

Zeitschrift: Protar
Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes
Band: 3 (1936-1937)
Heft: 2

Artikel: Baulicher Luftschutz
Autor: Schindler, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-362507>

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: 15.02.2026

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

Bezeichnungen (Abb. 7).

- b = wirksame Breite der Betonplatte (Balkenabstand)
 d = Stärke der Betonplatte
 a = Breite der Holzrippe
 h = Höhe des Verbundquerschnitts
 e_1 = Abstand des Schwerpunkts vom äussersten Druckrand
 e_2 = Abstand des Schwerpunkts vom äussersten Zugrand
 E_B = Elastizitätsmodul des Betons = 200'000 kg/cm²
 E_H = Elastizitätsmodul des Holzes = 110'000 kg/cm²
 n = Verhältnis der Elastizitätsmoduli
 D = innere Druckkraft
 Z = innere Zugkraft
 m = Abstand der Mittelpunkte der Zug- und Druckkräfte
 M = Moment der innern Kräfte = äusseres Biegemoment
 σ_B = Spannung in der äussersten Betonschicht in kg/cm²
 σ_H = Spannung in den äussersten Holzfasern in kg/cm²
 Q = Querkraft
 A = Auflagerdruck
 T = horizontale Schubkraft
 τ = Schubspannung in kg/cm²
 s = gegenseitiger Abstand der Verankerungseisen
 f = Eindringungstiefe der Verankerungseisen im Holz.

Bestimmung der Beton- und Holzspannungen.

Für den auf Biegung beanspruchten Holzbeton-Verbundbalken gelten folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 Z &= D \\
 m &= \frac{2}{3} h \\
 M &= D \cdot m = Z \cdot m.
 \end{aligned}$$

Die Dehnungen sind den Spannungen und folglich auch den Abständen von der Neutralachse proportio-

nal. Die Nulllinie des Verbundquerschnittes verläuft durch den Schwerpunkt S der wirksamen (schraffierten) Querschnittsfläche, worin der Holzquerschnitt durch einen n -fachen Betonquerschnitt ersetzt ist.

$$n = E_H / E_B = 0,55.$$

Die Lage der Neutralachse der wirksamen Querschnittsfläche, das heisst ihr Abstand von den äussersten Fasern, ist bestimmt durch die folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 e_1 &= \frac{1}{2} \left(\frac{n \cdot a \cdot h^2 + (b - n \cdot a) d^2}{n \cdot a \cdot h + (b - n \cdot a) d} \right) \\
 e_2 &= h - e_1.
 \end{aligned}$$

Das Moment der innern Kräfte im Verbundquerschnitt, das auch dem äusseren Biegemoment entspricht, ist durch die folgenden Gleichungen bestimmt:

$$M = \frac{b \cdot e_1 / 2 \cdot \sigma_B}{D} \cdot \frac{2/3 h}{m} = \frac{a \cdot e_2 / 2 \cdot \sigma_H}{Z} \cdot \frac{2/3 h}{m},$$

woraus die Gleichungen für die Spannungen in den äussersten Schichten hervorgehen:

$$\sigma_B = \frac{3 M}{b e_1 h} \quad \sigma_H = \frac{3 M}{a e_2 h}.$$

Berechnung der Schubverankerung.

Die horizontale Schubkraft in der Neutralachse und auch in der Verbundfläche ist für je 1 cm Balkenlänge:

$$T = Q / m = 1,5 Q / h$$

und die von den einzelnen Verankerungseisen aufzunehmende Schubkraft ist demnach:

$$T_s = 1,5 Q s / h,$$

wobei in Auflagernähe $Q = A$ wird.

Bei f cm Eindringungstiefe des Eisenflansches wird der Stauchdruck im Holz:

$$\sigma = T_s / (f \cdot a).$$

Die horizontale Schubspannung im Holzbalken zwischen zwei Verankerungseisen ist:

$$\tau = T_s / (s \cdot a), \text{ oder } = 1,5 Q / (h \cdot a).$$

Baulicher Luftschutz Von G. Schindler, dipl. Arch., Zürich

Obwohl wir Techniker ein gewisses Widerstreben gegen Schreibereien hegen, erachte ich es als meine Pflicht, einige Angaben aus Versuchen zu veröffentlichen. Durch die Luftschutzliteratur, die gegenwärtig vorhanden ist, wird im Volke das Gefühl geweckt, dass der ganze bauliche Luftschutz sich im Anfangsstadium befinde. Daraus folgt ein gewisses Misstrauen, und notwendigste Massnahmen werden verzögert, damit nicht Anlagen erstellt werden, die Gefahr laufen, in einigen Monaten schon als überholt gelten zu müssen. In Wirklichkeit können die technischen Probleme aber als abgeklärt gelten, denn schon seit Jahren existieren systematische Untersuchungen. Grosszügige Anlagen im Auslande haben ihre Brauchbarkeit erwiesen. Der Fehler, dass diese Tatsachen nicht bekannt wurden, mag an uns liegen, da wir lieber neue Studien in Angriff nehmen, als über

