Zeitschrift: Protar

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

Band: 8 (1941-1942)

Heft: 2

Artikel: Die Einwirkung der Brisanzbombe auf die Hochbauten [Schluss]

Autor: Lodewig, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-362837

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: 13.07.2025

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

Et c'est ainsi que de mois en mois, la guerre des airs, qui mit largement à contribution les grosses réserves de modèles anciens ou relativement récents d'avions, connaît actuellement sa phase «industrielle». Les progrès techniques foudroyants des uns et des autres sont ignorés pour la plupart. Dès l'après-guerre, ils marqueront dans les annales aéronautiques. Chaque semaine, des séries d'appareils ultra-modernes sont lancées sur les aérodromes des divers fronts, escadrilles qui se voient à leur tour remplacées par des machines plus perfectionnées encore. Cette lutte de vitesse dans la fabrication aéronautique n'a jamais atteint une importance aussi capitale qu'à notre époque. Tout laisse entendre d'ailleurs que cette lutte se développera encore, avec l'âpreté de celle des champs de bataille. Alors que d'un côté, l'Angleterre dispose de ses propres moyens et de ceux des Etats-Unis, d'un autre côté, le Reich possède à son actif presque tous les moyens de production d'Europe. On imagine, par ce simple rappel, l'envergure de la lutte technique en cours.

Ce développement des moyens techniques donnera à la 5e arme une valeur toujours plus évidente. Les interventions des ailes au combat se poursuivront et se répéteront de manière toujours plus suivie, soumettant les objectifs à un martellement continu. Dès maintenant, la technique sait et peut lutter contre les rigueurs de l'hiver. Lorsque le colonnel Lindberg, le premier, franchit l'Atlantique nord, les ailes de sa machine se couvrirent de glace; le glorieux aviateur faillit échouer dans sa tentative, en raison du poids supplémentaire que représentait ce phénomène atmosphérique, et du risque de rupture des surfaces portantes qui en résultait. D'autres pilotes durent leur échec et leur mort, en Atlantique nord et ailleurs aussi, à cette cause déterminée. A cette heure-ci le gel n'est plus un danger pour l'aviation moderne. Il en est de même du brouillard, grâce au vol sans visibilité extérieure, système de pilotage que l'aviation commerciale connaissait déjà, il est vrai, avant guerre.

En bref, le conflit aérien se déroule tant sur terre que dans les airs. Les effectifs de spécialistes qu'il réclame sont chaque jour plus nombreux et mieux outillés. C'est dire que les mois prochains nous apporteront peut-être des innovations insoupçonnées, nouveautés jugées aujourd'hui improbables, même irréalisables, et qui demain ne donneront lieu qu'à quelques lignes de commentaires brefs, en «dernière heure».

L'histoire de l'aéronautique est encore en pleine évolution. Sans remonter à Jules Verne, on se souvient qu'il y a trente ans plusieurs promoteurs avaient affirmé les possibilités que l'aile mécanique présenterait en un avenir assez bref. Ils n'avaient point eu tort. Et cependant, bien peu furent ceux qui acceptèrent à l'époque leur jugement et leurs avis. Que constituent trois décades au gré des années? Actuellement, en moins de 12 mois, les théories d'ordre aéronautique sont à même d'entrer elles-mêmes dans les annales, pour faire place aux nouveautés que nous assure la science. (Publication autorisée par l'E. M. Ter. 1).

Die Einwirkung der Brisanzbombe auf die Hochbauten

Von **F. Lodewig**, dipl. Arch. ETH. (Schluss)

Aus der Form des Explosionskegels und den Mauerstärken kann man die Druck- und Sogbeanspruchung über die ganze Fassade ermitteln (Abb. 11). Die Stoss- und Sogkraft greifen die Fassadenpfeiler im ersten und zweiten Stock vorwiegend horizontal an. In den oberen Geschossen erfolgt der Kraftangriff schief zur Fassade. Er ist dort weniger wirksam und zudem geringer, weil er weiter vom Explosionsherd entfernt liegt. Zeichnet man die Beanspruchung des Materials schematisch in ein Diagramm, so erhält man eine birnförmig gebauchte Linie. Tatsächlich findet sich diese Linie als Zerstörungsrand an allen halbzerstörten Bauten, wie Abb. 12 dies anschaulich zeigt. Die Kurve zeichnet sich links und rechts an der Fassade und ebenso in der Tiefe des Hauses ab. Backsteinpfeiler oder gar solche aus Bruchstei-

