

Zeitschrift:	Protar
Herausgeber:	Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes
Band:	3 (1936-1937)
Heft:	2
Artikel:	Luftschutz durch Verstärkung bestehender Gebäudedäcken mittelst der Holzbeton-Verbundbauweise "Zeta"
Autor:	Schaub, Otto
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-362506

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>

Luftschutz durch Verstärkung bestehender Gebäudedäcken mittelst der Holzbeton-Verbundbauweise „Zeta“

Von Otto Schaub, dipl. Ing., Biel

Die eisenbewehrten Rippen der üblichen Betondecken sind bei der Holzbeton-Verbunddecke durch Holzbalken ersetzt. Holzrippen und Betonplatte werden mittelst schubfester Verankerungen zur statischen Trägereinheit verbunden und so übernimmt bei Biegungsbeanspruchung eines solchen T-förmigen Deckenelementes das Holz die inneren Zug- und der Beton die inneren Druckkräfte. Selbstverständlich ist dieser Rippenplatte ein bedeutend grösseres Tragvermögen eigen als dem Holzbalken allein. Der Zusammenschluss der beiden stofflich ungleichartigen Bauteile zu einem Verbundträger ist deshalb möglich, weil das Holz bei Feuchtigkeitsänderungen wohl quer zu den Fasern stark arbeitet, in der Faserrichtung jedoch nur sehr wenig.

Holzbewehrte Betondecken wurden vor zehn Jahren erstmals in Wohnhäusern eingebaut und haben seither in zahlreichen Gebäuden Anwendung gefunden.¹⁾

In jüngster Zeit gewinnt die Holzbeton-Verbundbauweise sehr an Bedeutung. Denn sie eignet sich nicht nur für Neubauten, sondern ist ebensogut auf bestehende Holzbalkendecken anwendbar. Damit bietet sie die Möglichkeit einer Deckenverstärkung in Altgebäuden und kommt zugleich auch dem dringenden Verlangen des passiven Luftschutzes und der Feuerpolizei entgegen, die brandsichere Decken, namentlich unter Dachräumen, fordern (Abb. 1 und 2).

Da die Wirkungen der Brandbomben, verglichen mit ihrem Aufwand, gross sind, so muss angenommen werden, dass in einem Kriege gerade dieses Kampfmittel in grossem Masseneinsatz zur Verwendung kommen wird. Demgemäß ist vor allem in geschlossenen Ortschaften eine hinreichende Sicherung gegen Brandbomben, die bis zu einigen Kilogramm schwer sind und zur Erschwerung der sofortigen Brandbekämpfung explosive und Giftzusätze enthalten können, anzustreben.

Einen wirksamen Schutz gegen das Durchschlagen der Decken und gegen die Brandentstehung bieten massive Betonplatten von mindestens 8 cm Stärke, während die übliche Holzbalkendecke mit Bretterboden, selbst wenn Sandab-

deckungen oder harte Beläge aufgebracht werden, unzureichend ist.²⁾

Der weit überwiegende Teil aller bestehenden Wohnhäuser, aber auch aller betriebswichtigen öffentlichen Gebäude, wie z. B. Post-, Fernsprech- und Bahngäbäude, städtische Werke, Lagerhäuser,

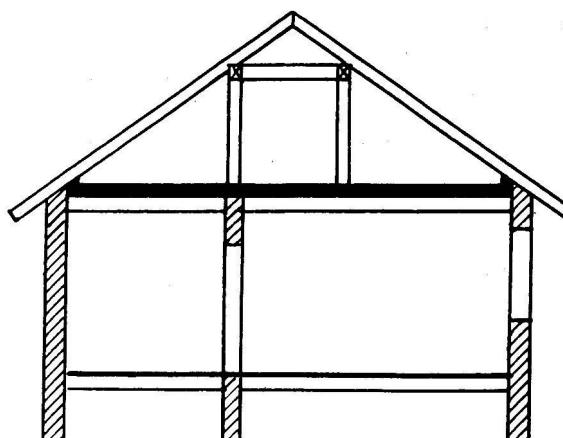


Abb. 1.
Brandschutzdecke unter Dachraum.