Probleme zu schreiben, die bereits als erledigt gelten können.

Ein äusserst wichtiges Kapitel bedeutet die Belüftung der Schutzräume, da dieselbe nicht nur in Einzelfällen zur Anwendung gelangt, sondern in allen grösseren Anlagen notwendig wird. Genaue Untersuchungen haben nämlich schon seit langem gezeigt, dass es wirtschaftlicher ist, kleine Schutzraumflächen vorzusehen und dafür eine künstliche Belüftung einzubauen, als grosse Anlagen mit dem notwendigen Luftvolumen für einen 3–4stündigen Aufenthalt zu erstellen.

Nicht abgeklärt war anfänglich die Frage, welche Luftquantitäten für die Belüftung notwendig seien. Natürlich konnten die Berechnungen der im Hochbau gebräuchlichen Ventilierungsanlagen keine brauchbaren Anhaltspunkte bilden, da dort im allgemeinen sehr reichlich dimen-

sioniert werden kann, während für Schutzraum-
anlagen der Mindestluftverbrauch festzustellen
war.

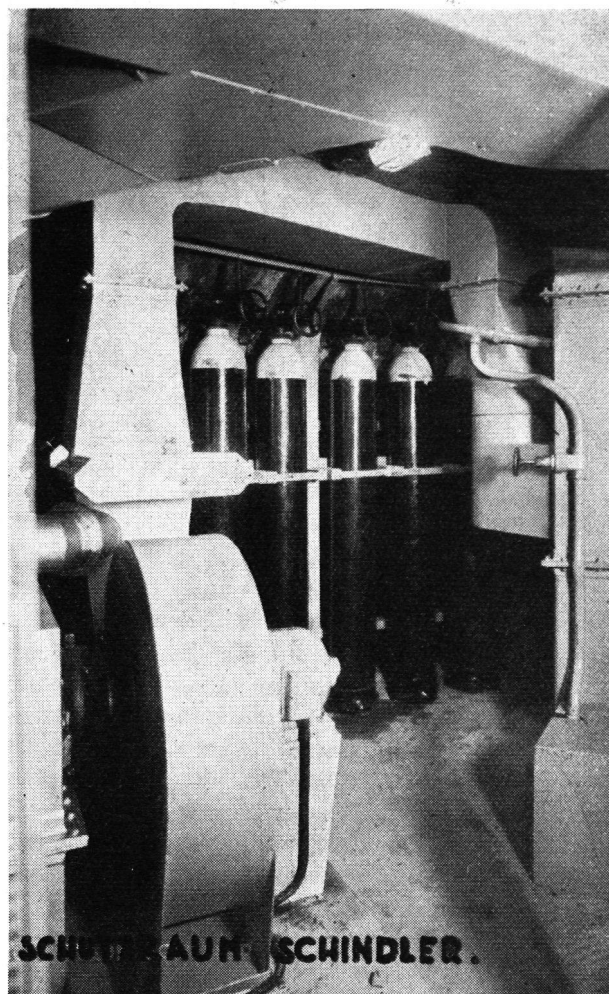
Von deutscher Seite wurden deshalb Versuche
mit Einzelpersonen in geschlossenen Eisenbehäl-
tern vorgenommen, und durch genaue Messungen
konnten sowohl Sauerstoffverbrauch als Kohlen-
säureabgabe festgestellt werden. Persönlich befrie-
digten mich diese Angaben nicht, denn erstens
handelte es sich um Einzelversuche und zweitens
entsprach die gewählte Versuchsanordnung nicht
der Wirklichkeit.