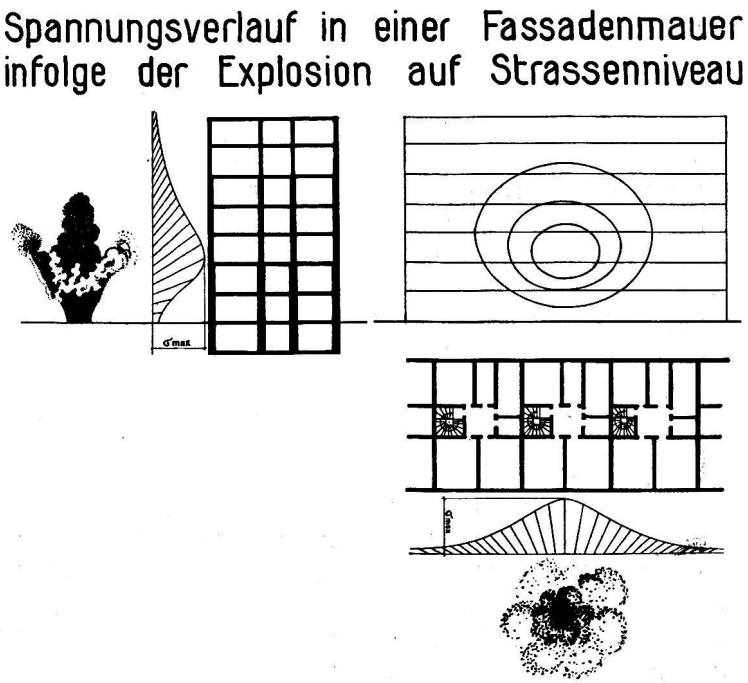

Abb. 11. Schematische Darstellung.

Abb. 12. Halb zerstörtes Haus. Der Rand der Zerstörung zeigt die gleiche birnförmige Linie, wie das Spannungsdiagramm in Abb. 11. Diese Ausbauchung zeichnet sich links und rechts, sowie auch in der Tiefe ab. Fast die ganze Fassade hat es gegen den Sprengherd zugeworfen. In den Trümmern vor dem Haus erkennt man Teile des Dachgesimses. Im Hausinnern liegen nur die Böden und Innenmauern. Der Schuttkegel vor dem Haus ist nur etwa 2 m hoch. Der Sog hat alle Türen gegen den Explosionsherd hin geöffnet.

