, zu entscheiden, wie weit der relative Schutz reichen soll. Darüber gehen die Ansichten stark auseinander. Die zitierten Autoren verlangen, dass schon bei den Bebauungsplänen die Forderungen des Luftschutzes weitgehend berücksichtigt werden. Vauthier⁴⁾ sagt (pag. 219): „Il faut reconstruire les villes sur de nouvelles bases“. Schoszberger erklärt (pag. 206): „Die Bandstadt ist die Stadt der Zukunft“. Diese Auffassungen sind abzulehnen. Im günstigsten Falle würden sich diese Massnahmen erst nach Jahrzehnten auswirken. Dann werden sich die Verhältnisse so stark geändert haben, dass entweder mit Luftangriffen überhaupt nicht mehr zu rechnen ist oder die Angriffsmittel andere geworden sind. Vauthier schlägt z. B.

¹⁾ Hans Schoszberger, „Bautechnischer Luftschutz“, Bauweltverlag, Berlin 1934. (Besprochen auf S. 60 dieser Nummer. Red.)

²⁾ Giuseppe Stellingwerff, „La Protezione dei Fabbricati dagli attacchi aerei“, Ulrico Hoepli, editore, Milano 1933.

³⁾ Lt.-Cl. Vauthier, „Le danger aérien et l'avenir du pays“, Editions Berger-Levrault, Paris 1930.

Hochhäuser vor. Diese bieten wohl heute dem vertikalen Bombenabwurf ein kleines Ziel, werden jedoch später durch Beschuss mit Avions-Canons⁴⁾ leicht zu treffen sein.

Wir glauben, dass der bautechnische Luftschutz sich auf Mittel beschränken soll, die mit möglichst geringem Kostenaufwand in kurzer Zeit durchgeführt werden können.

a) *Schutz gegen Brisanzbombe*: Natürlich ist auf diese Weise kein Schutz gegen Volltreffer schwerster Brisanzbombe zu erreichen. Eine Bombe von 2500 kg Gewicht, aus 5000 m Höhe abgeworfen, durchdringt nach den Formeln von Stellingwerff²⁾ 35 m Erde oder 6,0 m Beton und nach Peres¹⁾ 21 m Erde oder 5,0 m Beton⁵⁾. Diese Zahlen geben nur die Grössenordnung an, da einerseits die Bombengewichte und Abwurfhöhen mit den Fortschritten der Aviatik noch zunehmen können, andererseits die Formeln nur Annäherungen sind. Sie zeigen aber, dass auch mit den raffiniertesten Mitteln der Befestigungstechnik ein Schutz gegen Volltreffer sehr schwer ist. Für den Gasdruck und die Splitterwirkung in unmittelbarer Nähe der explodierenden Bombe ergeben sich ebenfalls so grosse Werte, dass Gebäude dagegen nicht zu schützen sind. Andererseits kann selbstverständlich nur eine sehr beschränkte Anzahl schwerster Bomben abgeworfen werden. Auch ist die Treffsicherheit bei Abwurf aus grosser Höhe gering, die Streuung wird bei Horizontalflug auf 4% der Abwurfhöhe geschätzt. Die Wahrscheinlichkeit eines Volltreffers auf ein bestimmtes Gebäude ist also sehr gering.

Die grösste Gefahr für die Gebäude bedeutet der *Luftstoss*, der nach den Versuchen der chemisch-technischen Reichsanstalt in Berlin¹⁾ für 1000 kg Sprengstoff in 20 m Entfernung einen Druck von $p_m = 50000 \text{ kg/m}^2$ und in 1000 m Entfernung einen Druck von 190 kg/m^2 ergibt. Abb. 1 zeigt p_m in Funktion der Entfernung d vom Explosionsherd.

Dieser Druck kann nicht unmittelbar mit dem Winddruck verglichen werden, da der Luftstoss nur äusserst kurze Zeit wirksam ist. Abb. 2 zeigt nach¹⁾ den Druck p in Funktion der Zeit, für 1000 kg Sprengstoff und $d = 500 \text{ m}$.

Die erwähnten Versuche haben ergeben, dass ein Luftstoss von 2000 kg/m^2 die Standfestigkeit der Gebäude nicht gefährdet.

Die Beanspruchungen durch den Luftstoss lassen sich für einfache Fälle auch theoretisch erfassen. Wir untersuchen einen einfachen Balken nach Abb. 3.

Wir setzen (Abb. 2)

$$\begin{aligned} p &= p_m \sin \alpha t, \quad \alpha = 40 \pi, \quad \text{für } 0 \leq t \leq 0,025 \\ p &= 0 \quad \text{für } 0,025 \leq t \end{aligned}$$

und erhalten nach der Grundgleichung der Dynamik folgende partielle Differentialgleichungen:

$$\frac{m \partial^2 y}{\partial t^2} + J E \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = p_m \sin \alpha t, \quad 0 \leq t \leq T = 0,025 \text{ sec} \quad (1)$$

$$\frac{m \partial^2 y}{\partial t^2} + J E \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0 \quad T \leq t \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

⁴⁾ Vergl. hierüber „L'Illustration“ vom 17. Nov. 1934, pag. 383.

