

Zeitschrift: Schutz und Wehr : Zeitschrift der Gesamtverteidigung = revue pour les problèmes relatifs à la défense intégrale = rivista della difesa integrale

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

Band: 35 (1969)

Heft: 5-6

Artikel: Schutzbauten für die Luftschutztruppen : ein Diskussionsbeitrag

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-364409>

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: 05.02.2026

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

Schutzbauten für die Luftschutztruppen (ein Diskussionsbeitrag)

I. Grundsätzliche Ueberlegungen

r/s- Die Schutzbauten in den Bereitstellungsräumen der Ls Trp bezwecken, Menschen und Material gegen die primären und sekundären Wirkungen der Waffen derart zu schützen, dass die Truppe ihren Auftrag erfüllen kann.

Der Schutz wird durch folgende Mittel erhöht:

- Geeignete Wahl der Standorte der Schutzanlagen
- Verteilung der einzelnen Schutzbauten
- Tarnung der Schutzbauten
- Schutzgrad der einzelnen Anlagen
- Verbindungssystem zwischen den Schutzbauten

Die *Bedrohungen*, gegen welche ein Schutz benötigt wird, sind:

- die *primären* Wirkungen der bekannten Waffen, wie direkter Beschuss mit molekularen und atomaren Waffen usw.;
- die *sekundären* Wirkungen, wie die Vertrümmung oberirdischer Bauten, die Brände, die radioaktive Verstrahlung und chemische Verseuchung.

Die Stellung der Luftschutztruppen als stärkstes Element in der Hierarchie der Mittel zum Schutze der Bevölkerung bringt es mit sich, dass sie sich mit Behinderungen bei der Erfüllung ihres Auftrages selbst auseinandersetzen muss. Für die Hilfeleistungen sind keine weiteren Organisationen vorhanden, und mit dem Einsatz von andern Truppen, z. B. von Genieformationen, zum Entsatz von Ls Trp kann in den wenigsten Fällen gerechnet werden.

II. Allgemeine technische Gesichtspunkte

Die baulichen Schutzmassnahmen werden aus der Liste der möglichen Vorkehren zur Erhöhung der Ueberlebenschancen herausgegriffen, weil sie erstens sehr wirksam sind und zweitens unter Umständen Anforderungen an die Führungskräfte stellen, denen sie nicht unbedingt gewachsen sind. Unrichtige, d. h. unausgewogene Konstruktionen sind ein Verlust von Geld und Material. Ferner können sie in der akuten Phase zum vorzeitigen psychischen Zusammenbruch führen.

Bei der Ausführung von *baulichen Schutzmassnahmen* werden im allgemeinen folgende *zwei Wege* beschritten:

- Verstärkung von Kellerräumen in bestehenden Gebäuden oder bei Neubauten
- Erstellung von zweckgebundenen unterirdischen Schutzbauten ausserhalb der Gebäude.

In der Schweiz bestehen umfassende praktische und Versuchserfahrungen für beide Systeme.

1. Der Schutzgrad

Unter Schutzgrad versteht man die Grenzen, bei denen irgendeine primäre oder sekundäre Waffenwirkung die Insassen oder das Material im Schutzraum gefährdet. Die Beurteilung des zu fordernden Schutzgrades ist ein konzeptionelles Problem, das sich auf finanzielle und taktische Gesichtspunkte stützt. Das Verhältnis von Kosten zu Schutzgrad

ändert, je nachdem, welcher der oben angeführten Wege beschritten wird. Die Erhöhung des Schutzgrades bei ausgewogen durchgebildeten Schutzräumen wirkt sich in einer Reduktion der Wirkungsradien der Waffen aus. Bei nuklearen Explosionen werden beispielsweise die *Wirkungsradien für 1 MT* (Megatonne = Energieäquivalent von 1 Mio t Sprengstoff) mit Sprengpunkt, Lufttief durch verschiedene Schutzgrade wie folgt vermindert:

Schutzgrad	Wirkungsradius
1 atü	3 km
3 atü	1,8 km
10 atü	0,8 km
20 atü	0,2 km

Diese Angaben beziehen sich auf die Wirkung der *Luftstösse*; für den Strahlenschutz gelten andere Gesetzmässigkeiten.

Für die Wahl des erforderlichen Schutzgrades bei den Schutzbauten der Ls Trp in den Bereitstellungsräumen spielt auch die Entfernung vom zugeordneten Einsatzort eine Rolle. Es ist weiter zu berücksichtigen, mit welchen maximalen Kalibern der Kernwaffen auf die zugeordneten Einsatzorte vernünftigerweise gerechnet werden muss. Schliesslich darf nicht ausser acht gelassen werden, dass ein zukünftiger Krieg nicht notgedrungen nur mit nuklearen Waffen geführt wird. Es spricht nichts dagegen, dass auch weiterhin konventionelle Waffen — möglicherweise sogar ausschliesslich — zum Einsatz kommen können. Dementsprechend muss der Schutzgrad der Schutzanlagen eines bestimmten Bereitstellungsrums auch vom allgemein taktischen Gesichtspunkt aus beurteilt werden.

Es wäre naheliegend, den Schutzgrad der Bereitstellungsräume derart abzustimmen, dass sie dann ausfallen, wenn der zugeordnete Einsatzraum in einem Grad zerstört ist, dass es dort nichts mehr zu retten gibt. Diese Ueberlegung ist aus zwei Gründen unzulässig. Erstens zeigt die Erfahrung bei Katastrophen, dass durch eine Unzahl von Zufälligkeiten auch bei sehr starken Zerstörungen noch relativ viele Menschenleben gerettet werden können. Zweitens ist die Erhaltung der Ls Trp auch deshalb geboten, weil dieses sehr starke Mittel zu Rettungsaufgaben nach der Zerstörung des primär vorgesehenen Einsatzortes auch anderweitig benötigt werden kann.

Eine spezielle Frage bildet der Schutz des Materials. Der Verlust namentlich des schweren Materials (Fahrzeuge, Baumaschinen usw.) ist für die Ls Trp gleichbedeutend mit dem Verlust der Geschütze für den Artilleristen. Die Empfindlichkeit der verschiedenen Materialkategorien gegen die Waffenwirkungen bildet das Kriterium für den erforderlichen Schutzgrad. Die Zahl sowie die Grösse der einzelnen Geräte ist massgebend für die räumliche Gestaltung und die Kosten der Bauten. Für den Schutz des Materials gibt es zwei Extremfälle, zwischen denen irgendwo ein Optimum liegt, nämlich:

- geringe bauliche Aufwendungen, dafür starke Dezentralisation der Geräte;
- Konzentration und entsprechend stärkeren baulichen Schutz.

Das Optimum muss durch Studien und Optimisierungsuntersuchungen ermittelt werden. Die Beantwortung dieser Frage ist deshalb wichtig, weil sie unter Umständen für die Wahl des Standortes der Bereitstellungsräume massgebend sein kann.

2. Funktionelle Gesichtspunkte

Die Schutzräume der Ls Trp müssen — im Gegensatz zu denjenigen der zivilen Bevölkerung — nur während der akuten Phase der Bedrohungen belegt und verschlossen sein. Unmittelbar nachdem die akute Gefahr vorüber ist, muss die Truppe rasch und unbehindert für die Erfüllung der zugewiesenen Aufgaben einsatzbereit sein. Dies hat wichtige Konsequenzen bei der Standortwahl bezüglich Blockierung der Ein- und Ausgänge sowie der Einsatzachsen und der Gestaltung der Eingangsbauwerke und der Notausgänge.

Es ist kaum zu erwarten, dass in jedem Falle die Bereitstellungsräume nach erfolgtem Einsatz der Truppen verlassen bleiben. Die Einsätze können sich wiederholen oder während längerer Zeit andauern. Vorbereitete Unterkünfte in den Bereitstellungsräumen sind in diesen Fällen wichtige Stützpunkte für die Retablierung, Ruhe, administrativen Dienste usw. Bei dieser Verwendung der Schutzanlagen sind im Innern Zirkulationen in beiden Richtungen zu erwarten, was bei der Planung von «Vorräumen» entsprechend berücksichtigt werden muss.

3. Beurteilung der Standorte

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich nicht auf die Standortwahl der Bereitstellungsräume, sondern auf diejenige der Schutzbauten im zugewiesenen Bereitstellungsraum. Durch die Umgebung der Schutzanlagen können die Schutzwirkungen positiv oder negativ beeinflusst werden. Sie wirkt sich aber auch auf die funktionellen Bedürfnisse aus. Hohe Gebäude verbessern zwar den Strahlenschutz, führen aber zu vermehrter Trümmerbildung, wodurch die Beanspruchung der Schutzräume durch fallende Trümmer erhöht und die Selbstbefreiung erschwert oder gar verunmöglicht wird. Brennbares Material in den Gebäuden beeinflusst die Brandbelastung und damit die Gefahren in den Schutzräumen durch äussere Brände. Abflussrohre, Gas-, Wasserleitungen und Kanalisationsschächte sowie Lichtschächte oder Kamine, Heizöltanks usw. verursachen zusätzliche Gefahren für die Schutzrauminsassen. Auch die Beschaffenheit des Bodens, in dem sich die Schutzräume befinden, namentlich im Falle von Grundwasser oder benachbarten Wasserläufen, beeinflussen den Schutzwert der Anlagen. Bei der Festlegung der Standorte von Schutzanlagen sollten neben den organisatorischen und taktischen Gesichtspunkten auch die örtlichen Gegebenheiten bezüglich zusätzlicher Gefährdungen untersucht werden. Ohne diese Abklärungen besteht das Risiko, dass Aufwendungen für einen «Scheinschutz» gemacht werden, der, abgesehen von den Fehlinvestitionen, im Ernstfall katastrophale Folgen haben kann.

Im Hinblick auf die gemachten Ausführungen stellt sich die berechnete Frage, ob es ausser in dringenden Notfällen im Sinne von Improvisationen verantwortet werden darf, Ls Trp bei der Bereitstellung in Schutzräumen unterzubringen, die sich in Kellern von Gebäuden befinden. Die damit verbundene Be-

hinderung durch Vertrümmerung und die Risiken für die Entstehung von Bränden sind allein in der Lage, den Einsatz der Ls Trp ganz oder für längere Zeit zu verunmöglichen.

4. Die angreifenden Kräfte

4.1 Allgemeines

Der Begriff «Kräfte» ist im vorliegenden Fall umfassend zu verstehen. Es sind damit alle von den bekannten Waffen ausgehenden primären und sekundären Wirkungen gemeint. Eine ausführliche Behandlung dieses Themas würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit übersteigen.

Die Waffenwirkungen sind im Sinne einer Uebersicht in den drei Tabellen im Anhang zusammengefasst:

a) Die *Tabelle 1* enthält eine «Analyse der Gefahren» mit den Angaben über Ursachen, die Wirkungsart, den Wirkungsbereich der Gefahren sowie die Dauer und die Toleranzgrenzen.

b) Die *Tabelle 2* enthält die Ursachen, die Wirkungen auf Schutzbauten und die bautechnischen Reaktionen.

c) Die *Tabelle 3* gibt die quantitativen Werte wieder, welche der Dimensionierung von Schutzbauten verschiedener Schutzgrade gegen die von *Kernwaffen* ausgehenden Wirkungen zugrundegelegt werden sollten.

Erläuternd mögen noch folgende Hinweise dienen:

4.2 Wirkung von Geschosssplittern

Diese Wirkung wird im allgemeinen stark unterschätzt. Ihre Durchschlagskraft ist sehr gross und ihre Flugbahnen sind nur auf geringe Distanz einigermassen gerichtet. Im weiteren weisen sie sehr scharfe Ecken und Kanten auf, die als Schneiden wirken und zu schweren Verletzungen führen.

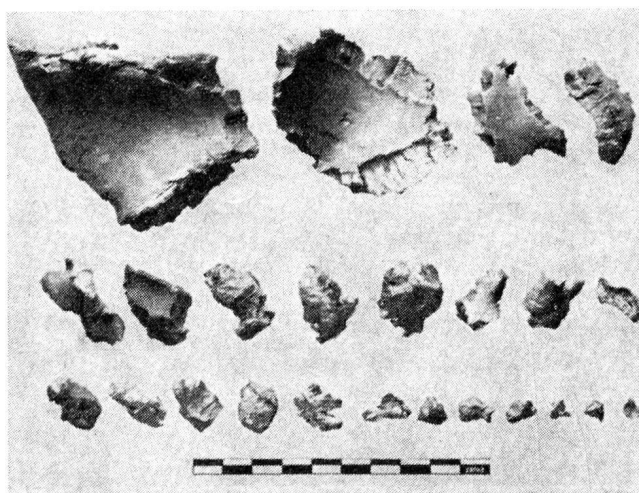


Abb. 1. Spektrum der Splittergrössen einer 50-kg-Fliegerbombe

Bei Geschossexplosionen über dem Boden und Distanzen von einigen Metern können die Splitter selbst in Eisenbeton ganze Zonen abtragen.