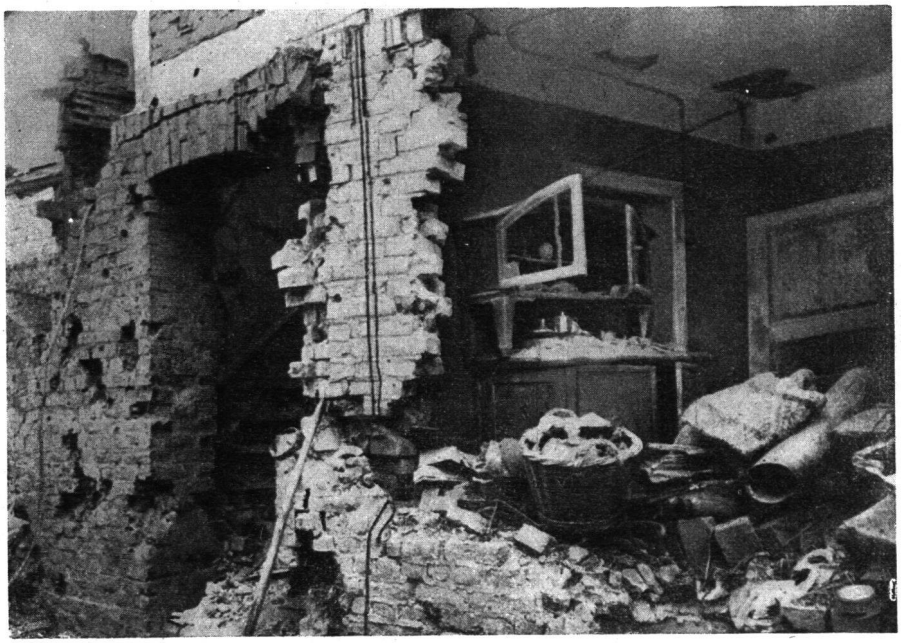

Abb. 13. Wirkung von Luftstoss, Sog und Splitterwirkung eines Nahtreffers auf ein Gebäude aus Backsteinmauerwerk. Der Luftstoss hat Fensterpfeiler und Brüstung eingedrückt. Das Mauerwerk wurde durch die Splitterwirkung «ausgewaschen» und zerrissen. Die Backsteine zerbrachen und lösten sich vom Mörtel. Der Verband der innern Quermauer mit der Fassadenmauer rechts vom Hauseingang ist aufgerissen. Diese Verbindung wird meist nicht mit der nötigen Sorgfalt gemauert. Der Sog hat am Buffet Türen geöffnet und den Buffetaufbau gegen den Explosionsherd hin verschoben. Unter der Einwirkung des Soges hat sich auch der Deckenputz von der Zimmerdecke gelöst.

nen, werden ihrer grossen Oberfläche wegen eher eingedrückt als dementsprechende schmale Eisen- oder Eisenbetonsäulen. Abb. 13 zeigt ein solches Zerstörungsbild.

Im allgemeinen widerstehen Skelettbauten dem Luftstoss besser als Massivbauten. Kriegsbilder zeigen, dass Gebäude mit vielen oder grossen Oeffnungen weniger Schaden leiden als solche ohne oder mit nur kleinen.

Die Verdämmung ist gering, wenn das Verdämmungsmaterial viel Hohlräume aufweist, weil in diesen letzteren die Explosionsgase expandieren können. Die eingeschlossene Luft wirkt hier wie ein Polster (Abb. 14).

Je geringer die Verdämmung ist, um so kleiner wird auch die Kraft des Erdstosses sein. Die Kraft des Erdstosses fällt viel rascher ab als diejenige des Luftstosses, weil die zu bewegende Masse eine