⁵⁾ Dr. L. Bendel hat die wichtigsten Formeln in seinen „Merkblättern für die baulichen Luftschutzmaßnahmen“ (vgl. „SBZ“ Bd. 104, Seite 213) zusammengestellt. Die obigen Zahlen gelten für homogene und unendlich grosse Ziele.

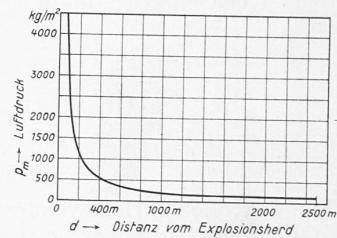


Abb. 1. Luftstoss einer 1000 kg-Bombe (nach Schoszberger).

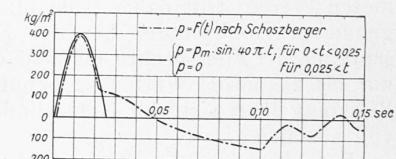


Abb. 2. Luftstoss p in Funktion der Zeit für $d = 500 \text{ m}$.

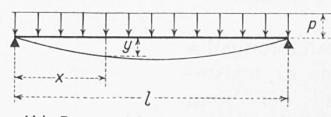


Abb. 3

und zweckmässiger, Plattendächer vorzusehen, die weniger leicht durchschlagen werden als Hohlsteindecken.

c) *Schutz gegen chemische Kampfstoffe*: Die chemischen Kampfstoffe wirken nicht direkt auf die Bauten. In den Bebauungsplänen auf sie Rücksicht zu nehmen, müssen wir ablehnen. Es ergäbe sich hier beispielsweise für Zürich das Postulat, im Interesse einer raschen Entgiftung die wichtigsten Bauten auf die umliegenden Höhen zu legen (vergl. Vauthier³), pag. 221). Hingegen sind Schutzräume gassicher auszubauen.

Wir kommen also zu folgenden *Schlussfolgerungen*: Als bautechnische Massnahmen für den Luftschutz sind vorzusehen: Massive Decken im obersten Geschoss oder massives Flachdach, sowie Schutzräume im Keller. Für Neubauten ist strikte Anwendung der eidg. Vorschriften betr. Winddruck notwendig.

Die Schutzräume werden am vorteilhaftesten in die Keller gelegt. Dort sind sie weder dem Luftstoss noch der Splitterwirkung ausgesetzt. Da sie gegen Brisanzbombe nur einen relativen Schutz bieten, ist es besser, viele kleine als wenige grosse Schutzräume vorzusehen. In der Literatur wird eine Belegung von 50 Personen als Maximum empfohlen. Obwohl es nahe liegt, z. B. bei Bahnhöfen grosse Schutzräume anzulegen, so ist dies abzulehnen, da gerade diese Objekte mit den schwersten Bomben belegt werden und ein Volltreffer in einem überfüllten grossen Schutzraum eine ungeheure Wirkung hätte.

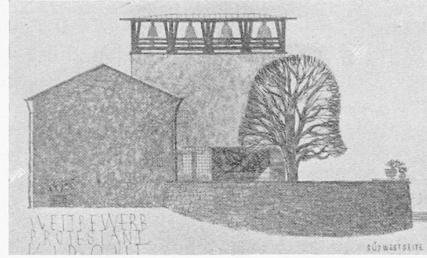
Als notwendiger Nutzraum werden 3 m³ pro Person verlangt. Neue Schutzräume (Abb. 7, nach Schoszberger) werden als langgestrecktes Rechteck angelegt, um die Spannweiten der Decken möglichst klein zu halten. An jedem Ende ist ein Ausgang mit Gasschleuse vorzusehen. Auf die Einrichtung der Schutzräume soll hier nicht näher eingegangen werden.

Am besten erscheint uns die Ausführung des Schutzraumes als geschlossener Eisenbetonrahmen mit biegsamester Verbindung von Wänden und Decken. Für welche Beanspruchung ist nun die Decke zu berechnen? Peres¹) nimmt an, dass beim Einsturz des Gebäudes die Schutzraumdecke einen gewissen Prozentsatz der über ihr liegenden Bauteile tragen muss und gibt folgende Zahlen an: $P = P_t + P_n$ wobei P = Belastung der Schutzraumdecke in kg,

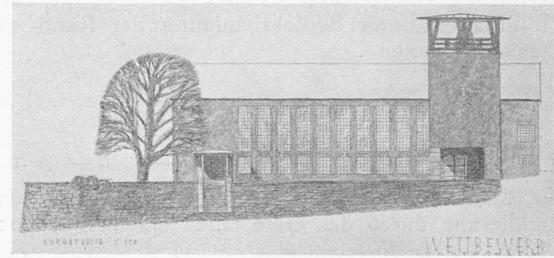
$P_t = 75\%$ des Gewichtes der über der Schutzraumdecke liegenden Baustoffe in kg,

$P_n = 50\%$ der Summe der Nutzlasten aller über der Schutzraumdecke liegenden Decken in kg.