Wegen den unregelmässigen Flugbahnen können auch unterirdische Bauteile wie Türen und Ausstiegsöffnungen von Splittern getroffen werden, wenn sie nicht durch Abwinklungen der Gänge oder durch Wände genügend geschützt sind.



Abb. 2. Durch Bombensplitter erodierte Betonwände



Abb. 3. Durch die Wirkung von Bombensplittern auf die Scharnierrollen abgefallener Panzerbetondeckel

Die nachstehende Tabelle gibt einen Hinweis auf die erforderlichen Schutzdicken gegen Splitter von 500-kg-Bomben.

Material	Dicke in cm
Eisen — Stahl	etwa 7
Eisenbeton (hochwertig)	etwa 30— 40
Backsteinmauerwerk	etwa 50— 80
Sandsäcke	etwa 60— 90
Tannenholz (fugenlos)	etwa 80—110

4.3 Wirkung von Explosionen nahe der Schutzraumhülle

Diese Explosionen oder frei fallende Trümmer, die auf Decken aufschlagen, erzeugen auf der Innenseite des Konstruktionsteils Abplatzungen, welche, ohne dass die Bauteile durchschlagen werden, mit grosser Wucht in die Räume fliegen und die Insassen gefährden. Als Schutz gegen fallende Trümmer im Innern von Gebäuden und bei normalen Stockwerkhöhen genügen armierte Betondecken von 15 bis 20 cm Dicke.

Bei Explosionen sind die erforderlichen Schutzdicken jedoch wesentlich grösser. Beispielsweise betragen sie bei 500-kg-Bomben etwa 2,4 m. Durch Verkleidung der Innenseite mit dehnbarem Material, z. B. Blech, welches das Abplatzen verhindert, können die Schutzdicken erheblich vermindert werden. Dies gilt auch für Decken bei grossen Fallgewichten und grosser Höhe, wie sie bei hallenartigen Gebäuden auftreten können. Die Abbildungen 4 bis 7 zeigen Abplatzeffekte bei Fallasten und bei der Explosion einer 50-kg-Bombe, die anliegend an einer 1,2 m dicken, sehr stark armierten Bunkerwand gesprengt wurde.

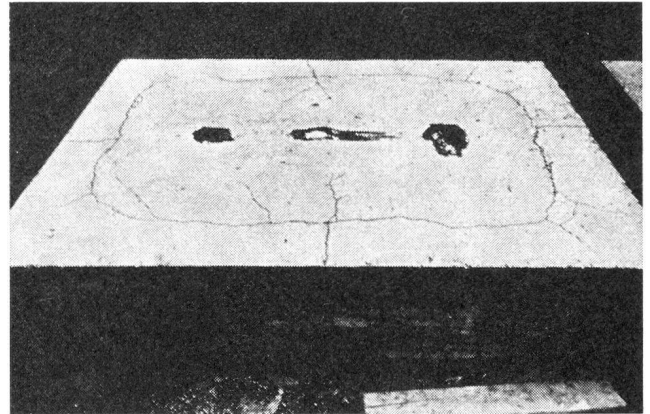


Abb. 4. Durch Fallasten erzeugte Zerstörungen auf der Oberseite einer Betondecke



Abb. 5. Durch Fallasten entstandene Absprengung auf der Unterseite einer Betondecke

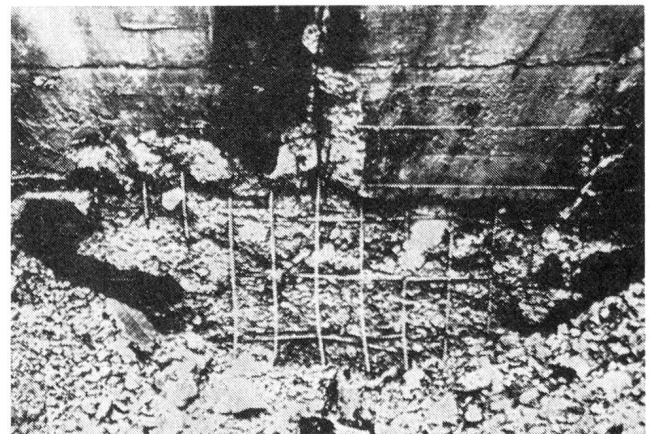


Abb. 6. Zerstörungen an der Aussenseite einer Betonwand nach der Explosion einer anliegenden 50-kg-Fliegerbombe

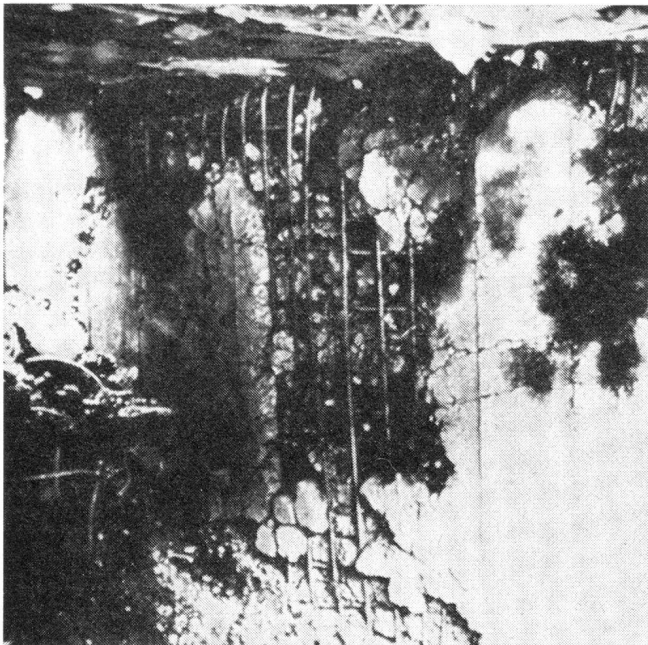


Abb. 7. Absprengungen auf der Innenseite einer Betonwand nach der Explosion einer an der Aussen-seite anliegenden 50-kg-Fliegerbombe

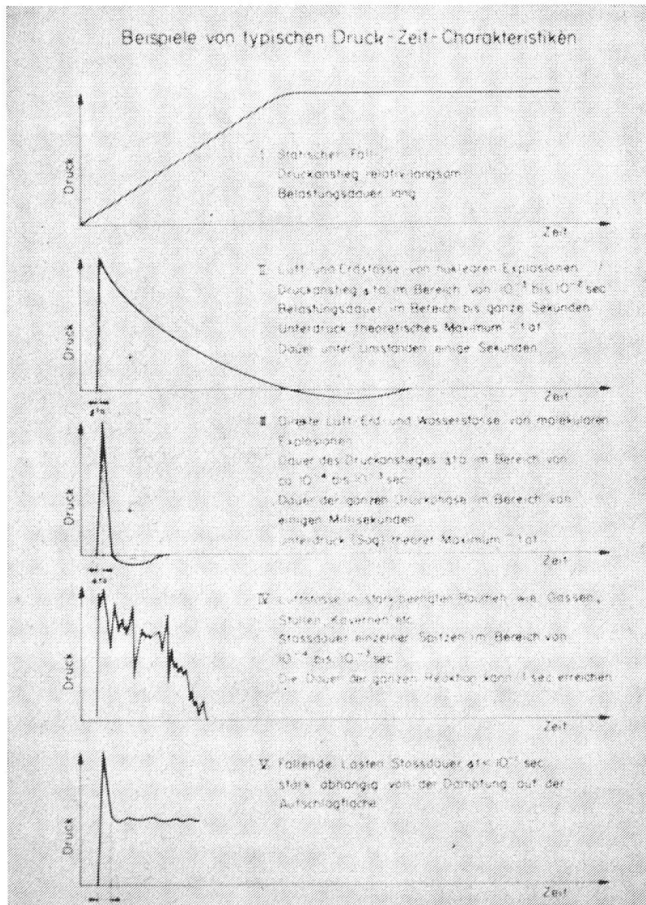


Abb. 8. Charakteristiken des zeitlichen Verlaufs verschiedener Belastungsarten

4.4 Wirkungen von Luft-, Erd- und Wasserstössen

Die Luft-, Erd- und Wasserstösse sowie Schläge von Falllasten sind dynamische Wirkungen. Sie unterscheiden sich im zeitlichen Verlauf gegenüber statischen Belastungen. Während bei einer Stossbelas-

tung die wirkenden Kräfte plötzlich von 0 auf ein Maximum ansteigen und in kurzer Zeit wieder abfallen, sind statische Belastungen durch einen relativ langsamen Lastanstieg und eine anschliessende längere Belastungsdauer charakterisiert. Die Abbildung 8 zeigt die Charakteristiken verschiedener Belastungsvorgänge.

Bei *Luftstössen* treten beim Auftreffen auf Hindernisse oder beim Eindringen in begrenzte Räume komplizierte Reflexions- und Stau-effekte auf, welche die Wirkungen der Luftstösse um ein Mehrfaches des ursprünglichen Druckes steigern können. Die Abbildung 9 zeigt eine Schlierenaufnahme an einem Modell, welche vom Ernst-Mach-Institut aufgenommen wurde. Die Druckfronten sind als schwarze Linien sichtbar.

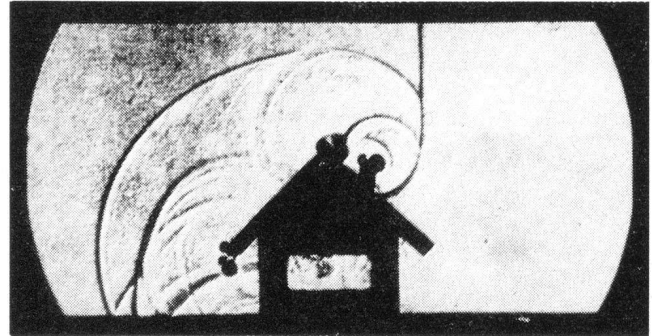


Abb. 9. Schlierenaufnahme des Ernst-Mach-Institutes eines Luftstosses nach dem Auftreffen und Eindringen in ein Modellhaus

Der chaotische Verlauf der Druckfronten sowohl durch die Reflexionen aussen am Modell wie auch des ins Innere eingedrungenen Luftstosses illustriert die Kompliziertheit solcher Vorgänge. Diesen Tatsachen muss bei der Dimensionierung von Abschluss-türen sowie luftberührten Wänden im Innern von Gebäuden Rechnung getragen werden.

Hinter den Verdichtungswellen bei Luftstössen läuft eine Verdünnungswelle nach. Diese Phase des Stossvorganges wird als «Sog» bezeichnet. Ueber die Wirkung des Soges wird viel Falsches geschrieben. Durch Reflexionen und Umlenkungen von Durchstössen, die in Strassen und Gebäude eingedrungen sind, treten vielfach Symptome auf, die im Endzustand auf Kraftwirkungen gegen die Druckstossrichtung hinweisen, welche irrtümlich als Sogwirkungen gedeutet werden. Bei allen bisher durchgeführten Erhebungen sowohl bei Versuchen als auch bei Explosionskatastrophen konnten alle scheinbaren Sogwirkungen auf Druckeffekte zurückgeführt werden. Die Abbildung 10 zeigt ein nach einer Explosion gegen die Explosionsstelle zu gebogenes Drahtglasfenster, welches eindeutig durch einen im Innern des Gebäudes umgelenkten Druckstoss im Endzustand entsprechend der Abbildung verformt wurde. Ursprünglich ist die neben dem Fenster liegende Tür aufgeschlagen worden, wie das abgeschlagene Schloss zeigt. Beim Rückprall der Druckfronten an den inneren Gebäudewänden wurde sowohl die Tür wieder zugeschlagen als auch das Fenster nach aussen gebogen.