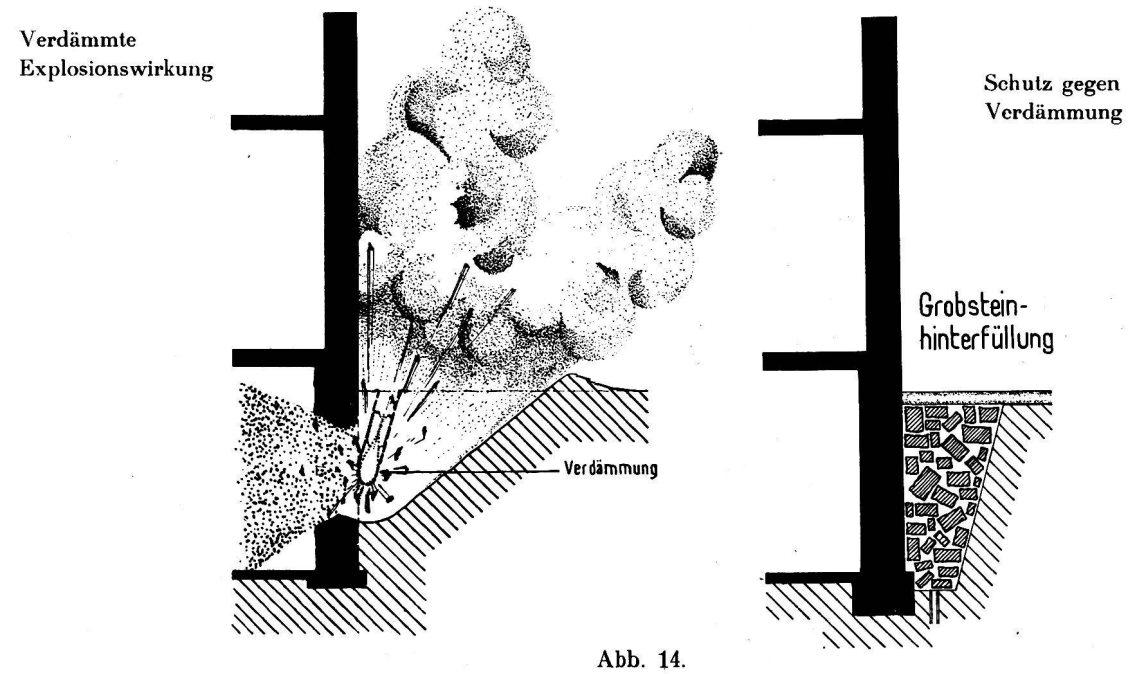

Abb. 14.

Die Eisenbetonskelettbauweise stellt auch hier die beste Lösung dar. Die Tragelemente: Säulen, Unterzüge und Decken, sind biegungsfest miteinander verbunden. Verglichen mit Massivbauten gleicher Funktion ist die aufgewendete Masse gering. Im Fall einer Zerstörung werden die Wände gelöst, das Skelett bleibt erhalten. Dadurch wird der Schaden lokalisiert. Stürzen Tragelemente ein, so haben sie geringere Masse als solche auf Mauersteinen und gefährden damit die Schutzräume weniger. Die Reparatur lässt sich rasch und mit geringem Aufwand an Mitteln durchführen.

Eine *Bauweise* gegen den Luftstoss sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Grosse Steifigkeit und Festigkeit der Tragglieder gegen Stoss und Verbiegung, also biegungsfeste Verbindung der Tragelemente;
2. geringe Oberfläche der Tragkonstruktion d. h. Trennung der Funktionen von Tragelement und Raumabschluss;
3. Wände aus leichtem Füllmaterial, das unter dem Luftdruck sich elastisch verformt.

e) Schutz gegen Erdstoss.

Der Erdstoss findet statt, wenn die Bombe ganz in die Erde eindringt und in solch «verdämmtem» Zustand explodiert.

viel grössere Trägheit besitzt. Der Erdstoss ist meist nur in der Nähe der Bombenexplosion gefährlich. Darum sind Schutzräume unter der Erdoberfläche viel weniger gefährdet als solche über derselben.

Einen Ausnahmefall bildet nur die Detonation der Bombe in guter Verdämmung direkt an der Kellermauer. Genügt beispielsweise eine Wandstärke von 90 cm Beton, um der Explosion einer Bombe direkt an dieser Wand über der Erdoberfläche standzuhalten, so muss nach englischer Mitteilung bei gleicher Anordnung unter der Erdoberfläche infolge der Verdämmung die Wand auf 120 cm Stärke erhöht werden. Die Anlage über der Erde ist bei einer Explosion direkt an der Mauer einer geringeren Gefahr ausgesetzt als diejenige unter der Erde (Abb. 15).

Die Detonation von Bomben direkt an der Aussenwand von Schutzräumen ist aber einem Volltreffer gleich zu setzen. Ein Schutz gegen solche Treffer ist für den volltreffersichern Schutzraum durchaus erforderlich. Der einfache Schutzraum sollte daher nicht an einer Aussenwand liegen, sondern durch Kellerräume gegen das Terrain und den Erdstoss geschützt sein.

Die Gefahr des Erdstosses kann herabgemindert werden, wenn zwischen Aussenmauer und Terrain ein Explosionsraum geschaffen wird. Längs den Aussenmauern wird ein Graben aus-