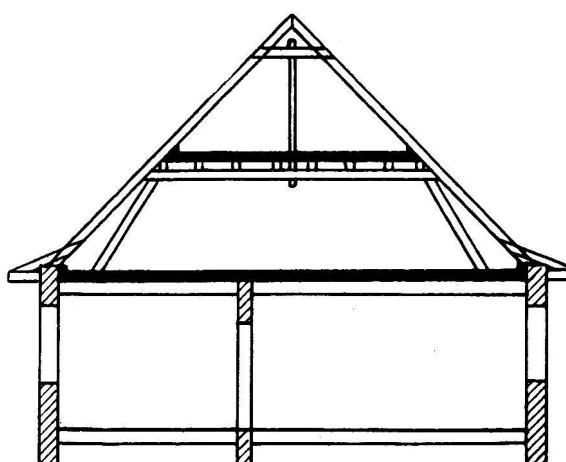


Abb. 2.
Brandschutzdecken.

ferner auch der militärischen Bauten, Kasernen, Zeughäuser, Fabriken der Kriegsindustrie und der kunsthistorisch wertvollen Bauwerke ist noch heute mit hölzernen Dachstühlen und mit Holzdecken versehen. Der Ersatz der letzteren durch Eisenbetondecken, die die oberen Stockwerke gegen den Dachstuhl brandsicher abschliessen sollen, wäre dringend erwünscht, ist aber der hohen Kosten, ferner der baulichen Schwierigkeiten und der grossen Störungen wegen sozusagen undurchführbar.

1) 1. «Das Werk», Zürich, Sept. 1928: Holzbeton-Bauweise.
2. «Nachrichten der Deutschen Linoleumwerke», Dietigheim, Jan. 1931: Ein Wohnhaus in Biel.
3. «Das Werk», Zürich, Aug. 1931: Holzbeton.
4. «Der Baumeister», München, März 1933: Landhaus F. in Erlenbach (Tafel 30).
5. «Mitteilungen der Linoleum A.-G.», Giubiasco, Juni 1934: Schulpavillons in Biel-Madretsch.
6. Siehe auch: «Beton und Eisen», 1919, Seite 7, 46, 85: Holz als Ersatz des Eisens in der Zugbewehrung.

2) «Technische Richtlinien für den baulichen Luftschutz», Eidg. Luftschutzkommission. Ziffern 2, 24, 25, 27, 108, 114, 116.

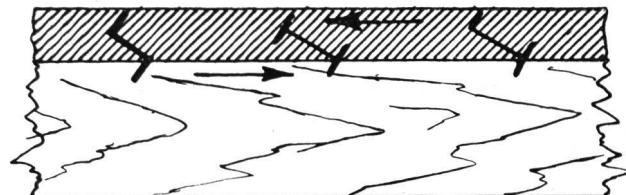
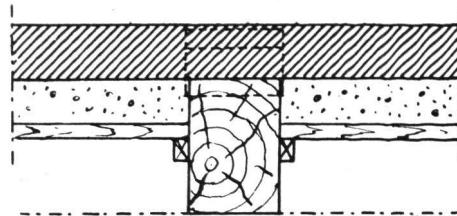


Abb. 3.
«Zeta»-Eisenverankerungen.

Die Holzbeton-Verbundbauweise «Zeta» dagegen ermöglicht mit geringen Kosten den Einbau einer Betonplatte in der Stärke von 6—12 cm oder auch mehr über einer alten Holzbalkendecke, und zwar kann dieser Einbau ohne jede Veränderung der Holzbalken, der Schlackenfüllung, des Schieb- bodens und des Unterputzes und ohne Störung der darunterliegenden Räumlichkeiten geschehen.