Die *Beanspruchungen* unterirdischer Schutzanlagen durch *Erdstösse* sind dann besonders gross, wenn sie durch namhafte Bewegungen des umgebenden

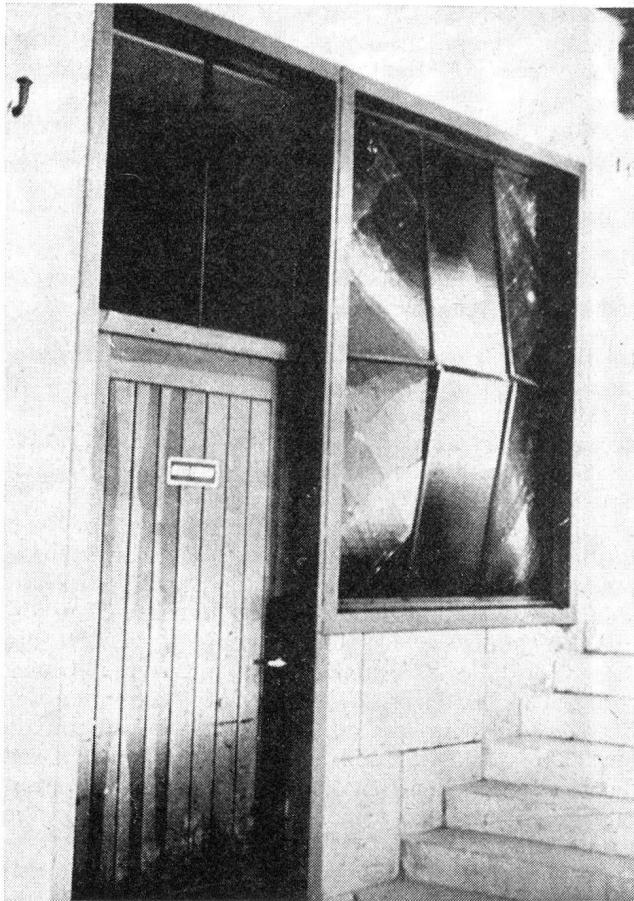


Abb. 10. Ein in Richtung gegen die Explosionsstelle gebogenes Drahtglasfenster, das durch einen gefangenen Druckstoss herausgedrückt wurde

Bodens und nicht nur durch «Vibrationen» hervorgerufen werden. Dieser Zustand tritt dann ein, wenn sich Schutzbauten im Gebiet des Kraters bei unterirdischen Explosionen befinden oder wenn die Bodenoberfläche auf grosse Gebiete durch erhöhte Luftstösse von Kernexplosionen belastet wird. Das Zusammenwirken der unterirdischen Bauwerke mit dem umgebenden Boden ist sehr kompliziert und im einzelnen noch nicht erschöpfend erforscht. Bisherige Untersuchungen haben immerhin gezeigt, dass nachgiebige Konstruktionen mit stark gebogenen Hüllen wie Kugeln oder Zylinder auch bei geringen Wandstärken in der Lage sind, wesentlich höhere Beanspruchungen durch Erdstösse zu ertragen als starre Konstruktionen mit geraden Flächen. Die Abbildungen 11 bis 13 zeigen die Zustände der Wände verschiedener unterirdischer Schutzbauten nach der Explosion einer 50-kg-Fliegerbombe in etwa 4 m Abstand auf der Tiefe der Sohle der Bauwerke.

Eine unarmierte 40 cm dicke und 5 m lange Betonwand eines Versuchsraumes ohne Betonboden mit aufgelegter Decke wurde auf die ganze Länge eingedrückt und an die Rückwand des Raumes geschoben. Eine andere Betonwand gleicher Grösse von 30 cm Dicke mit einem innern und äussern Armierungsgewebe, das zudem mit dem Boden und der Decke verbunden war, wurde zwar stark verformt, aber stürzte nicht ein. Ein Zylinderschutzraum mit abgeflachtem Boden und 7 cm Betonwandung, der zudem aus einzelnen Elementen zusammengesetzt war (altes System Vobag) zeigte nach der Sprengung lediglich etwas geöffnete Fugen und feine Risse.

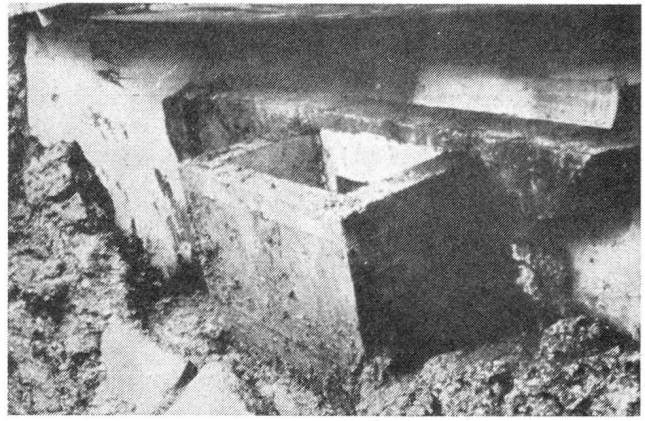


Abb. 11. Zustand einer 40 cm dicken unarmierten Betonwand nach der Explosion einer 50-kg-Bombe in 4 m Abstand auf der Tiefe der Sohle

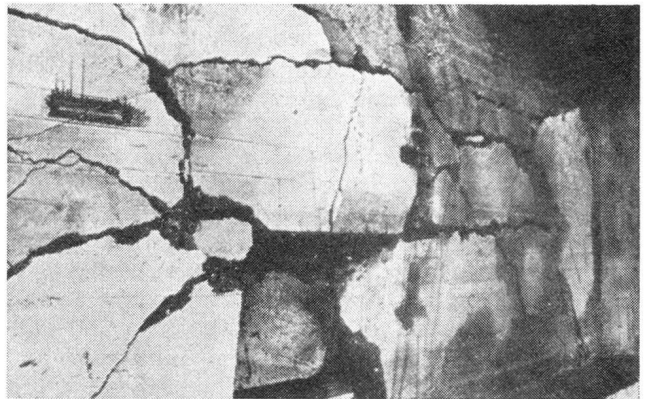


Abb. 12. Zustand einer 30 cm dicken kreuzweise armierten Betonwand nach der Sprengung einer 50-kg-Bombe in 4 m Abstand auf der Tiefe der Sohle

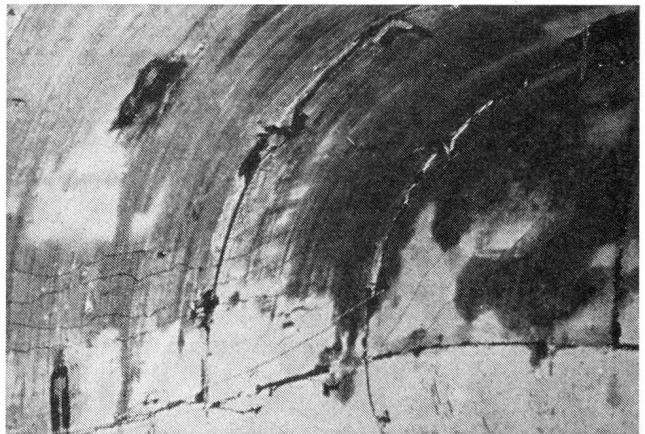


Abb. 13. Zustand einer 7 cm dicken armierten und gebogenen Wand einer Betonschale nach der Explosion einer 50-kg-Bombe in 4 m Abstand auf der Tiefe der Sohle

Ein spezieller Fall der Untergrundverhältnisse im Zusammenhang mit den Erdstössen bildet das in der Schweiz verbreitete Grundwasser. Ohne auf Einzelheiten einzutreten, muss darauf hingewiesen werden, dass bei Druckstössen im Boden erhebliche Bewegungen des Grundwasserspiegels auftreten können. Bei Sprengversuchen in siltigem Boden sind Grundwasserhebungen auf grössere Zonen bis zu 1,5 m

Höhe beobachtet worden. Das Absinken solcher gehobener Grundwasserspiegel ist stark von der Durchlässigkeit des betreffenden Bodens abhängig und kann bis Tage dauern. Für unterirdische Schutzbauten, selbst wenn deren Sohlen über dem Grundwasserspiegel liegen, schliesst dies die Gefahr der Ueberflutung in sich, namentlich wenn man berücksichtigt, dass infolge der Stossbelastung die Hüllen unter Umständen klaffende Risse aufweisen.

Durch die Stösse werden *Erschütterungen* erzeugt, welche zu Beanspruchungen der Bauwerke, einzelner Bauteile und der Installationen durch Trägheitskräfte führen. Diese Kräfte sind um so grösser, je grösser die Beschleunigungen und die beschleunigten Massen sind. Es ist möglich, dass daraus Beanspruchungen resultieren, welche zur Zerstörung von Bauteilen oder zum Ab- oder Ausreissen von Befestigungen führen. Im wesentlichen kann zwischen zwei Arten von Erschütterungen unterschieden werden: a) solchen, welche auf einzelne Bauteile durch fallende Lasten oder nahe Explosion molekularer Sprengstoffe wirken;

b) solchen, die das ganze Bauwerk in Schwingungen versetzen wie Luft- und Erdstösse infolge von Kernexplosionen.

Die Beschleunigungen der ersten Art sind allgemein im Druckbereich, der praktisch in Frage kommt, viel grösser als die letzteren. Die Erschütterungswirkungen sind unbedingt bei Verstärkungseinbauten durch Spriessungen in bestehenden Kellern zu berücksichtigen, damit nicht der ganze Einbau einstürzt. Durch das «weiche» Befestigen von Installationen und Einrichtungen — z. B. mit Zwischenlagen aus einem allseitig elastisch wirkenden Material — können die Erschütterungswirkungen auf diese Befestigungseinrichtungen stark abgemindert werden. Auf Einzelheiten kann im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

Neben den Erschütterungen sind bei grossflächigen Stossbelastungen, z. B. infolge Atomexplosionen, aber auch bei Geschossexplosionen im Boden, im Gebiet der Krater die *Verschiebungen* zwischen Bauwerk und umgebendem Boden zu berücksichtigen. Durch diese Verschiebungen werden hauptsächlich diejenigen Bauteile beansprucht, welche aus dem Bauwerk herausragen, wie Fluchtröhren, Leitungen, Luftfassungen usw. Bei starren Verbindungen mit den Bauwerken werden solche Glieder mit grosser Wahrscheinlichkeit abgerissen. Die konstruktive Lösung besteht in einer beweglichen Verbindung, welche ohne abzureissen Verschiebungen in allen Richtungen in der Grössenordnung von 10 bis 20 cm erträgt.

Schliesslich muss noch auf die *Gefahren für Schutzrauminsassen* aufmerksam gemacht werden, welche von unterirdischen Leitungen ausgehen. Luftstösse, die in Kanalisationen eingedrungen sind, können auf grosse Distanzen Schachtdeckel mit Wucht hochschleudern. Befinden sich solche in Schutzräumen, sind die Insassen primär durch die weggeschleuderten Schachtdeckel und sekundär durch die auf dem Weg über die Kanalisation eingedrungenen Gase gefährdet. Praktische Erfahrungen aus der Friedenszeit zeigen bereits, dass durch zahlreiche Kanäle wie Kanalisationen, Kabelkanäle usw. bei Leitungsbrüchen der Gasversorgung Leuchtgas in die Kellerräume von Gebäuden gelangen kann. Wenn auch vorausgesetzt wird, dass nur noch entgiftetes Leuchtgas (ohne CO) verwendet wird, besteht doch

weiterhin die Gefahr von Gasexplosionen. In Wasserleitungen, welche unter Druck stehen, können Druckstösse von Explosionen auf grosse Distanzen übertragen werden, wobei die Leitungsbrüche erst bei Abzweigungen oder Schiebern, namentlich wenn solche aus sprödem Material bestehen, eintreten. Da solche Brüche auch bei den Hauseinführungen entstehen können, bilden Wasserleitungen eine Ueberflutungsgefahr für unterirdische Räume.

5. Zulässige Beanspruchungen

Im Bauwesen sind die Kräfte, welche auf ein Bauwerk wirken, normalerweise nach Art, Grösse und Richtung entweder bekannt oder sie können begrenzt werden. Bei Schutzbauten ist deren Zerstörung das Ziel des Angreifers. Er wird daher Waffen einsetzen, die zum Bruch der Bauwerke führen. Mit den modernen Atomwaffen ist, mit Ausnahme von Bauten tief im Fels, die Zerstörung aller Schutzbauten möglich. Da mit zunehmender Stärke der Bauwerke die Wirkungsbereiche der Angriffswaffen abnehmen, kann der Gegner gezwungen werden, die Anzahl und die Wirksamkeit der Waffen zu vermehren. Bei molekularen Waffen ist eine Erhöhung des Einsatzes nicht unbeschränkt möglich. Bei Kernwaffen kann die Erhöhung des Einsatzes wegen der damit verbundenen Erhöhung des radioaktiven Ausfalls auch zu einer zunehmenden Gefährdung des Angreifers führen.