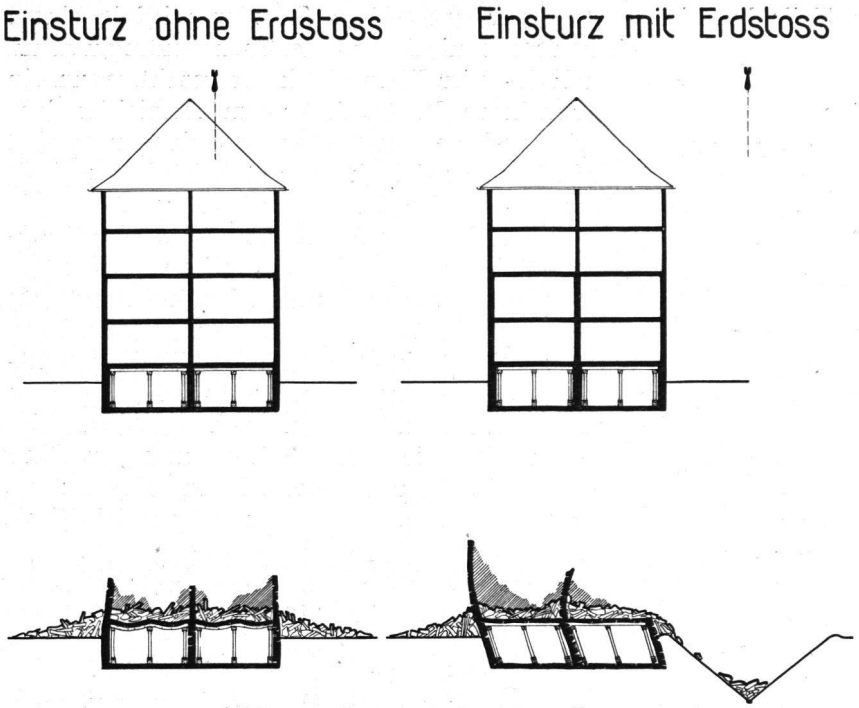

Abb. 15. Schematische Darstellung.

gehoben und mit verschieden grossen Steinen lose und mit vielen Lufträumen dazwischen aufgefüllt. Da aber eine solche Steinpackung gleichzeitig eine Drainage bildet, sind die Kellermauern dementsprechend zu behandeln. Das anfallende Wasser sollte abgeleitet werden (Abb. 14).

Trifft der Erdstoss das Gebäude, so ist seine Wirkung dem Erdbeben ähnlich. Der Erdstoss unterscheidet sich durch kleine Amplituden und grosse Schwingungszahlen vom Erdbeben, das grosse Amplituden und kleine Schwingungszahlen aufweist. Zur Sicherung gegen den Erdstoss werden folgende Massnahmen empfohlen:

1. Fundation auf Pfählen mit kontinuierlicher Fundamentsohle ist einer Plattenfundation vorzuziehen (Hins, Belgien);
2. geringes Eigengewicht des Gebäudes;
3. erhöhte Steifigkeit der Knotenpunkte, gute Verstrebungen innerhalb der Gebäudemasse; überschlanke Säulen sollten vermieden werden.

Für die Sicherung gegen den Erdstoss eignet sich die Skelettbauweise besser als die Massivbauweise. Letztere hat zu geringe Scher- und Biegungsfestigkeiten. Vieser betont aber mit Recht in seinen «Betrachtungen über stossfeste Hochbauten» («Protar» 2 [1936], 201—204): «Gerippebauten, deren Aussenstützen nicht einmal die Einspannmomente der durchlaufenden Unterzüge und die Biegungsmomente aus dem Winddruck aufzunehmen vermögen, müssen natürlich schon bei geringen waagrechten Stosswirkungen von Erdbeben versagen. Die Gerippebauweise kann begreiflicherweise auch nur dann entsprechen, wenn die Kraftwirkungen