Die Reaktion des Körpers hängt nämlich nicht
nur von der Zusammensetzung der eingeatmeten
Luft ab, sondern in starkem Masse von der Raum-
temperatur, der Feuchtigkeit und fast ebenso stark
von der psychischen Verfassung, in der sich die
Belegschaft des Schutzraumes befindet. Der Luft-
verbrauch kann vom ungünstigsten Fall bis zum
günstigsten um ein Mehrfaches variieren. Einzel-
versuche in Anlagen, die nicht in allem den nor-
malen Verhältnissen in Schutzräumen entsprechen,
können deshalb zu vollständig falschen Resultaten
führen.

Aus diesen Gründen benutzte ich bei einem
Schutzraumbau in Frankreich die Gelegenheit, um
eine Kreislaufbelüftung einzubauen. Der Fall war
besonders günstig, da es sich um einen vollständig
in der Erde gelegenen Schutzraum handelte, den
ich überdies in vibriertem Beton erstellen liess,
sodass ich über eine Versuchsanordnung verfügte,
bei der keine äusseren und unbekannten Einflüsse
auftreten konnten. Der Raum war verhältnis-
mässig dicht, sodass ohne weiteres 100 mm Was-
sersäule Ueberdruck erzeugt werden konnten. Die
Erdtemperatur war in allen Aussenwänden des
Schutzraumes, dessen Kuppel sich 3 m unter Erde
befindet, gleichmässig ca. 14 ° Celsius.

Der Versuch wurde mit 150 Personen durch-
geführt, und zwar wurde die Personenverteilung
derart vorgenommen, dass in dem vierstöckigen
Schutzraum das zweitunterste Stockwerk über-
lastet wurde, während das unterste zur Kontrolle
leer blieb. Das zweitoberste Stockwerk war normal
besetzt. Im obersten Stockwerk war diejenige Be-
setzung, die in dem dort befindlichen Maschinen-
raum und Krankenraum normalerweise vorzu-
sehen ist.

Als Maschinenanlage wurde eingebaut eine
komplette Luftregenerieranlage, bestehend aus
Kohlensäureabsorptionsapparat, Sauerstoffzusatz
aus Flaschen, Feuchtigkeitsregulierung und Kühl-
anlage, kombiniert für Luftkühlung und Wand-
kühlung nach System Sulzer. Die Luftumwälzung
geschah durch einen Ventilator mit Elektromotor,
der entweder durch die Stromversorgung oder
durch eine besondere Dieselanlage gespeist wird.
Um in allem kriegsmässige Verhältnisse zu er-
reichen, wurden die Arbeiter der Fabrik, die als



Maschinenanlage im Schutzraum «Schindler».

Von links nach rechts: Ventilator mit Elektromotor; Stahl-
flaschen mit komprimiertem Sauerstoff, 150 Atm.; Kohlen-
säureabsorptionsapparat.

Belegschaft für den Schutzraum bestimmt waren,
ziemlich bald nach Arbeitsbeginn alarmiert. Be-
sonders unter den Frauen, die zirka 80 % des Per-
sonals ausmachten, war die Aufregung beträcht-
lich, denn wenn auch keine Kriegsangst vorhanden
war, so erzeugte das Gefühl, für unbekannte Ver-
suche auserlesen zu sein, doch eine ähnliche Wir-
kung. Jedenfalls wurde eine Arbeiterin noch vor
Betreten des Schutzraumes ohnmächtig. Sie erholte
sich erst nachträglich im Schutzraum, was wir zu
unseren Gunsten als Beweis einer einwandfreien
Belüftung auslegen.

Sofort nach der Besetzung des Raumes, die drei
Minuten dauerte, vom Alarm an gerechnet, wurden
die Aussentüren hermetisch verschlossen und die
Belüftungsanlage abgestellt. Nach dreissig Minuten
hatte der Sauerstoffgehalt der Raumluft um zirka
0,5 % abgenommen und unter den Decken waren
Kohlensäureanreicherungen bis zu einem Prozent
feststellbar. Wir hatten im Gegenteil eine stärkere
Kohlensäurekonzentration auf Bodenhöhe erwartet.
Es zeigte sich jedoch während der ganzen Ver-
suchsdauer, dass die Kohlensäure trotz des grösseren



Innenansicht des Schutzraumes «Schindler»
während den Versuchen.