Im üblichen Ingenieurwesen werden die Bauten nach den Gesichtspunkten der Statik dimensioniert. Die SIA-Normen enthalten die erforderlichen Vorschriften sowohl für die in Rechnung zu setzenden Kräfte als auch für die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe. Die Ausnützung der Baustoffe ist normalerweise auf deren elastischen Bereich beschränkt. Bei Stossbelastungen, wie sie durch Waffenwirkungen auftreten, müssen die Bauteile und das Baumaterial eine gewisse Arbeit leisten können. Die kurzfristigen Belastungen haben zudem zur Folge, dass gewisse Verformungs- und Festigkeitseigenschaften gegenüber dem statischen Fall erhöht werden. Angesichts dieser Tatsachen ist es möglich, bei Schutzbauten insbesondere die Baustoffe Stahl und Beton für höhere Beanspruchungen auszunützen, als die SIA-Normen normalerweise zulassen. Demzufolge wurden in Zusammenarbeit mit dem SIA Richtlinien für die Ausnützung von Stahl und Beton bei Schutzbauten ausgearbeitet, die vom Bundesamt für Zivilschutz erheblich erklärt wurden. Die wichtigsten Angaben aus diesen Richtlinien sind nachstehend auszugsweise wiedergegeben:

- «Auch für Zivilschutzbauten und deren Bauteile gelten grundsätzlich die einschlägigen SIA-Normen für Beton und Eisenbeton, soweit es sich um sogenannte Friedensbelastungen handelt. Für die Belastungszustände, welche durch die Waffenwirkungen bedingt sind, sollen folgende Regeln beachtet werden:
- Unter der Bedingung, dass durch geeignete Anordnungen der Armierungen (biegesteife Verbindungen, kreuzweise Armierung auf jeder Seite usw.) auf ein möglichst zähes Bruchverhalten des Bauwerkes geachtet wird, darf im übrigen die Dimensionierung statisch erfolgen, und der Sicherheitsfaktor gegen Fließen kann auf 1 angesetzt werden (Traglastverfahren).

- Bei der Bemessung dürfen für die Fliess-Spannungen folgende Zuschläge zu den statischen Werten gemacht werden:
Armierungsstähle I / II / III
um 20 % für \varnothing 7—18 mm
um 10 % für \varnothing 20—30 mm
keine Erhöhung für \varnothing über 30 mm
- Die Fliessspannungen dürfen gegenüber den statischen Werten wegen des schnellen Spannungsanstiegs bei der Belastung erhöht werden. Die durch diese Erhöhungen erhaltenen Fliessspannungen dürfen aber nicht über der Bruchspannung des Stahls liegen.
Im Sinne einer Vereinfachung können vorläufig die Fliessspannungen, einschliesslich dynamischem Zuschlag, der gebräuchlichsten Stahlsorten wie folgt eingesetzt werden:

Stahlsorte	Fliess-Spannung	
	\varnothing 7—18 mm	\varnothing 20—30 mm
Armierungsstahl I	3000	2600
Armierungsstahl II nach SIA-Norm 162 (1956)	4200	3800
Armierungsstahl III nach Normenentwurf SIA (1966) (z. B. Box-Ultra, Caron, Roto, Tor 42, Tor 50)	4800*	4600

* Zugfestigkeit massgebend

- Für die Betonqualität sind die Bedingungen der SIA-Normen 162, insbesondere Art. 8, massgebend.
Als Mindestfestigkeit müssen die Bedingungen für Beton BH P 300 entsprechend Art. 8, Ziff. 5, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Ziff. 4, erfüllt werden.
- Bei dynamischer Beanspruchung darf die ausgewiesene Betonwürfeldruckfestigkeit um 100 kg/cm² erhöht in Rechnung gesetzt werden.
- Die Betonschubfestigkeit und die Haftfestigkeit zwischen Beton und Stahl dürfen nicht erhöht werden.»
- Beim Holz als Baumaterial für Schutzbauten sind diese Erhöhungen der Materialausnutzung nicht zu empfehlen. Einflussfaktoren wie Faser- verlauf, Aeste, Rissigkeit, Trockenheitsgrad usw. können namentlich die Biege-Zug-Festigkeit bei Schlagbeanspruchungen negativ beeinflussen. Es ist daher angezeigt, die in den SIA-Normen für die einzelnen Holzqualitäten festgelegten zulässigen Spannungen für statische Belastungen auch bei Schutzbauten nicht zu überschreiten.

III. Bauliche Möglichkeiten

Für Schutzbauten der Ls Trp in den Bereitstellungsräumen gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- Ausbau von Kellerräumen in bestehenden oder neuen Häusern
- Die Erstellung gesonderter Schutzbauten an geeigneten Standorten ausserhalb von Gebäuden

1. Ausbau bestehender Kellerräume

1.1 Rechtliche Grundlagen

Wenn für die Ls Trp Schutzräume in Kellern von Gebäuden erstellt werden, die nicht Eigentum der öffentlichen Hand sind, kann dies nur mit Zustimmung des Eigentümers im sogenannten «Baurecht» erfolgen. Weigert sich ein Eigentümer, dieses «Recht» zu erteilen, sind in Friedenszeiten keine Rechtsmittel vorhanden, um dieses «Baurecht» zu erzwingen.

Im Rahmen dieses «Baurechts» müssen klare Grundlagen über die Verfügungsrechte bei Handänderungen, Umbauten oder Abbruch der benützten Gebäude geschaffen werden. Ebenfalls sind die sich bei der gemeinsamen Benützung von gewissen Gebäudeteilen, wie Eingänge, Korridore, Treppen usw., ergebenden rechtlichen Probleme zu berücksichtigen. Die Entwicklung der Angriffswaffen lässt erwarten, dass auch für die Schutzräume mit der Zeit Anpassungen und Aenderungen notwendig werden, wofür ebenfalls die Zustimmung des Hauseigentümers erforderlich ist.

Diese Hinweise, welche keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, zeigen immerhin, mit welchen Schwierigkeiten rechtlicher Art und mit welchen Kosten für Abgeltungen gerechnet werden muss, wenn in den Bereitstellungsräumen vorhandene Gebäude für die Schutzanlagen der Ls Trp verwendet werden.

1.2 Technische Möglichkeiten

Die Verstärkung von bestehenden Kellern wird angestrebt, um unter Ausnützung der vorhandenen Gegebenheiten einen höheren Schutzgrad zu erreichen. Die Verstärkungen müssen nicht nur den Schutz gegen mechanische Wirkungen verbessern, sondern auch den Strahlenschutz erhöhen. Ferner muss die Verstärkung neben den Aufenthaltsräumen auch die Zugänge sichern. Schliesslich müssen die notwendigen Einrichtungen geschaffen werden, welche einen längeren Aufenthalt in den Schutzräumen ermöglichen, wie Luft, Wasserreserven, Beleuchtung, Liegestellen, Aborte usw. Die Erfüllung aller dieser Forderungen bei vorhandenen Kellerräumen ist teuer und zeitraubend, da die Verstärkungen in jedem Einzelfall an die vorhandenen Gegebenheiten angepasst werden müssen. Rationalisierung durch Serienproduktion ist praktisch unmöglich.

a) Verstärkungen mit Holzeinbauten

Dieses System ist nur vollständigshalber und weil es im Ueberraschungsfall als Notlösung zur Anwendung kommen kann, erwähnt. Für vorbereitete Massnahmen fällt es ausser Betracht.

Die Abb. 14 enthält ein Beispiel von Verstärkungen mit Holz, wie sie für Schutzräume am Anfang des letzten Krieges für sogenannte «nahtreffersichere Schutzräume» empfohlen wurden.

Der Schutz bezieht sich allein auf Trümmer, Geschossplitter und Kampfgase. Die Sicherung der Eingänge und Notausstiege ist nach den damaligen Kenntnissen konzipiert, wonach bei einem einzelnen Angriff noch keine flächenhaften Zerstörungen eintreten und nachbarliche Hilfeleistungen möglich sind. Da Kellerdecken vielfach mit Hohlstein ausgeführt sind, ist eine geschlossene Schalung zum Schutz gegen das Durchschlagen fallender Trümmer unerlässlich. Deckengewölbe aus Backstein oder

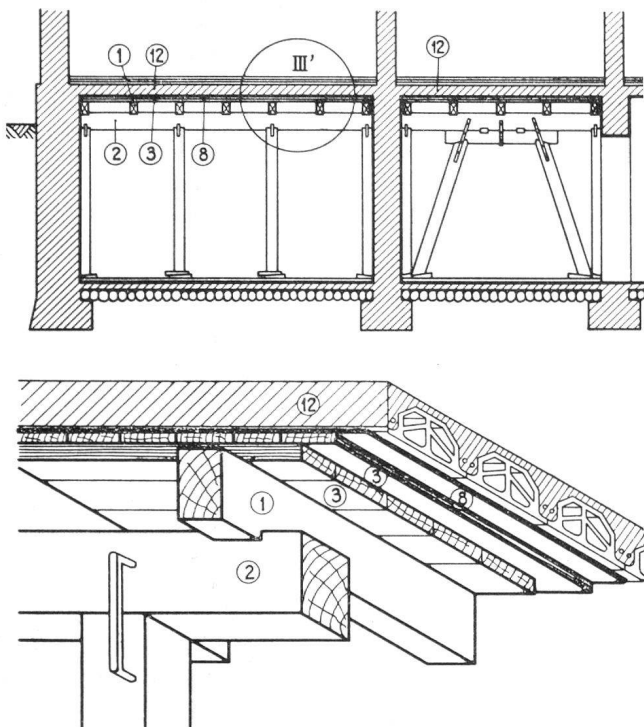


Abb. 14. Beispiel eines gewöhnlichen Schutzraumeinbaus mit Holzverstärkung

ähnlichen Baustoffen werden vielfach hinsichtlich Schutzwirkung überbewertet. Sie sind gegen das Durchschlagen kaum besser als andere Decken und schliessen zudem den Nachteil in sich, dass bei Verschiebung der Auflager das ganze Gewölbe einstürzen kann (Abb. 15).



Abb. 15. Absprengungen auf der Unterseite eines Kalksandsteingewölbes infolge einer Einzellast auf dem Scheitel

In Anbetracht der Erschütterungen, welche durch Kernwaffen erzeugt werden und die stark horizontale Bewegungen auslösen, müssen die Stützen gegen das Umkippen durch «Verschwenkungen» gesichert werden.

b) Verstärkung mit Beton

Das Prinzip dieser Verstärkung besteht darin, dass in den bestehenden Kellerräumen ein weiterer «Kasten» aus Eisenbeton hineingestellt wird.

Es sind Verfahren bekannt, wo die Eisenbetondecken im betreffenden Keller auf dem Boden betoniert und anschliessend an die bestehende Decke gehoben werden. Nach dem Heben der Decke werden die Wände armiert, geschalt und ebenfalls betoniert. Diese

Methode kann nur angewendet werden, wenn die bestehenden Räume einen möglichst einfachen Grundriss aufweisen und keine Leitungen vorhanden sind. Die Decken und Wände können für den gewünschten Schutzgrad berechnet werden. Dieses Verfahren eignet sich kaum für die Verstärkung von Korridoren, Treppen usw. Es ist zu erwarten, dass die Kosten für derartige Verstärkungen eher höher sein werden als bei der Erstellung gleichwertiger Schutzräume im Zusammenhang mit Neubauten. Die Dauer vom Zeitpunkt des Baubeginns bis zur Bezugsbereitschaft mit dem erwähnten Verfahren dürfte in der Grössenordnung von 4 bis 5 Wochen liegen.

Ein weiteres Verfahren besteht darin, dass vorerst Eisenbetonwände vor die bestehenden Wände vorbetoniert werden. Nach deren Erhärtung werden vorgefabrizierte Betonträger auf die Mauerkrone aufgelegt. Diese Deckenträger dienen als verlorene Schalung und deren Zwischenräume werden vom Schutzraum her ausbetoniert. Durch entsprechende Anordnung herausragender Armierungseisen lassen sich zugfeste Verbindungen herstellen.

Bei andern Verfahren werden aus Fertigteilen (Beton oder Stahl) in den bestehenden Kellerräumen Rahmenkonstruktionen eingebaut, deren Felder entweder mit Ortsbeton oder vorgefabrizierten Betonelementen ausgefüllt werden.

Eine weitere schalungslose Verstärkungsmethode ist das Auftragen von Spritzbeton auf die bestehenden Wände und Decken, welche vorgängig mit der erforderlichen Armierung versehen sind.