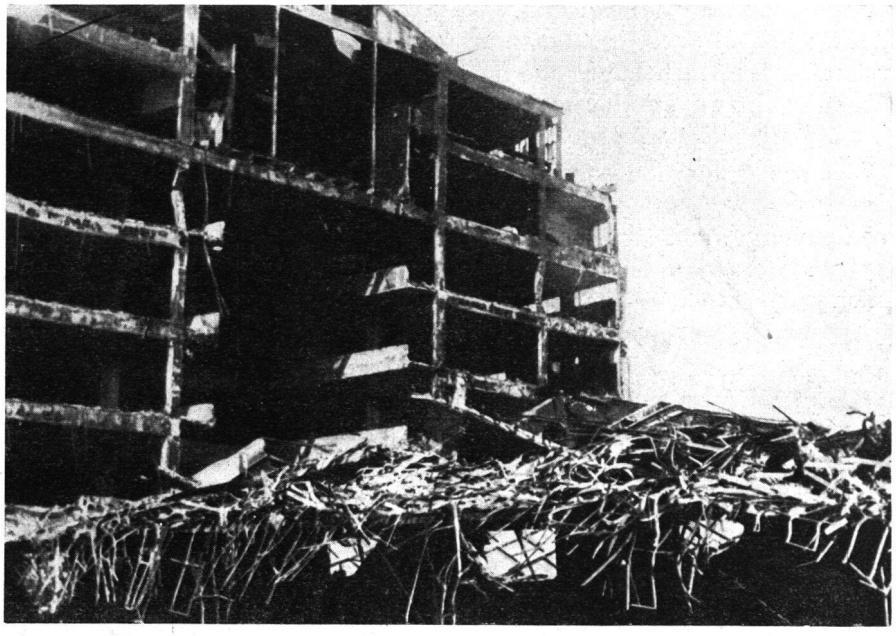

Abb. 16. Wirkung eines Volltreffers auf ein Eisenbetongebäude. Ein Volltreffer grössten Kalibers hat diesen Eisenbetonbau längs der Dilatationsfuge entzweigerissen. Am stehengebliebenen Teil sind nur zwei Säulen eingeknickt. Der Beton hat sich vom Eisen völlig getrennt. Die Bügel für die Schubsicherungen sind im Vodergrund deutlich erkennbar und so sauber vom Beton gelöst, als wären sie nie mit ihm verbunden gewesen. Dies legt die Vermutung nahe, dass beim Eisenbeton infolge verschiedener Schwingungszahl von Beton und Eisen die Verbundwirkung sich auflöste. Die Drähte, die vom abgeschnittenen Teil herunterhängen, sind elektrische Leitungsdrähte.

bei der Bemessung der einzelnen Teile berücksichtigt werden.»

f) Beton und Eisenbeton.

Auf das Verhalten des Betons unter der Einwirkung der Bombenexplosionen wurde bereits in Abschnitt b und c hingewiesen. Die Eigenschaften, welche die englischen Richtlinien vom Beton für Schutzräume verlangen, können sinngemäss auch auf den Skelettbau übertragen werden: «Der Beton muss ein hohes spezifisches Gewicht haben. Vibrierter Beton ist der beste. Rasch erhärtende Zemente bringen nur den Vorteil der rascheren Bauweise, aber keine Verstärkung. Der Durchmesser der Armierung soll zwischen 10 und 20 mm liegen. Beim Aufschlagen einer Bombe löst sich der Beton vom Eisen und lässt das Eisen meist unverletzt (Abb. 16). Die Adhäsion mit dem Beton wird infolge der Erschütterung aufgehoben (Abb. 8 und 16). Dicke Platten und Bauelemente sollten mit schichtweiser Armierung versehen werden, die 10—15 cm auseinander liegen und ein Netz von maximal 15 cm Abstand bilden.» Dem Haftvermögen des Eisens in Beton ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Auch die Hinweise von R. Hins sind beachtenswert: «Die Gefahr für die Unterzüge besteht in den Querkräften. Die Schubspannungen sollten durch sehr reichlich verwendete Schubeisen und Bügel aufgenommen werden. Es sollte ein möglichst inniges Zusammenwirken von Beton und Eisen erreicht werden. Die Querschnitte der Säulen sollten in den unteren Geschossen nicht geringer sein als in den obern. Die Spiralarmierung bewährt sich für Säulen am besten. Die Festigkeit der Knotenpunkte sollte erhöht werden. Eventuell sind Zwischenträger einzuschalten, die das Tragsystem auch mit einem geringern Grad von Sicherheit aufrecht zu erhalten vermögen, wenn eine Verbindung gelöst wird.»

Bei der Dimensionierung ist jeweils auch ein Kraftangriff von unten zu berücksichtigen, wobei das Schwergewicht als Verminderung in Betracht gezogen werden kann (vgl. «Technische Richtlinien für den baulichen Luftschutz», Art. 120).

Das weggeschleuderte Material sollte in möglichst kleine Teile zerstäuben, um die Beschädigungen in der Umgebung klein zu halten, wie in Abschnitt b dargelegt wurde.