Diese Formeln entsprechen nicht der Wirklichkeit, denn sie rechnen mit ruhender Belastung. Beim Einsturz eines



I. Preis, Entwurf Nr. 52. Südwestansicht.



Ansicht aus Südost.

Baues erhalten jedoch die herabfallenden Bauteile eine beträchtliche kinetische Energie, sodass die Beanspruchungen der Schutzraumdecke um ein Vielfaches grösser sind als Peres annimmt. Dies lässt sich mit Hilfe der Formeln von Föppl⁶) leicht nachweisen. Er betrachtet eine Last P , die frei aus der Höhe h auf einen einfachen Balken fällt (Abb. 8) und erhält $\frac{1}{2} P_1^2 \frac{l^3}{48 JE} = 0,80 P h$ wobei P_1 die statische Ersatzlast ist, welche die selbe Beanspruchung hervorruft, wie die fallende Last P .

$$P_1 = \sqrt{\frac{76,8 P h JE}{l^8}}$$

$$M = \frac{P_1 l}{4} = \sqrt{\frac{4,8 P h JE}{l}} = \sigma W$$

Für eiserne Träger erhalten wir

$$W = \frac{2 J}{d}, \text{ also } \frac{4,8 P h E}{l} = \frac{\sigma^2 4 J}{d^2}$$

$$\frac{J}{d^2} = \frac{1,2 P h E}{\sigma^2 l}$$

Da es sich um ausserordentliche Belastungen handelt, allzugrossen Dehnungen jedoch vermieden werden müssen, wählen wir $\sigma = 2000 \text{ kg/cm}^2$. Wir erhalten nun für $P = 150 \text{ kg}$, $h = 300 \text{ cm}$, $l = 300 \text{ cm}$

$$\frac{J}{d^2} = \frac{1,2 \cdot 150 \cdot 300 \cdot 2,15 \cdot 10^6}{2000^2 \cdot 300} = 96,7$$

Drei Träger DIP 32 ergeben $\frac{J}{d^2} = \frac{3 \cdot 32250}{32^2} = 95,5$

Es ergeben sich also so starke Dimensionen, dass wir es vorziehen, den Schutzraum nach Abb. 9 knapp unter die Kellerdecke zu setzen. Diese soll die herabfallenden Bauteile abbremsen, sodass der Schutzraum, wie vorgeschlagen, leichter dimensioniert werden kann.

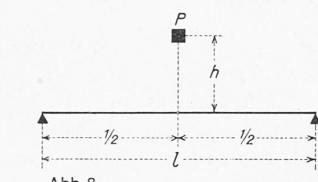


Abb. 8

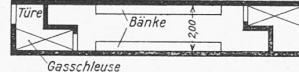


Abb. 7. Schutzraum nach Schoszberger.

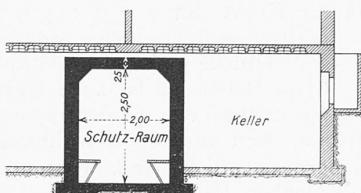


Abb. 9. Eingebauter Schutzraum.

Wettbewerb für eine reformierte Dorfkirche in Birmenstorf, Kanton Aargau.

[Dass 1935 Jahre nach Christi Geburt die Darstellung einer Kirche von Arbeiten umrahmt ist, die dem Luft- und Gasschutz gewidmet sind, wirft ein grelles Licht auf unsere kulturelle Situation. Nicht jedem fällt es leicht, darüber hinweg zur Tagesordnung zu schreiten, und das mutige Votum von Prof. R. Dubs in der „Gasschutz-Sitzung“ des Z. I. A. (vergl. Seite 60 dieser Nummer) war mehr als nur ein landläufiger Protest gegen den Krieg: es war ein rein logisch begründeter, eindringlicher Aufruf an die Techniker, mit der ihrem Fach eigenen zweckbewussten Nüchternheit auch an der Lösung des Problems der Kriegs-Verhütung mitzuarbeiten, damit die gleiche Energie, die heute notgedrungen für die Bekämpfung der Folgen des Krieges eingesetzt wird, mit grösserem Nutzeffekt zur Behebung seiner Ursachen aufgeboten werden kann.

Dass diese Aufgabe im konkreten Fall nicht uns als Technikern obliegt, dass wir sie nur durch unsere allgemeine Geisteshaltung unterstützen können, und uns in unserer Tätigkeit mit der Abwehr der Gefahr begnügen müssen, darüber wird wohl kein Zweifel herrschen.

Der Luftschutzbau ist vielleicht nicht weniger „ideal“ als der Kirchenbau — auch in der Kirche kämpft man für den Sieg des Guten und die Abwehr des Bösen, und in

⁶ Aug. Föppl, „Festigkeitslehre“, Band III, 6. Auflage, pag. 183.