Vor etwa 10 Jahren wurde in der Schweiz ein Verstärkungssystem entwickelt, das neben der mechanischen Verstärkung auch einen erhöhten Strahlungsschutz gibt und zudem aus Fertigteilen besteht, die vom Innern der Kellerräume eingebaut werden können. Die maximalen Transportgewichte sind derart abgestimmt, dass auch die schwersten Elemente von zwei Personen getragen werden können. Das Bauprinzip besteht darin, dass gebogene Betonrippen zu Dreigelenksboden zusammengebaut werden. Die Felder zwischen den Rippen werden mit eingeschobenen Betonplatten verschlossen. Der Hohlraum zwischen den ursprünglichen Wänden und der Decke wird mit Sand oder Kies ausgefüllt. Der Arbeitsvorgang ist rasch, da ausser für eine Stirnwand, in welcher auch die Schutzraumtüre eingebaut werden muss, kein Ortsbeton benötigt wird (Abb. 16). Dieses System dürfte für die Verstärkung bestehender Keller im Ueberraschungsfall und im Hinblick auf die modernen Waffen von allen Bausystemen die meisten Vorteile bieten.

Alle diese erwähnten Systeme bringen lediglich Verstärkungen der Schutzräume. Die Verstärkung der Verbindungswege, das Problem der Abschlusstüren, die Notausgänge und alle andern Erfordernisse, welche bei Schutzräumen für die Ls Trp berücksichtigt werden müssen, sind für Einbauten in bestehende Keller noch nicht befriedigend gelöst. Allein die Massnahmen, welche wegen der Trümmerbildung und der Brandgefahr beim Einsturz der Gebäude über oder in der Nachbarschaft der Schutzräume erforderlich sind, damit die Ls Trp nach einem Schadenereignis sofort eingesetzt werden kann, verursachen ein Mehrfaches der Aufwendungen und Kosten der Verstärkung der Aufenthaltsräume. Die Frage ist sogar berechtigt, ob sich der Schutz gegen die Sekundärwirkungen wie Trümmer und Brände überhaupt befriedigend lösen lässt.

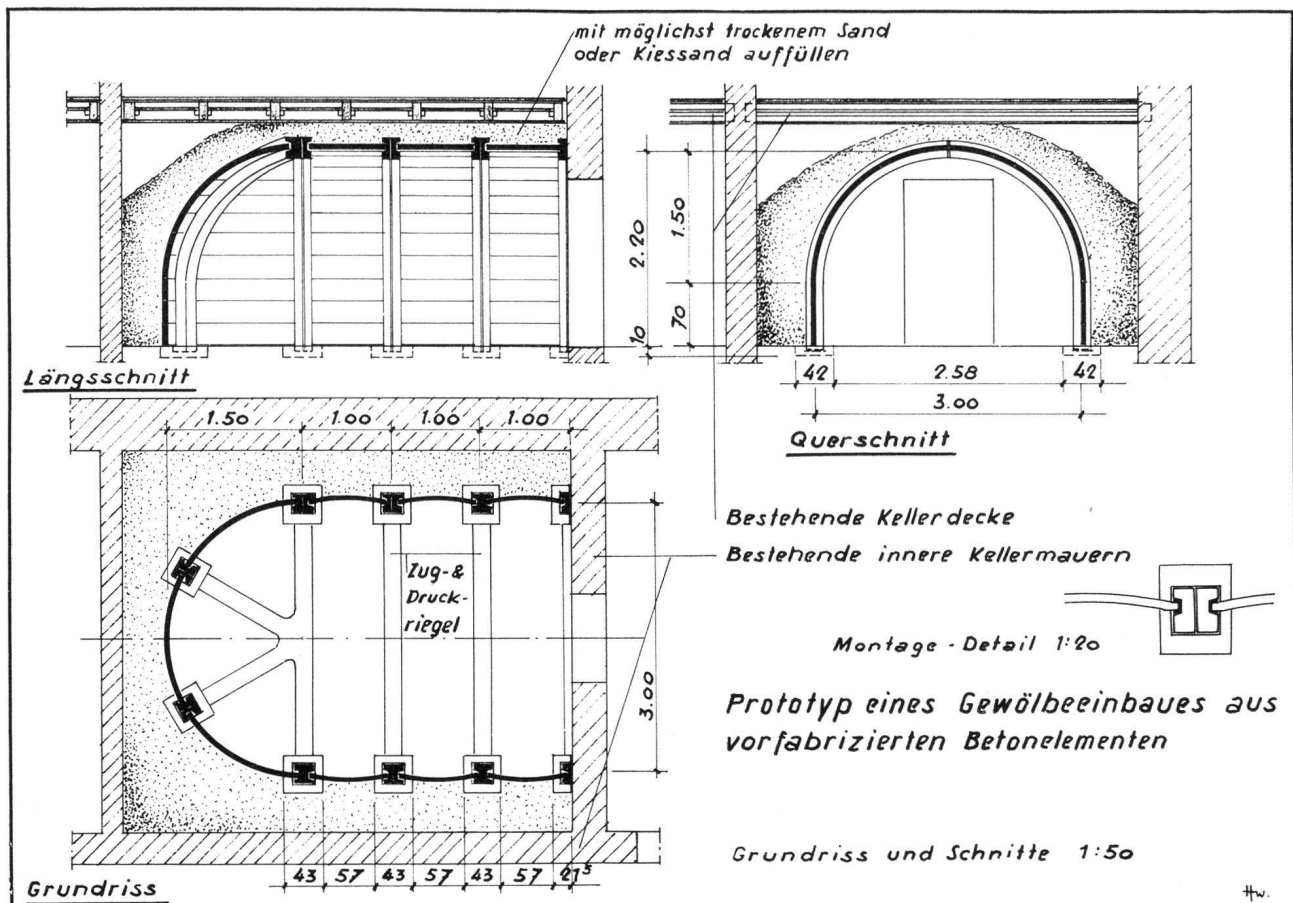


Abb. 16. Verstärkung bestehender Keller für Schutzräume mit vorfabrizierten Betonelementen

c) Schutzräume in Neubauten

Bei dieser Lösung stellen sich die gleichen rechtlichen Probleme wie beim nachträglichen Einbau in bestehenden Kellern. Die Vorschriften zur Erstellung von Schutzräumen bei Neubauten sind auf den Schutz der Zivilbevölkerung, welche sich in den betreffenden Gebäuden aufhält, beschränkt.

Es werden selten Fälle vorliegen, wo in den Bereitstellungsräumen Schutzanlagen für Ls Trp mit andern Neubauten kombiniert werden können, jedoch ist dieser Fall nicht auszuschliessen. Gegenüber dem nachträglichen Einbau besteht der Vorteil einer zielstrebigten Planung und dementsprechend zweckdienlicheren und ökonomischeren Ausführung. Als Grundlage für die Dimensionierung und Gestaltung solcher Schutzanlagen dienen die «Richtwerte für die Dimensionierung von Schutzbauten» sowie die «Technischen Weisungen für den privaten Schutzraumbau» des BZS mit den erforderlichen Anpassungen für die Bedürfnisse des Ls Trp.

Auch solche Schutzbauten sind mit den Nachteilen behaftet, welche durch den Einsturz darüberstehender und benachbarter Gebäude entstehen.

2. Schutzräume ausserhalb der Gebäude in trümmerfreien Zonen

2.1 Rechtliche Grundlagen

In rechtlicher Hinsicht werden die Verhältnisse wesentlich vereinfacht. Ausser für die Zu- und Eingänge ist das Eigentum Dritter nur während der Bauphase beeinträchtigt. Es liegen ähnliche Verhältnisse

wie bei der Geländeverstärkung für die Kampftruppen vor. Die damit verbundene Erfahrung bei der Vertragsgestaltung kann zunutze gezogen werden. Nachträgliche Änderungen im Sinne von Anpassungen an neue Waffen dürften kaum wesentliche Rechtsprobleme stellen.

2.2 Technische Möglichkeiten

a) Unterirdische kastenförmige Betonbauten

Es sind die am Ort erstellten unterirdischen kastenförmigen Eisenbetonbauten zu erwähnen. Sie können bezüglich Raumeinteilung, Eingangsbauwerke und Einrichtungen nach der vorgesehenen Zweckbestimmung geplant, dimensioniert und ausgeführt werden. Bei genügender Entfernung von Gebäuden entfallen die Aufwendungen, welche zum Schutz gegen die Blockierung der Ein- und Ausgänge durch Trümmer und Brände notwendig sind. Auch ist die Tarnung derartiger unterirdischer Bauten sehr gut, und zudem bilden sie schlecht zu treffende Ziele.

Die Ausführung erfordert lange Bauzeiten; es sind auch keine nennenswerten Kosteneinsparungen durch Normierungen und Rationalisierungen möglich. Hüllen mit geraden Bauteilen verhalten sich bei Stossbelastungen ungünstig. Es sind daher materialintensive, relativ dicke Konstruktionen notwendig. Da die Rissbildung bei solchen Konstruktionen schon bei geringen Beanspruchungen und lange bevor die Tragfähigkeit erschöpft ist, eintritt, ist immer mit Wasserinfiltrationen zu rechnen, was die Anlagen vorzeitig unbenutzbar machen kann.

Analyse der Gefahren.