Luftverteilung unter der Decke. — Links oben ist ein Thermometer zur Kontrolle des Wärmedurchganges durch die Wände angebracht.

spezifischen Gewichtes sich an der Decke ansammelte. Es hängt dies mit der Temperatur der ausgeatmeten Luft zusammen. Erst nach leichter Verstellung der Frischluftdüsen konnten wir nachträglich eine gleichmässige Zusammensetzung der Raumluft erreichen. Die Temperatur stieg sehr rasch in leicht abnehmbarer Kurve von 14°C auf $21,5^{\circ}\text{C}$ im überlasteten Raume und auf 20° im schwachbesetzten Stockwerk. Die relative Feuchtigkeit betrug bei $21,5^{\circ}$ 83 %.

Nach dreissig Minuten wurde die Luftumwälzung eingeschaltet und sofort traten starke Verschiebungen in den Messungen auf, obwohl weder Kühlung noch Luftregenerierung eingeschaltet waren. Es war dies einzig auf die gleichmässiger Durchmischung der Luft zurückzuführen. Nachdem wieder ein einigermaßen stationärer Zustand eingetreten war, wurde die Kohlensäureabsorptionsanlage in den Kreislauf eingeschaltet. Der Kohlensäuregehalt, der inzwischen noch etwas gestiegen war, fiel verhältnismässig rasch auf 0,5 % an den ungünstigsten Stellen. Dies bedeutete eine Absorption von zirka 1500 l, doch zeigten sich keinerlei Unterdruckerscheinungen im Schutzraum. Der Druckausgleich ging ziemlich gleichmässig durch die Wände vor sich.

Inzwischen war der Sauerstoffgehalt noch etwas gefallen, doch machten sich selbstverständlich keinerlei Beschwerden bemerkbar. Am unangenehmsten war die nach und nach stark steigende Feuchtigkeit und die Temperatur. Im normalen Leben hätte man die Luft als ziemlich «dick» an-

gesprochen. An den Wänden zeigten sich leichte Kondensationserscheinungen.

Nach einer Stunde seit Versuchsbeginn wurde die komplette Belüftungsanlage eingeschaltet, samt Sauerstoffzusatz und Kühlung. Nach drei weiteren Stunden war ein stationärer Zustand erreicht.

Die Endresultate betrugen: Sauerstoffgehalt 21—21,5 % (normal), Kohlensäuregehalt maximal 0,3 % (an Decke), Temperatur maximal $23,5^{\circ}\text{C}$, Luftfeuchtigkeit bei $23,5^{\circ} = 76\%$, Kondensation an Wänden unmerklich.

Das Mittel der regenerierten und gekühlten Luft betrug an den Einführungsstellen $15,5^{\circ}\text{C}$ und 90 % relative Feuchtigkeit.

Der Aufenthalt im Raume erwies sich als sehr erträglich unter diesen Bedingungen. Ein Teil der Arbeiterinnen machte während der ganzen Dauer des Versuches Handarbeiten.

Infolge der günstigen Temperaturverhältnisse im Innern des Schutzraumes und der ruhigen Stimmung, die sich nach und nach einstellte, war der durchschnittliche Sauerstoffverbrauch geringer als wir anfänglich berechnet hatten. Von 32 Litern pro Stunde und Person, die allerdings zum Teil das Sauerstoffmanko zu Beginn ausgleichen mussten, fiel der Verbrauch auf rund 20 l/h herunter, eine Zahl, auf die wir uns bei spätern Berechnungen ohne weiteres stützten. Besonders interessant war die Tatsache, dass auch sämtliche unangenehmen Gerüche in der Lüfterneuerungsanlage absorbiert wurden. Zur Kontrolle musste jemand aus dem Freien, wo er sich länger aufgehalten hatte, durch die Gasschleuse wieder in den Schutzraum eintreten. Die Luft wurde auch vom Neuankommen absolut nicht als unangenehm empfunden.

Im gewöhnlichen Schutzraumbau kommen selbstverständlich derartig vollkommene Anlagen nur selten zur Anwendung. Selbst die Lüfterneuerungen der Unterseeboote sind einfacher, da die gesamte Kühleinrichtung fortfällt. Aber es ist wertvoll, wenn man vom komplizierten Versuch, bei dem man alle Einflüsse untersuchen kann, ausgeht und erst später auf Grund der gemachten Erfahrungen die einfachen Anlagen projiziert. Jedenfalls wollte ich mit dem angeführten Beispiel zeigen, dass die meisten Probleme des baulichen Luftschutzes, über die noch zum Teil diskutiert wird, effektiv schon seit längerer Zeit gründlich studiert sind und das Risiko für den Bauherrn klein ist, dass eine jetzt erstellte Anlage in absehbarer Zeit als überholt zu betrachten ist.