**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:** 02.10.2025

**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 Biegungsmoment
$\sigma_B$ = Spannung in der äussersten Betonschicht in kg/cm²
$\sigma_H$ = Spannung in den äussersten Holzfasern in kg/cm²
$Q$ = Querkraft
$A$ = Auflagerdruck
$T$ = horizontale Schubkraft
$\tau$ = 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:

$$Z = D$$
$$m = \tfrac{2}{3}\, h$$
$$M = D \cdot m = Z \cdot m.$$

Die Dehnungen sind den Spannungen und folglich auch den Abständen von der Neutralachse proportional. Die Nullinie 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:

$$e_1 = {}^1/_2 \left( \frac{n \cdot a \cdot h^2 + (b - n \cdot a)\, d^2}{n \cdot a \cdot h + (b - n \cdot a)\, d} \right)$$
$$e_2 = h - e_1.$$

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

$$M = \underbrace{b \cdot e_1 / 2 \cdot \sigma_B}_{D} \cdot \underbrace{{}^2/_3\, h}_{m} = \underbrace{a \cdot e_2 / 2 \cdot \sigma_H}_{Z} \cdot \underbrace{{}^2/_3\, h}_{m},$$

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

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

*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 grössern 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 Schutzraumanlagen der Mindestluftverbrauch festzustellen war.

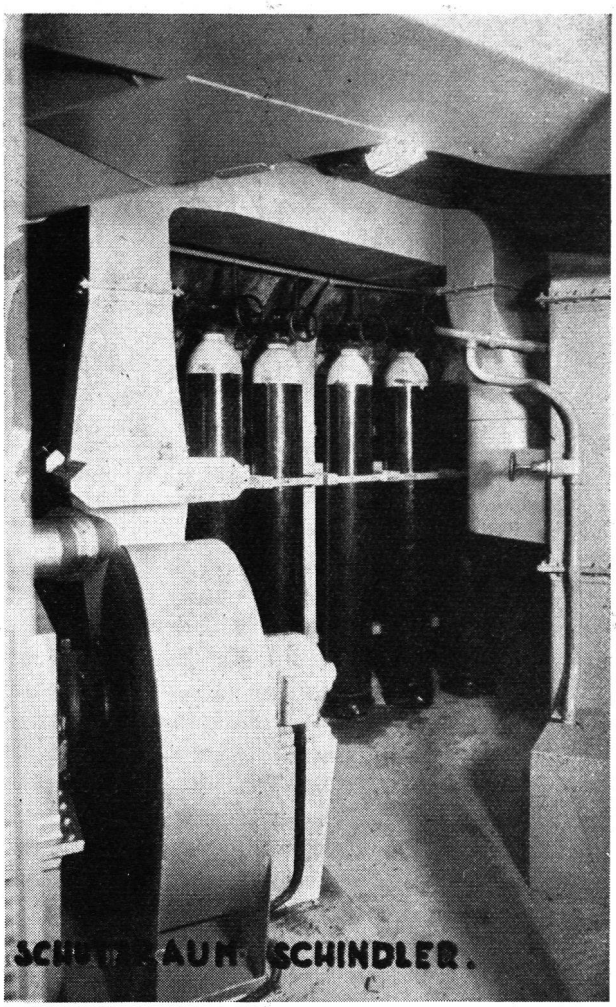
Von deutscher Seite wurden deshalb Versuche mit Einzelpersonen in geschlossenen Eisenbehältern vorgenommen, und durch genaue Messungen konnten sowohl Sauerstoffverbrauch als Kohlensäureabgabe festgestellt werden. Persönlich befriedigten mich diese Angaben nicht, denn erstens handelte es sich um Einzelversuche 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 Raumtemperatur, der Feuchtigkeit und fast ebenso stark von der psychischen Verfassung, in der sich die Belegschaft des Schutzraumes befindet. Der Luftverbrauch kann vom ungünstigsten Fall bis zum günstigsten um ein Mehrfaches variieren. Einzelversuche in Anlagen, die nicht in allem den normalen 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 Kreislauflüftung 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 äussern und unbekannten Einflüsse auftreten konnten. Der Raum war verhältnismässig dicht, sodass ohne weiteres 100 mm Wassersäule 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 durchgeführt, und zwar wurde die Personenverteilung derart vorgenommen, dass in dem vierstöckigen Schutzraum das zweitunterste Stockwerk überlastet wurde, während das unterste zur Kontrolle leer blieb. Das zweitoberste Stockwerk war normal besetzt. Im obersten Stockwerk war diejenige Besetzung, die in dem dort befindlichen Maschinenraum und Krankenraum normalerweise vorzusehen ist.

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




**Maschinenanlage im Schutzraum «Schindler».**
Von links nach rechts: Ventilator mit Elektromotor; Stahlflaschen mit komprimiertem Sauerstoff, 150 Atm.; Kohlensäureabsorptionsapparat.

Belegschaft für den Schutzraum bestimmt waren, ziemlich bald nach Arbeitsbeginn alarmiert. Besonders unter den Frauen, die zirka 80 % des Personals ausmachten, war die Aufregung beträchtlich, denn wenn auch keine Kriegsangst vorhanden war, so erzeugte das Gefühl, für unbekannte Versuche auserlesen zu sein, doch eine ähnliche Wirkung. 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 Versuchsdauer, dass die Kohlensäure trotz des grössern

**Innenansicht des Schutzraumes «Schindler»**
während den Versuchen.
Luftverteilleitung 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 ° C im überlasteten Raume und auf 20 ° im schwachbesetzten Stockwerk. Die relative Feuchtigkeit betrug bei 21,5 ° 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 gleichmässigere Durchmischung der Luft zurückzuführen. Nachdem wieder ein einigermassen stationärer Zustand eingetreten war, wurde die Kohlensäureabsorbtionsanlage 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 Absorbtion 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» angesprochen. 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 ° C, Luftfeuchtigkeit bei 23,5 ° = 76 %, Kondensation an Wänden unmerklich.

Das Mittel der regenerierten und gekühlten Luft betrug an den Einführungsstellen 15,5 ° 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 Lufterneuerungsanlage 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 Neuankommenden absolut nicht als unangenehm empfunden.

Im gewöhnlichen Schutzraumbau kommen selbstverständlich derartig vollkommene Anlagen nur selten zur Anwendung. Selbst die Lufterneuerungen 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 projektiert. 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.