2. Sekundäre Wirkung.

Der Einsturz.

Herabstürzende Bauteile können die Schutzraumdecke einschlagen und gefährden, damit das Leben der Insassen. Die sekundäre Wirkung kann daher für die Insassen des Schutzraumes von noch grösserer Gefahr sein als die primäre Zerstörungswirkung der Explosion am Gebäude selbst.

Grösster sekundärer Schaden wird in einem hohen Haus mit Bruch- oder Backsteintragmauern, mit Holz- oder Eisengebälk verursacht, wenn ein oder mehrere Fensterpfeiler zum Beispiel im Erdgeschoss oder ersten Stock weggeschlagen werden (Abb. 17). Das Gebälk verliert dadurch sein Auflager und zufolge der Schwerkraft senkt es sich. Diese Gebälke wirken wie Hebel auf die Mittelwand, welche nun zusätzlich auf Biegung beansprucht wird. Diese Wand wird «umgehebelt», sie bricht und stürzt ein. Damit wird den höher gelegenen Konstruktionsteilen das Auflager entzogen. Die Gebälke hängen noch an den beiden Aussenwänden und hebeln auch diese um oder brechen ab. Die Vernichtung eines einzelnen Fensterpfeilers kann eventuell den Einsturz des ganzen Hauses nach sich ziehen und viele Konstruktionsteile vernichten, die von der eigentlichen Bombenexplosion gar nicht getroffen wurden (Abb. 18 und 19).

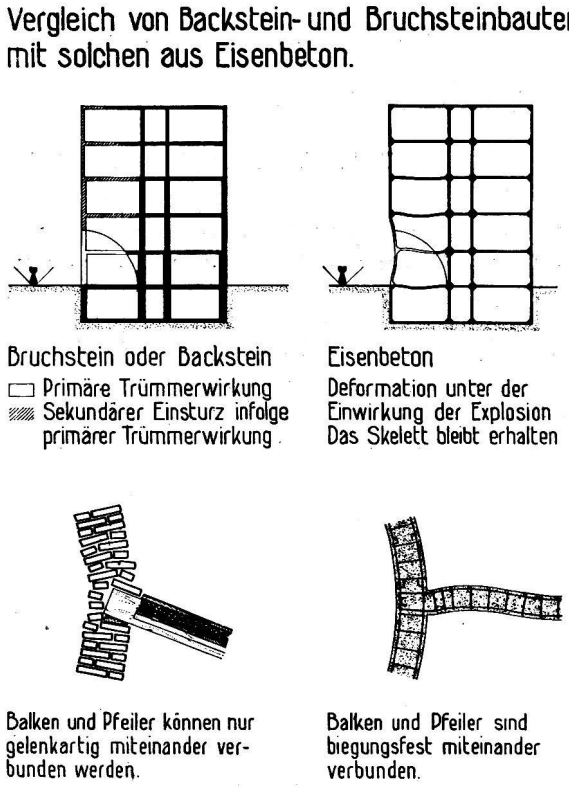

Abb. 17. Schematische Darstellung.

Die Frage, wo der Schutzraum im Keller anzuordnen sei, ist von der zu erwartenden sekundären Trümmerwirkung weitgehend abhängig.

Das Ausmass der sekundären Trümmerwirkung wird in einem sorgfältig konstruierten Eisenbetonskelettbau mit Eisenbetondecken gering sein. In einem Gebäude mit Bruch- oder Backsteintragmauern und Holzgebälk wird aber die sekundäre Trümmerwirkung sehr gross sein. Man kann sagen, dass die Sicherheit des Gebäudes weitgehend proportional zum Anteil des Eisenbetons an der Tragkonstruktion ist (Abb. 9).

Aus «Luftkrieg-Schutzbauten» mit der freundlichen Genehmigung des Verfassers und des Verlages Orell Füssli, Zürich.