Art der Gefahren	Bedingt durch:		Wirkungsart		Wirkungsbereich		Wirkungsdauer		Toleranzgrenze für Menschen	Schutzmassnahmen	
	primär	sekundär	primär	sekundär	primär	sekundär	primär	sekundär		primär	sekundär
Explosion	Brisanz-Waffen Kern-Waffen	Gewisse Lagergüter: Gasometer Benzinlager Milit. Magazine	Geschossplitter Luftstoss Erdstoss Wasserstoss Durch alle 4 Primärwirkungen:	Trümmerwurf Sekundärbrände Minenwurf Einsturz von Hoch- und Tiefbauten Leitungsbrüche Dammbrüche Leitungsbrüche Stauwehrbrüche Überflutungen Wassereinbrüche Unterbruch der Stromversorgung, Verbindungen, Verkehrsmittel und Verkehrswege, Wasserversorgung Kanalisation	Einige hundert Meter Für ungeschützte Menschen: bis 15 km Für Gebäude: bis 15 km Im Bereich der Minen: einige 100 m einige 100 m einige 100 m unbekannt	In Nähe der Gebäude Bis ca. 15 km Horizontal: Im Bereich des Kraterandes Vertikal: Entspr. Wurfhöhe ca. 100 m Im Bereich der Bauten Überflutungen auf grosse Distanzen einige km auf grosse Flächen Das ganze Land grosse Gebiete	Spontan Bis wenige Sekunden Bruchteile von Sekunden Bruchteile von Sekunden Monate bis Jahre Tage bis Monate je nach Organisation und Materialreserven	Splitter: keine Luftstoss: ca. 0,5 atm Erdstoss: relativ unempfindlich, stark abhängig von Beschleunigung und Weg Wasserstoss: Wie Erdstoss Trümmerwurf: keine Toleranz Brand: " " Überflutung: Im Prinzip keine. Massgebend sind: Höhe, Strömungsgeschwindigkeit und Wassertemperatur Seuchen: Abhängig von Art der Infektion und persönlicher Immunität	Splitter: Baulicher Schutz Luftstoss: " " Erdstoss: " " Wasserstoss: Spezielle bauliche Massnahmen Trümmerwurf: Evakuierung, Spezielle Schutzbauten Brand: spezielle Konstruktion der Staudämme erhöhte Bereitschaft und Alarmierung Überflutung: Aufklärung auf breiter Basis Zerstörung von Strom- und Wasserversorgung, Verbindungen, Verkehrswege und -Mittel: Organisatorische u. vorsorgliche Massnahmen, Transporte durch die Luft, (Helikopter) Leistungsfähige Räumungsgeräte etc.	Trümmerwurf: baulicher Schutz Sek. Brande: Bekämpfung in der Entstehung (Wasserreserven) Erdwurf und Gebäudeeinsturz: baulicher Schutz Überflutungen: Evakuierung, Spezielle Schutzbauten Seuchen: prophylaktische Massnahmen, Impfungen, Hygiene Zerstörungen: von Strom- und Wasserversorgung, Verbindungen, Verkehrswege und -Mittel: Organisatorische u. vorsorgliche Massnahmen, Transporte durch die Luft, (Helikopter) Leistungsfähige Räumungsgeräte etc.	
Feuer	Brandstiftende Waffen Kern-Waffen	Enge Bebauungen Grosse Brandbelastung Leicht entzündbare und leicht brennbare Lagergüter Reife Getreidefelder, Wälder oder dichte Baumbestände	Verbrennungen durch Kontakt (Konvektion) Verbrennung durch Strahlung Entflammung von Gebäuden, Gütern, Wäldern und Kulturen	Brandausbreitung zu: Flächenbränden und Feuerstürmen Massive Vernichtung von Wohn- und Arbeitsraum, lebenswichtigen Einrichtungen und Gütern Sauerstoffentzug Luftvergiftung Unterbruch der Stromversorgung der Verbindungen und der Verkehrswege im Brandgebiet	Bei Brandwaffen in unmittelbarer Nähe Bei Kernwaffen bis 30 km	Je nach Grösse der Gebiete mit gefährlicher Brandbelastung u. grosser Bebauungsdichte: einige km Bei Waldbränden: grosse Gebiete Starke Vertikalausdehnungen. Gifige Brandgase namentlich nach oben und in Talkesseln	Einige Minuten Einige Sekunden	Bei Brandbekämpfung: einige Stunden Ohne Bekämpfung: einige Tage bis brennbares Material vernichtet ist	Bei Kontakt: keine Bei Strahlung: ca. 3 Cal/cm ² Nachtgase: Je nach Konzentration und Giftigkeit: Promille bis Prozente während einigen Minuten	Städtebauliche Massnahmen Reduktion der Brandbelastung in Gebäuden Entzündungsbekämpfung Aufklärung auf breiter Basis Alarmierung	Brandbekämpfungsorganisationen und Mittel Gegen Entstehungs- und Lokalbrände Bei Flächenbrand und Feuersturm: -Evakuierung -baulicher Schutz, namentlich -unterirdische Verbindungswege -individueller Feuer- und Gasschutz -sanitätsdienstliche Massnahmen
Ionisierende Strahlen	Kern-Waffen Sogenannte "Seuchenpakete" (Pakete mit pulverförmigen radioaktiven Substanzen) Katastrophen in Reaktoranlagen Katastrophen in Kernforschungs-Anlagen Nuklear-Versuche	Radioaktiver Ausfall Induzierte Radioaktivität	Somatische und genetische Schädigung durch: Direkte Bestrahlung von Menschen und Tieren mit Gamma- und Neutronenstrahlen Keine Zerstörung von Gebäuden, Einrichtungen und Geräten Gefahren subjektiv nicht feststellbar	Schädigungen von Menschen und Tieren durch Nähe oder Kontakt mit radioakt. Ausfall: Durch Einatmung kontaminierter Luft Durch Aufnahme kontaminierter Nahrung Spätschäden Carzinome wahrscheinlich Keine Zerstörungen von Gebäuden, Einrichtungen und Geräten	Einige km	Einige 100 km bis global	Bruchteile von Sekunden	Monate bis Jahre mit abnehmender Intensität	Für genetische Schäden: Gering Genauere Angaben fehlen Für somatische Schäden: Initialstrahlung ca. 200 rem. Bei akkumulierter Strahlung ca. 400rem auf ca. 20 Jahre Bei inkorporierter Strahlung: Unbekannt stark abhängig von Retentionsdauer und Halbwertszeit, für Spätwirkungen unbekannt	Abschirmung, baulicher Schutz ständige Überwachung von: Luft, Wasser, Nahrungs- und Futtermittel Aufklärung auf breiter Basis Nachrichtendienst Alarmierung	Baulicher Schutz mit Luftdekontamination sowie geschützte Verbindungswege, individueller Haut- und Atemschutz Schutz der Nahrungs- und Futtermittel sowie des Wassers vor Verstaubung, Kontrolle der Nahrungsmittel, des Wassers und Geräte vor der Kontaktaufnahme, Waschen der Haut, der Kleider, der Geräte und der Umgebung. Dekontaminieren von Wasser und Nahrungsmitteln Prophylaktische therapeutische medikamentöse Behandlung bei Inkorporation
Giftstoffe	Chemische Kampfstoffe	Brände (z.B. CO) Zerstörung gewisser Industrien und Anlagen Infiltration durch zerstörte Kanalisationen Verwesungen	Vergiftungen von Menschen und Tieren durch Aufnahme bei der Atmung Aufnahme von Nahrung und Wasser Kontakt mit der Haut Zerstörung der Kulturen Gefahr nur zum Teil subjektiv feststellbar	Reizungen der Haut, Augen, Atmungsorgane Erkrankung sämtlicher Organe mit und ohne Erholung Lähmung der Organe mit und ohne Erholung Psychotoxische Wirkungen wie Wahnsinn, Bewusstlosigkeit, Erblindung mit und ohne Erholung. Keine Zerstörung von Gebäuden jedoch unter Umständen starke Korrosion metallischer Einrichtungen und Geräte.	Einige km je nach Ausmass des Einsatzes sowie Windverhältnissen	Entsprechend dem primär betroffenen Gebiet	Stunden bis Tage je nach Wind und Witterungsverhältnissen Bei sesshaften Kampfstoffen u.U. Monate	Tage bis einige Wochen u.U. Dauerschäden	Zum Teil Bruchteile von Promillen	Baulicher Schutz mit kollektivem Atemmungsschutz sowie geschützte Verbindungswege. Individueller Haut- und Atemmungsschutz Geschützte Bevorratung von Lebens- und Futtermitteln. Überwachung namentlich in Zeiten erhöhter Spannung von Luft, Wasser, Futter- und Nahrungsmittel Nachrichtendienst Aufklärung auf breiter Basis Alarmierung	Entgiftung von Körper, Kleider, Einrichtungen, Geräten, Lebensmittel, Wasser und Umgebung Therapeutische Behandlung der Betroffenen
Epidemische Krankheiten	Krankheitserzeugende Kampfmittel sog. biologische Waffen	Zusammenbruch der üblichen Hygienemassnahmen: Trinkwasserversorgung Lebensmittelkontrolle Kanalisation Kehricht- und Kadaververnichtung Schädlingsbekämpfung (Ratten und Mäuse) mangelnde Resistenz infolge physischer und psychischer Überbelastung (Konzentration und Aufenthalt in Schutzräumen) Mangel an Ärzten und Pflegepersonal	Infektiöse bakterielle oder Virenkrankheiten von Menschen und Tieren. Einzelheiten unbekannt Pflanzenkrankheiten Keine Wirkungen auf Gebäude, Einrichtungen und Geräte Gefahr subjektiv nicht feststellbar	Infektiöse bakterielle oder Virenkrankheiten aller Art aber auch toxische Erkrankungen von Menschen und Tieren	Nicht näher bekannt, jedoch grosse Ausbreitung nicht auszuschliessen	Ausbreitung nicht auszuschliessen	Nicht näher bekannt abhängig von: Virulenz, Inkubationszeit, Immunisierung, Art der Krankheiten, Art und Umfang der prophylaktischen und therapeutischen Massnahmen, Instandstellung der Hygienemassnahmen	Unbekannt	Prophylaktische Immunisierung Sicherstellung der Hygienemassnahmen. Sicherstellung einer guten Sanitätsdienstes, Meldepflicht bei einem vermehrten Auftreten von bestimmten Krankheiten bei Menschen, Tieren und Pflanzen. Nachrichtendienst Aufklärung auf breiter Basis	Desinfektion Therapeutische Massnahmen. Instandstellung der Einrichtungen für die Hygiene	
Panik	Angst vor Waffenwirkungen Mangelndes Vertrauen in Schutz- und Abwehrmassnahmen Beeinflussung durch Zweckpropaganda Beeinflussung durch subversive Aktionen wie Zweckergründe. Mangelndes Vertrauen in die Führung	Unbekannte oder unvertraute optische, akustische- und Geruchswahrnehmungen. Vollständige Dunkelheit	Spontanes Auftreten wahrartigen zweckwidrigen Verhaltens Neurotische Erkrankungen Schreckabart	Einzelpersonen - kleine Gruppen bis grosse Gebiete	Einzelpersonen - kleine Gruppen bis grosse Gebiete	Einzelpersonen - kleine Gruppen bis grosse Gebiete	Wenige Minuten bis einige Tage	Unbestimmt, stark abhängig von psychischer Verfassung des Einzelnen und der Masse sowie äusserer Situation	Weitsichtig geplante gut fundierte umfassende und Vertrauen erweckende Schutzmassnahmen. Gute sachliche und ehrliche Aufklärung. Straffe überlegte Führung. Beschäftigung, Ablenkung, seelsorgerische Betreuung		

Tabelle 2 / Besonderheiten der Beanspruchung, Bauwerksreaktion und Materialeigenschaften