Die Betonplatte lastet aber nicht etwa als totes Gewicht auf der bestehenden Balkenlage, sondern sie wird vermöge der Schubverankerung zum Bestandteil der Verbunddecke selbst, deren Tragfähigkeit damit auf ein Mehrfaches derjenigen der ursprünglichen Holzbalkendecke ansteigt.

Eine holzbewehrte Betondecke schliesst die oberen Stockwerke eines Gebäudes gegen den Dachstuhl feuersicher ab, genau so wie eine Eisenbetondecke. Außerdem verleiht eine über dem obersten Geschoss angeordnete Betonplatte dem Gebäude eine beträchtliche Querversteifung, was seine Widerstandsfähigkeit gegenüber den Luftdruckwirkungen von Brisanzbombeen erhöht und die Einsturzgefahr verringert. Wird gleichzeitig mit dem brand- und durchschlagssicheren Deckenabschluss auch der Dachraum selbst durch Entrümpelung und durch Verschalung des Dachgebälkes brandunempfindlich gemacht, dann ist das Ziel der Schutzmassnahmen gegen Brandbomben, nämlich die Möglichkeit ihres Abbrennens in feuersicheren Räumen, vollständig erreicht.

Die Schubverankerung zwischen Holzrippe und Betonplatte wird, unter teilweiser Verbesserung der früheren Ausführung mit Betonverzahnungen, durch L -, T - oder L -förmige Walzeisenabschnitte, die in Abständen von 20—40 cm angeordnet sind, hergestellt. Die unteren Flanschen dieser Verankerungseisen greifen in 2—4 cm tiefe, schief in die Balken gesägte Schnitte ein (Abb. 3, 4 und 5). Der übrige Teil der Eisen ist vom Plattenbeton umhüllt. Diese einfache Schubverbindung lässt bei Biegungsbeanspruchung der Rippendecke eine gegenseitige Verschiebung der beiden Verbundteile nicht zu und zwingt sie zu gemeinsamer Ausführung der Formänderungen.

Die in Pfeilrichtung wirkenden Schubkräfte erzeugen ein Drehmoment, das die Druckplatte und die Holzrippe zusammenpresst, so dass sich eine zusätzliche Vorrichtung zum Zusammenhalten der beiden Verbundteile, wie z. B. die unerlässliche Schraubenverbindung zur Unschädlichmachung

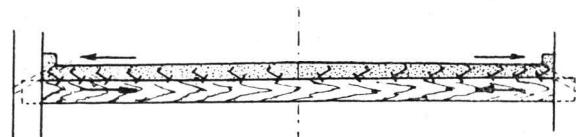


Abb. 4.
Deckenlängsschnitt.

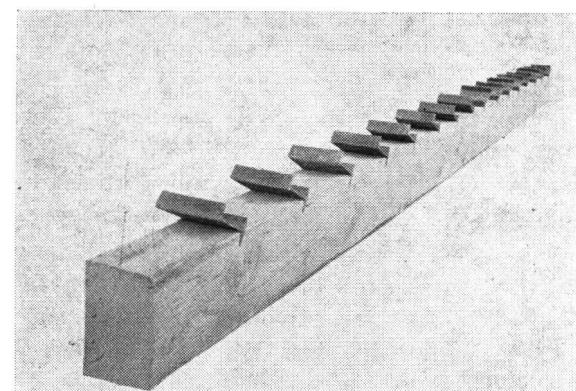


Abb. 5.
«Zeta»-Verbundbalken mit -Verankerungseisen.

des Kippmomentes bei Holzbalkenverdübelungen, erübrigt.

Die «Zeta»-Schubverbindung eignet sich nicht allein nur für ruhende Deckenlasten, sondern verbürgt auch eine weitgehende Sicherheit gegenüber dynamischen Einwirkungen. Denn eine Zerstörung der Verankerung ist selbst bei starken Erschütterungen der Decke als Folge der Auftrreffwucht von Brandbomben, des Luftdruckes zerknallender Brisanzbombeen und der Schlagwirkung zusammenstürzenden Dachgebälkes nicht zu befürchten. Diese Eisenverankerung, von welcher die Tragfähigkeit der Verbunddecke abhängig ist, ist also nicht nur schubfest, sie ist auch erschütterungssicher.