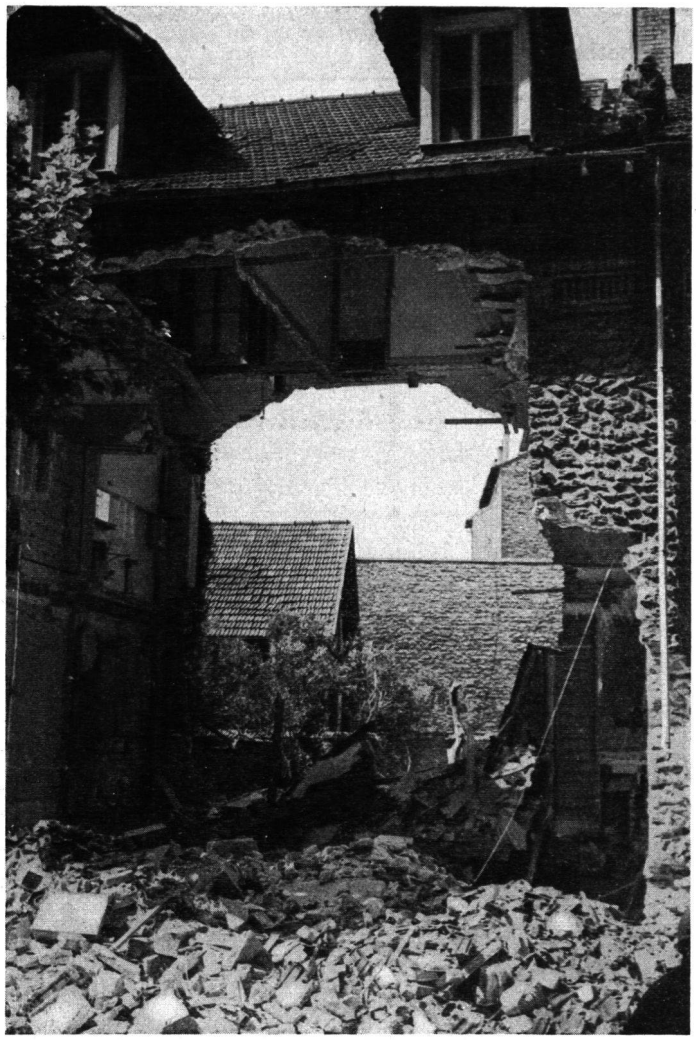

Abb. 18. Sekundäre Trümmerwirkung: Das Bruchsteinmauerwerk mit schlechtem Mörtel hat keine grosse Festigkeit. Durch die Bombenexplosion hinter dem Haus wurde ursprünglich nur etwa der zehnte Teil der auf dem Bild erkennbaren Zerstörung verursacht. Die grosse Zerstörung ist durch das «Umhebeln» der Mittelwand durch die Gebälke und das Nachrutschen des Mauerwerkes entstanden. Die Bombe war klein, denn die Ziegel auf der Scheune hinten sind nur wenig verschoben. Die noch erhaltenen Wände zeigen keine Zerstörung durch Splitter. Der Spiegel im 1. Stock und die Verglasung der Dachfenster sind noch intakt. Das Dach wurde nicht zerstört. Die Trümmer bilden kleine Klumpen; sie liegen senkrecht unter ihrem früheren Standort. Es sind deutlich zwei Haufen, für die Fassade und für die Mittelwand, zu unterscheiden. Eine kleine Zerstörung brachte das ganze Haus zum Einsturz.

Abb. 19. Sekundäre Trümmerwirkung eines Gebäudes aus Backsteinmauerwerk infolge eines Nahtreffers. Vermutlich genügte die Zerstörung eines Fensterpfeilers in der jetzigen Lücke, um die eine Hälfte des Giebels zum Einsturz zu bringen. Der Schuttkegel steigt in einer geraden Linie nach hinten hoch an: Zuoberst im Schuttkegel liegen die Möbel des ersten Stockes. Das Gebälk, das auf der Vorderfassade sein Auflager verloren hat, liegt noch auf der hintern Quermauer auf. Das Dachgebälk rutscht in die Lücke nach und hängt noch an der Nagelung des Dachbodens. Der Dachstuhl ist mangelhaft konstruiert, der Schub des Dachstuhles wird durch das Gebälk nicht aufgenommen, weil es über dem ersten Stock in falscher Richtung läuft.