Einwirkungen		Beeinträchtigung der Schutzanlagen			Bautechnische Reaktionen		
Art	Beeinflusst durch:	primär	sekundär	durch Planung	durch konstruktive Massnahmen	durch Ausnutzung der Materialeigenschaften	durch ökonomische Faktoren
1. Mechanische Wirkungen							
a) Luftstoss	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Kaliber (W ^{1/2}) – Sprengpunkthöhe b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Raumbeschränkung	a) Hülle: – Alle Wirkungen von aussen – Biegeschwungung (± Bereich) – Auflagerreaktionen (±) – Druck, Zug, Scherung – Bewegungen und Verschiebungen b) Gänge und Türen: – Wirkungen von aussen und innen – Innendruck gegenüber aussen u.U. stark erhöht – erhöhte Biegekräfte – Zug-, Scher- und Torsionskräfte bei Türverankerungen c) Installationen und Einrichtungen – Erschütterungen – Verschiebungen – Beschleunigungskräfte	– Decken: Schlag durch fallende Trümmer und erhöhte statische Belastung durch Trümmerlast – Überflutungen: – Grundwasser, Leitungsbürche usw.) – Hitzeentwicklung durch Sekundärbrände – Gefährdung des Wassers, des Gefälles der Elektrizität, des Telefons	– Sinnvolle Standortwahl – Wahl knäusige Anordnung der Zuganker – Zweckmässige Anordnung der Öffnungen und Abschlüsse	– Zugfeste Verbindung aller Bauteile – Vermeidung von Korb- und Korb-Verbindungen, z.B. bei schroffen Übergängen – Vermeidung von Verschiebungen – Abschrägung der Öffnungen von Gängen – Vermeidung von Stössen – Einbringen der Luftstösse – Flexible Verbindung zwischen Bauteilen – Elastische, gedämpfte Befestigung der Einbauten – Abschrägung gegen Abplatzungen	– Duktilität – Schlag-, Zug-, Biege-, Druck- und Druckfestigkeit – Plastifizierungsgrad bzw. Bruchdehnung – Verschiedene Materialien – Thermische Ausdehnungskoeffizienten – Alterungsbeständigkeit	– Erhöhte Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften bis in den Bereich des Bruchzustandes – Bruckrichtung der Bauteile – Verankerung der Bauteile – Optimierung der Belastungsanforderungen – Spannen – Schutz gegen Abplatzungen und Wassereinbrüche
b) Erdstoss	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Kaliber – Sprengpunktlage b) Gegebene Faktoren: – Grundwasser	a) Am Baugrund anliegende Bauteile: – Druck-, Biege- und Scherbeanspruchung, jedoch vorwiegend in der Stossrichtung b) Alle Bauteile: – Verankerungen in allen Freiheitsgraden – Beschleunigungskräfte bei freistehenden Wänden und Installationen	– Decken: Schlag durch fallende Trümmer – Wassereinbrüche	– Gründung über Grundwasser – Verankerung aller Bauteile zur Abschrägung	– Zugfeste Verbindung aller Bauteile – Vermeidung von Korb- und Korb-Verbindungen, z.B. bei schroffen Übergängen – Vermeidung von Verschiebungen – Abschrägung der Öffnungen von Gängen – Vermeidung von Stössen – Einbringen der Luftstösse – Flexible Verbindung zwischen Bauteilen – Elastische, gedämpfte Befestigung der Einbauten – Abschrägung gegen Abplatzungen	– Duktilität – Schlag-, Zug-, Biege-, Druck- und Druckfestigkeit – Plastifizierungsgrad bzw. Bruchdehnung – Verschiedene Materialien – Thermische Ausdehnungskoeffizienten – Alterungsbeständigkeit	– Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften des Baugrundes zur Entlastung der Bauwerke
c) Schlag (direkter Beschuss und Fallstein)	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Kaliber – Sprengpunktlage b) Gegebene Faktoren: – Grundwasser	a) Am Baugrund anliegende Bauteile: – Druck-, Biege- und Scherbeanspruchung, jedoch vorwiegend in der Stossrichtung b) Alle Bauteile: – Verankerungen in allen Freiheitsgraden – Beschleunigungskräfte bei freistehenden Wänden und Installationen	– Bei Geschossen Explosion (Luft- oder Erdstoss) in oder in der Nähe der Bauteile – Starke Splitterwirkung – Bei Fallstein erhöhte statische Belastung durch Trümmer – Gewölbe oder zufällige Brände auf oder um die Schutzräume	– Ausnutzung anderer Bauteile, z. B. Massivdecken zur Abschrägung – Standortwahl unter Vermeidung darüber liegender Hallen mit raumhoher Ausstattung – Vermeidung von Anordnungen der Schutzraumgänge sowie von erhöhter Verankerung – Vermeidung von Massierungen	– Ablenkungs- und Dämpfungselemente wie netzschlechte Stützkonstruktionen, Endringresistenz, oder starke Überdeckungen mit Eisent – Verbund-Konstruktionen, z. B. Beton-Zellenförmige Unterteilung im Innern mit Eisenbetonwänden – Abschrägung u. mech. monolithische Konstruktion, z. B. Eisenbeton – Verankerung durch Erdmaterial oder Fels – Tragkonstruktion aus Eisenbeton – Schutz vor Abwinkelungen von Gängen und Kanden gegen Stützabziehen	– Duktilität – Dämpfungsvormögen – Raum- oder spez. Material mit freiem Wasser (Beton, Erde)	– Ausnutzung der natürlichen Gegebenheiten, z.B. der Geröllbedeckung
2. Strahlungen							
a) Radioaktive Primärstrahlung	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Beschaffenheit der Waffen – Sprengpunktlage b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Niederschläge	Keine	Keine	– Standortwahl der Bauteile mit Blick auf Abschirmung durch Wände und Decken sowie abschirmbare Gebäude	– Abschrägung u. mech. monolithische Konstruktion, z. B. Eisenbeton – Verankerung durch Erdmaterial oder Fels – Tragkonstruktion aus Eisenbeton – Schutz vor Abwinkelungen von Gängen und Kanden gegen Stützabziehen	– Raum- oder spez. Material mit freiem Wasser (Beton, Erde)	Quotient: Verbleibendes Gewicht Preis möglichst gross
b) Radioaktive Rückstrahlung (Fallout)	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Beschaffenheit der Waffen – Sprengpunktlage b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Niederschläge	Keine	Keine	Keine	Keine	– Wie Primärstrahlung	– Wie Primärstrahlung
c) Thermische Strahlung und Nachlaufhitze	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Kaliber – Sprengpunkthöhe b) Gegebene Faktoren: – Witterungsverhältnisse – Trockeneitungsgrad – Bebauungsart – Vegetation – Topographie	– Oberflächliche, nicht sehr tief gehende Erhitzung bis zum Schmelzen – Lang dauernde Erhitzung in Stollen und Gängen – Vermeidung von Dichtungen und Füllungen – Vermeidung von Abschrägungen, namentlich bei Abschlüssen	– Langfristige, thermische Belastung durch ausgedehnte Sekundärstrahlung – Vermeidung von Verankerung und Zerstörung des Betons und Erweichung der Gänge – Vermeidung von Intensität u. a. stark zerstörerischen abhängig	– Standortwahl unter Berücksichtigung der Abschirmung durch Wände und Decken – Vermeidung der Nachbarschaft stark brandgefährdeter Stoffe (Auflockerung) – Wahl der Bauart (geringe Brandbelastung)	– Bei Abschlüssen: Schutz der Ränder und Dichtungen vor Wassereintritt – Schutz des Betons gegen Wasserverlust auf der Katseite – Vermeidung von verschliessbaren, ungen, durchgehenden Gängen in Keller – Vermeidung der Überflutung mit flüssigen brennbaren Stoffen – Kühlung der Frischluft	– Unbrennbarkeit – Schlechte Wärmeleitung – Trägheit der Beständigkeit, insbesondere bei Dichtungen	Minimaler Preis bei hohem Feuerwiderstand
3. Brand (Durch konventionelle brandstiftende Waffen)	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Wahl der Mittel – Sprengpunkthöhe b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Vegetation	Praktisch keine	Praktisch gleich wie thermische Strahlung	Wie thermische Strahlung	Wie thermische Strahlung	Keine	Keine
4. Elektromagnetischer Impuls (Nuklearwaffen)	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Entfernung – Sprengpunkthöhe b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Vegetation	– Starke Erhitzung der Armierungen – Vermeidung von Beton – Erhitzen bis Schmelzen von Verankerungen – Vermeidung von Installationen und Apparate	Folgen elektrischer Kurzschlüsse	– Verkabelung elektrischer Leitungen	– Erdung der Armierung – Elektrische Verbindung von Armierungen und metallischen Befestigungen – Sicherung der Leitung gegen Überbeanspruchung – Erdung anderer metallischer Rohr- – Abschrägung empfindlicher Geräte durch Faradaykäfig	Keine	Keine
5. Chemische Waffen	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Art und Sesshaftigkeit der Kampfstoffe – Entfernung der Konzentration b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Vegetation	Keine	Keine	Nicht beeinflussbar	Keine	Keine	Keine
6. Biologische Waffen	a) Durch den Angreifer manipulierbare Faktoren: – Art und Sesshaftigkeit der Kampfstoffe – Entfernung der Konzentration b) Gegebene Faktoren: – Topographie – Beschaffenheit – Vegetation	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine

Tabelle 3 / Richtwerte für die Dimensionierung von Schutzbauten gegen Kernwaffenwirkungen

Fall	Gleichzeitig wirkende Kräfte (vereinfachende Festlegungen)		Schutzraumtyp		
			1 atü	3 atü	9 atü
1	Druck auf Schutzraumdecke nahe der Oberfläche	kg/m ²	10 000	30 000	90 000
2	Druck auf Schutzraumwände bis UK-Decke erdberührt in trockenem Boden	kg/m ²	7 000	20 000	60 000
3	Druck auf Schutzraumwände in einem Keller mit kleinen Öffnungen in den umgebenden Kellerwänden und Kellerdecken gegen aussen	kg/m ²	10 000	30 000	90 000
4	Druck auf Schutzraumwände in einem Keller mit grossen Öffnungen in den umgebenden Kellerwänden und Kellerdecken gegen aussen	kg/m ²	17 000	60 000	210 000
5	Druck im Innern von Gängen, die ins Freie ausmünden und dort offen sind	kg/m ²	24 000	90 000	330 000
6	Druck auf Schutzraumboden in trockenem Boden bei biege- steifem Übergang an die tragenden Wände	kg/m ²	5 000	15 000	45 000
7	Kurzzeitige Beschleunigungsspitzen beim Durchlaufen der Stosswelle oder bei Störschwingungen von Bauteilen	g	20	60	150
8	Beschleunigung des Schutzraumes als Ganzes	g	2	6	15
9	Geschwindigkeit des Schutzraumes als Ganzes				
	in Lockermaterial	m/s	0,5	1,5	4
	in hartem Baugrund	m/s	0,05	0,15	0,4
10	Verschiebung des Schutzraumes zu seiner ursprünglichen Lage				
	in Lockermaterial	cm	50	70	100
	in hartem Baugrund	cm	5	7	10
11	Verschiebung des Schutzraumes relativ zum umgebenden Boden				
	in Lockermaterial	cm	± 5	± 7	± 15
	in hartem Baugrund	cm	± 2	± 3	± 5
12	Radioaktive Primärstrahlung	rem	20 000	70 000	350 000
13	Thermische Strahlung	cal/cm ²	450	1 500	8 000
14	Lufttemperatur nach Eintreffen der Stosswelle während einiger Sekunden				
	im Freien (Strahlung von Fall 13 nicht eingerechnet)	°C	80	200	1 000
	in geschlossenen Gängen, gemäss Fall 5	°C	150	350	650
15	Magnetische Feldstärke	A/m	4 000	8 000	8 000
16	Elektrische Feldstärke	V/m	50 000	100 000	100 000

b) Schalenbauwerk aus Beton

Unter Schalenbauwerken versteht man dünnwandige Konstruktionen, bei denen durch geeignete Formgebung möglichst günstige Voraussetzungen für die Beanspruchungen geschaffen werden. Solche Systeme aus Beton in der Form von Zylindern mit gewölbten Stirnwänden oder Kugeln für Schutzbauten wurden in der Schweiz bereits in der Mitte der fünfziger Jahre erprobt. Inzwischen sind weitere derartige Systeme entwickelt worden.

Der Strahlenschutz wird durch eine entsprechende Erdüberdeckung erreicht, wozu der Aushub verwendet wird. Die grosse Tragfähigkeit resultiert aus dem Zusammenwirken der Bauwerke mit dem umgebenden Boden. Im Prinzip wird das Bauwerk um so weniger beansprucht, je grösser seine Verformbarkeit im Verhältnis zu derjenigen des Bodens ist. Diesem physikalischen Verhalten ist es zu verdanken, dass bei geeigneten Konstruktionen der grösste Teil der wirkenden Kräfte von dem umgebenden Boden übernommen wird. Bei Versuchen ist festgestellt worden, dass selbst stark gerissene Schalenbauwerke dank dem Zusammenwirken mit dem Boden nicht einstürzten. Die Versuchs- und auch die praktischen Erfahrungen zeigten bei Schalen aus Beton gewisse Nachteile:

- Die Fugen bilden empfindliche Stellen für Undichtigkeiten gegen Wassereintritte.
- Die dünnen Betonwände von nur wenigen Zentimetern Dicke schliessen auch bei fabrikmässiger Herstellung die Gefahr in sich, dass Poren vorhanden sind, durch die Wasserinfiltrationen auftreten.
- Unsorgfältige Arbeitsweise und Schläge auf die Schale beim Eindecken können zu Rissen führen, die wiederum undichte Stellen verursachen.
- Das nachträgliche Befestigen von irgendwelchen Einrichtungen und Installationen an den Schalenwänden ist wegen der beim Bohren oder Spitzen möglichen Rissebildung zu vermeiden.
- Beim Vorhandensein von Grundwasser treten durch die harten Wasserstösse Zertrümmerungen auf, welche die Ueberflutung des Bauwerkes zur Folge haben können.

c) Schalenbauwerke mit Blechfutter und Betonmantel

Auf Grund der obenerwähnten Erkenntnisse wurde nach einem neuen System gesucht. Als Grundlage diente folgendes Pflichtenheft:

- Das Bauwerk muss in allen Böden, auch solchen mit Grundwasser, ohne Wasserhaltung einbaubar sein.
- Das Bauwerk muss, ohne undicht zu werden, Druckstösse bis mindestens 10 atü ertragen.
- Das Bauwerk muss eine weitgehende Mechanisierung bei der Herstellung erlauben.
- Es sollen normierte Bauelemente geschaffen werden, mit welchen sowohl Einzelschutzzräume mit Zugangstollen und Vorräumen als auch ganze Schutzanlagen mit beliebigem Fassungsvermögen und beliebiger Länge gebaut werden können.
- Der Einbau soll keine besonderen Anforderungen stellen wie zum Beispiel aufwendige Sohlenbehandlung, spezielle Berechnungen und komplizierte Arbeitsvorgänge beim Eindecken.

- Das Bauwerk soll auch bei relativ geringen Erdüberdeckungen mit normalen Verkehrslasten befahrbar sein und daher unter irgendwelchen Plätzen eingebaut werden können.
- Das System muss die nachträgliche zugfeste Befestigung von Installationen und Einrichtungen an beliebigen Stellen im Innern des Bauwerkes erlauben.
- Das Bausystem soll ein Minimum an Bauteilen, welche mit Ortsbeton ausgeführt werden müssen, benötigen.
- Das Bausystem soll, wenn notwendig, ohne grossen Aufwand gemäss neuen Erkenntnissen modifiziert werden können.

Es ist gelungen, durch die Kombination eines Blechfutters von 5 mm Dicke mit einem Betonmantel von etwa 8 cm Dicke, alle diese Forderungen zu erfüllen. Das Blech dient unter anderem als formgebende Schalung. Durch Verschweissung an den Stössen der einzelnen Zylinderelemente entsteht eine wasserdichte, dehnbare innere Hülle, die auch bei starken Verformungen dicht bleibt. Am Blech können zudem alle erforderlichen Einrichtungen und Installationen zugfest angeschweisst werden.

Der Blechmantel gibt der Schale die erforderliche Stabilität bei der Montage, beim Eindecken und beim Verdichten des Einfüllmaterials. Er dient ferner zum Schutz gegen das Knicken (Beulen) des Bleches unter gewissen Belastungen sowie als äusserer Korrosionsschutz.

Bei der Herstellung der Ummantelung werden die Blechzylinder, an denen die erforderlichen Armierungen angeschweisst sind, auf einen Drehtisch gestellt. Der Beton wird bis zur gewünschten Dicke durch ein Spritzverfahren aufgetragen. Es ist mit diesem Vorgehen ohne weiteres möglich, Betonqualitäten von hochwertigem Beton im Sinne der SIA-Normen zu erreichen. Der geschilderte Herstellungsvorgang wurde an Prototypen im Masstab 1:1 erprobt. Die dadurch gesammelten Erfahrungen zeigten, dass keine grundsätzlichen Schwierigkeiten für eine weitergehende Mechanisierung oder gar Automatisierung des Herstellungsvorganges bestehen.