Der Einbau der Betonplatte über bestehendem Holzgebälk bietet keine Schwierigkeiten. Nach dem Entfernen des Holzbodens werden die Einschnitte in die Balken gesägt und die Verankerungseisen eingetrieben. Darauf folgt, ohne dass hierzu eine Schalung notwendig wäre, das Betonieren der Platte unmittelbar auf die mit Dachpappe abgedeckte und allfällig bis oberkant Balken ergänzte Schlackenfüllung. Die Betonplatte erhält entweder die normalen Verteileisen oder dann eine zusätzliche, den Forderungen des baulichen Luftschatzes

entsprechende Netzbewehrung.³⁾ Zur Vermeidung von Durchbiegungen der Holzbalken unter der Auflast des frischen Betons ist während kurzer Zeit eine Stützung oder Aufhängung erforderlich.

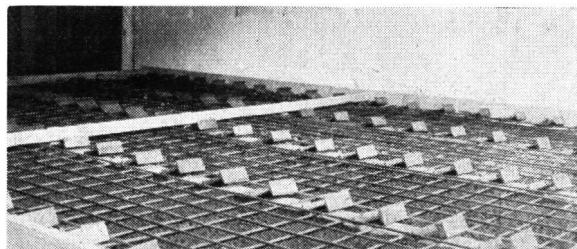


Abb. 6.
«Zeta»-Verbunddecke mit T-Eisenverankerungen.

Wenn in der Balkendecke Schiebboden und Schlackenfüllung fehlen, wie z. B. beim Kehlgewölbe (Abb. 2), dann wird, nachdem die Sägeeinschnitte angebracht sind, über die Balkenlage ein feinmaschiges Netz von Streckmetall verlegt; daraufhin werden die Verankerungseisen eingeschlagen und die Platte betoniert. Das Streckmetallnetz ersetzt die Schalung und dient zugleich der Plattenbewehrung.

Die allerdings nicht gleichförmig über die Berührungsfläche der beiden Verbundteile verteilte, sondern auf einzelne Verankerungsstellen zusammengezogene Übertragung der Schubkräfte hat sich sowohl bei Versuchen, als auch in der Praxis als durchaus zuverlässig erwiesen. Auch die guten Erfahrungen mit den weit verbreiteten, ebenfalls vom Verfasser stammenden Stahlbeton-Verbunddecken «Alpha» (Betonplatte + T-Eisen mit aufgeschweißten spiralförmigen Schubbewehrungen), wo die Schubübertragung ebenso in einzelnen Punkten erfolgt, sprechen zu ihren Gunsten.

Beim Einbau von Betonplatten über bestehendem Holzgebälk wird jeweils nur eine Schmalseite der Balken, die zudem karboliniert werden kann, mit dem Beton in Berührung gebracht. Der übrige Teil des Holzes ist der Lufteinwirkung nicht entzogen und deshalb kann auch nicht von einer Gefahr des Erstickens gesprochen werden.

Werden die Ränder der Betonplatte etwas erhöht, so schützt die muldenförmige Decke die unteren Stockwerke vor Löschwasserschäden in Brandfällen.

In baustatischer Hinsicht ist ergänzend zu sagen, dass die Verbunddecke nicht allein nur positive Biegemomente übernehmen kann, sondern auch Negativmomente über tragenden Zwischenmauern, wenn in die Betonplatte entsprechende Zugeisen gelegt werden. Die Holzbalken sind an diesen Stellen auf Druck beansprucht.

Das Arbeiten des Holzes quer zur Faser beeinträchtigt die Verbundwirkung nicht und wenn die Schutzdecken in Altgebäuden über lufttrockenem Gebälk eingebaut werden, so sind auch in der Balkenrichtung keine wesentlichen Längenänderungen

³⁾ Ziffer 25 der «Technischen Richtlinien für den baulichen Luftschutz».

des Holzes mehr zu erwarten, die zu schädlichen inneren Zusatzspannungen im Verbundquerschnitt Anlass geben könnten.

Zum Schlusse verweisen wir nochmals auf die beträchtliche Steigerung des Tragvermögens bestehender Holzbalkendecken durch den Ueberbau schubfest verankerter Betonplatten. So erhöht beispielsweise eine 10 cm starke Betonplatte auf üblichem Holzgebälk die zulässige Nutzlast auf das Dreifache der ursprünglichen. Die Tragmauern, auf welche sich die Decken abstützen, sind in der Regel befähigt, solche Mehrlasten ohne weiteres Zutun zu übernehmen.

Die Vergrößerung der Tragfähigkeit bestehender Holzbalkendecken einerseits und der feuersichere Abschluss der Wohngeschosse vom Dachraum andererseits sind beachtenswerte Vorteile der «Zeta»-Verbundbauweise, und zwar nicht allein nur im Hinblick auf den Luftschutz, sondern ganz allgemein.

Statische Berechnung der Holzbeton-Verbunddecke.

Zulässige Spannungen (Normen Nr. 111 und 112 des S. I. A.)

im Holz:	auf Zug (und Biegung) = 80 kg/cm ²
	auf Stauchung = 65 kg/cm ²
	auf Abscheren = 12 kg/cm ²
im Beton, PC 300:	auf Druck = 50 kg/cm ²

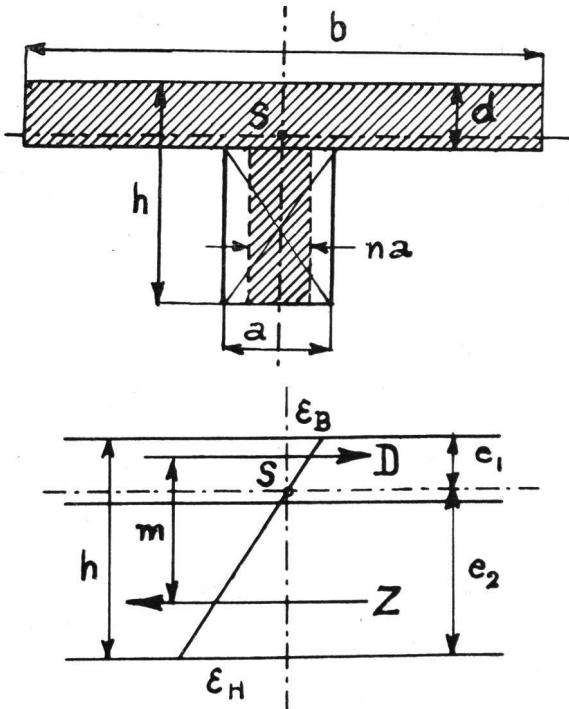


Abb. 7.

⁴⁾ Mit diesem niedrigen Ansatz der zulässigen Holzbeanspruchung von nur 80 kg/cm² gegenüber 100 kg/cm² nach Art. 9 der Normen Nr. 111 soll insbesonders den zusätzlichen Spannungen infolge kleiner Längenänderungen des Holzes bei Veränderung seines Feuchtigkeitgehaltes Rechnung getragen werden, gleichzeitig aber auch einer gewissen inneren statischen Unvollkommenheit von Verbundträgern, die jedoch bei der «Zeta»-Verbundbauweise nicht so beträchtlich sein kann wie z. B. bei verdübelten Holzbalken (Art. 11, al. 4).

⁵⁾ Hirnholz auf Metall, Art. 9.

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 Biegmoments
- 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 proportional.

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:

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

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

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

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 befindet. 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 Schutträume, 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-