Die Abbildungen 17 bis 21 illustrieren den Transport, die Ummantelung sowie das Versetzen bei der Er-



Abb. 17. Transport der Blechzylinder für die Elemente eines 6 m langen Schutzraumes mit einem 7 m langen Vorräum und Abzweiger

probung eines Versuchsbauwerkes im natürlichen Masstab.

Neben der Ummantelung dürfte auch eine Rationalisierung durch Mechanisierung beim Verschweissen der Stösse der einzelnen Elemente möglich sein. Der Aufwand für die Mechanisierungen ist ein ökonomisches Problem und hängt stark vom Bedarf ab. Bei genügend grossen Serien wird durch Normierung und Mechanisierung eine empfindliche Preisreduktion möglich.

Praxisnahe Untersuchungen beim Eindecken solcher

Verbundschalen ergaben, dass bereits eine einigermaßen zuverlässige Verdichtung des Einfüllmaterials mit den üblichen Bodenverdichtungsgeräten im

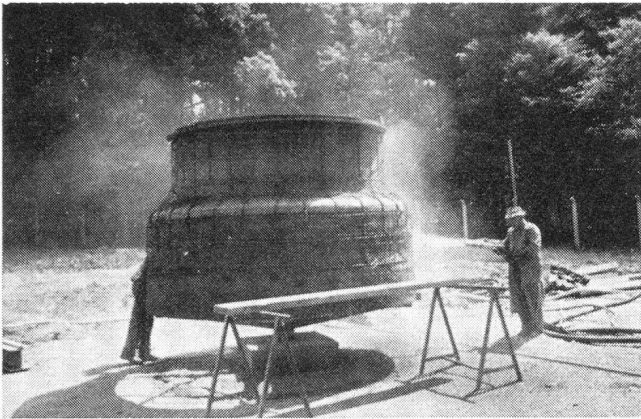


Abb. 18. Ummantelung eines Elementes mit Spritzbeton auf dem Drehtisch

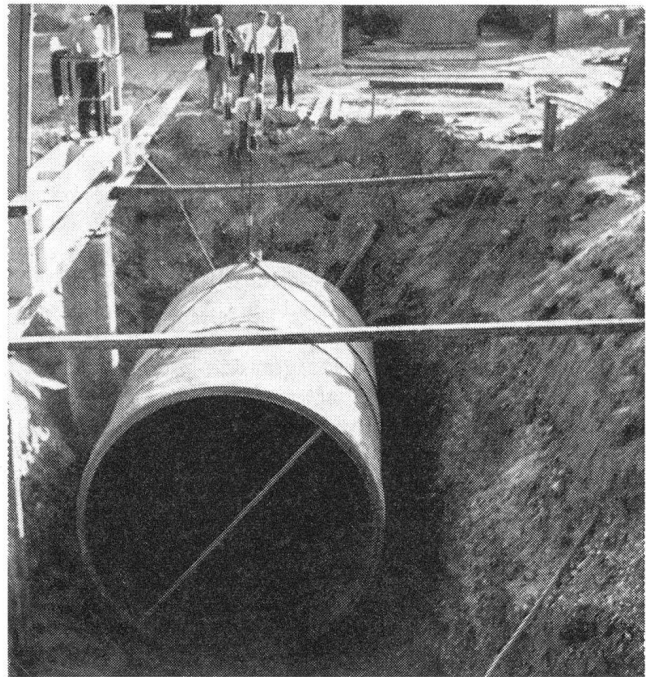


Abb. 20. Versenken eines Bauteils aus drei verschweissten Elementen von 3 m Durchmesser, 5 m Länge und etwa 12 t Gewicht

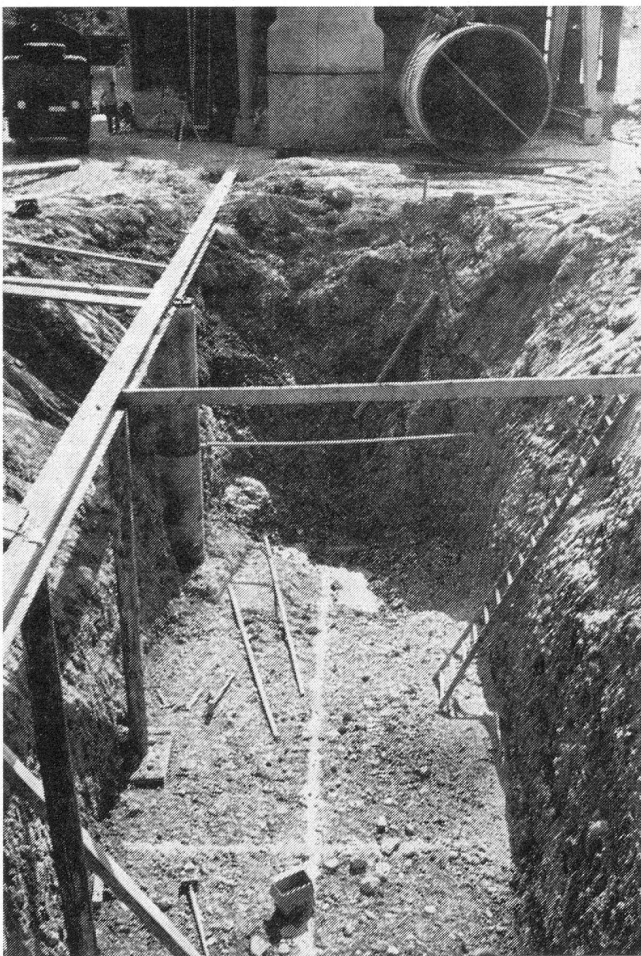


Abb. 19. Vorbereitete Baugrube von 4,5 m Tiefe für die Versenkung des Bauwerkes. Im Hintergrund verschweisste, zum Einbau bereitgestellte Elemente



Abb. 21. Fertig verschweisstes und ausgefügtes Bauwerk in der Grube vor dem Eindecken

Gebiet des Kämpfers (Mantellinie auf etwa halber Höhe) genügt, um das Zusammenwirken von Bauwerk und Boden zu gewährleisten. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass bereits nach dem Eindrücken bis etwa 10 cm unter die Höhe des Scheitels die Schale in der Lage ist, ohne jeden Schaden das Gewicht eines beladenen Lastwagens, selbst an ungünstigen Stellen, dauernd zu tragen.

Um Anhaltspunkte über das Zusammenwirken des Bauwerkes mit dem Boden sowie des Verhaltens des Bauwerkes bei Stossbelastungen zu erhalten, wurde ein Prototyp dieses Schalenbauwerkes aus Blech mit Betonmantel mehrmals mit vertikalen Stößen von etwa 1800 t auf eine Bodenoberfläche von 9 m² belastet (20 atü).

Weitere Prüfungen über das Verhalten bei Luftstößen, welche in die Vorräume eingedrungen sind, sowie bei Erdstößen, welche durch Sprengungen im Boden auf der Seite des Modells erzeugt werden, sind vorgesehen. Diese Prüfungen an einem Bauwerk erlauben zuverlässige Aussagen über den Schutzgrad desselben und erübrigen weitere komplizierte Berechnungen bei der Projektierung.

Dank der grossen Fähigkeit des Systems wegen des Zusammenwirkens von Boden und Bauwerk sowie des Strahlenschutzes durch die Erdaufschüttung genügt für alle Belastungsbereiche von 1 bis 20 atü ein einziger Bauwerkstyp. Der Unterschied des erforderlichen Schutzgrades von 1 atü gegenüber demjenigen von 10 bzw. 20 atü liegt lediglich in der grösseren Erdüberdeckung. Ein weiterer beiläufiger Vorteil derartiger Konstruktionen besteht in der ausgezeichneten Abschirmung gegen elektromagnetische Effekte, welche bei Kernexplosionen entstehen und für elektronische Geräte sehr gefährlich sind.

Zum Schutz gegen Korrosionen müssen die Blechfutter bei deren Herstellung durch Sandstrahlen gereinigt und grundiert werden. Mit zusätzlichen Deckanstrichen nach erfolgter Montage ist der Rostschutz auf lange Sicht gewährleistet.

Es ist zu bemerken, dass mit den erwähnten Verbundschalen die Entwicklung und die Forschung für Schutzbauten nicht abgeschlossen sind. Bereits heute schon werden fabrikmässig Schalen aus mit Glasfaser verstärkten Polyestern hergestellt, die sich möglicherweise für Schalenbauwerke zu Schutzzwecken im Boden eignen können und zudem den Vorteil sehr kleiner Gewichte aufweisen.

IV. Zusammenfassung

1. Der Auftrag an die Ls Trp erfordert, dass diese samt ihrem Material ein Schadenereignis ohne nennenswerte Verluste überleben und der Aufbruch für die Verschiebung an den zugewiesenen Einsatzort nicht durch die Sekundärwirkungen aufgehalten wird.
2. Vorbereitete Schutzbauten in den Bereitstellungsräumen sind die wirksamsten Massnahmen zur Erhaltung der Kampfkraft; sie bilden aber auch notwendige Stützpunkte während des Einsatzes.
3. Der zu fordernde Schutzgrad für die Bauten zum Schutz der Menschen und der Geräte ist eine Er-

messensfrage. Das Optimum hängt von zahlreichen Faktoren ab, die eingehend geprüft werden müssen.

4. Für die Dimensionierung der Schutzbauten müssen alle primären und sekundären Wirkungen der bekannten und der übersehbaren zukünftigen Waffen berücksichtigt werden. Auch sind «ausgewogene» Konstruktionen anzustreben. Es wäre beispielsweise sinnlos, starke Hüllen zu bauen, wenn die Eingänge entweder zu schwach sind oder durch Trümmer und Brände derart blockiert werden, dass die Insassen immobilisiert oder sogar gefährdet sind.
5. Die oberirdischen Gebäude sind gegen Druckstösse wesentlich weniger widerstandsfähig als unterirdische Bauten. Bei leichteren Bauweisen treten bereits bei etwa 0,1 atü erhebliche Störungen und Trümmerbildungen ein; bei 0,5 ist der grösste Teil auch solid gebauter Häuser zerstört.
6. Schutzbauten in den Kellerräumen bestehender Häuser weisen zahlreiche schwerwiegende Nachteile auf wie: rechtliche Probleme, Behinderung in der Raumgestaltung, grosse und kostspielige Aufwendungen für die Eingangsbauwerke, Abschlüsse, Fluchtwege usw. Beim Einbau in bestehende Keller ist immer mit der Vertrümmerung mindestens durch das darüberliegende Haus und je nach Bauabständen auch mit derjenigen benachbarter Häuser zu rechnen. Mit der Vertrümmerung steigt auch die Gefahr für Brände, was sowohl zur Behinderung beim Einsatz nach dem Ereignis als auch zu Gefährdungen für die Menschen und die Geräte führt. Derartige Risiken dürfen für eine Rettungsorganisation wie die Ls Trp, welche zur Hilfeleistung den örtlichen Zivilschutzorganisationen zugewiesen sind, *nicht* eingegangen werden.
7. Die Summe aller Nachteile und die Gefahr der Behinderung oder gar Verunmöglichung bei der Erfüllung des Auftrages der Ls Trp nach einem Schadenereignis *verbietet* die Anordnung von Schutzanlagen in Kellern von bestehenden Häusern. Eine Ausnahme ist allerdings zu berücksichtigen, nämlich der Ueberraschungsfall. Bei vorbereiteten Schutzanlagen sollten Zonen gewählt werden, die frei von Trümmern und Bränden sind.
8. Es bestehen zahlreiche technische Möglichkeiten für den Bau von Schutzanlagen ausserhalb des Gebäudegrundrisses. *Die Schalenkonstruktionen bilden dabei die billigsten und zweckmässigsten Bausysteme.* In der Schweiz hat die Forschung auf diesem Gebiet bereits kurz nach dem letzten Krieg eingesetzt. Auf Grund dieser Forschung konnte ein Konstruktionsprinzip, bestehend aus einem Blechfutter mit einem Betonmantel entwickelt werden, das sich für die mechanische Herstellung eignet und dessen eingehende Erprobung ergab, dass damit auch auf lange Sicht ein Maximum an Vorteilen erreicht wird.
9. Bei der Standortwahl für Schutzanlagen ausserhalb bestehender Häuser muss den sekundären Gefährdungen durch die Umgebung, wie Tankanlagen, Gasometer, Wasser- und Gasleitungen usw., ebenfalls gebührend Rechnung getragen werden.