



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
LABOR SPIEZ

TW Schock 2021

Technische Weisungen für die Schocksicherheit von
Einbauteilen in Schutzbauten des Zivilschutzes

Technische Weisungen für die Schocksicherheit von Einbauteilen in Schutzbauten des Zivilschutzes (TW Schock 2021)

vom 01. März 2021

Das *Bundesamt für Bevölkerungsschutz*,
gestützt auf Art. 104 der Zivilschutzverordnung vom 11. November 2020¹
erlässt folgende Weisungen:

Ziffer 1 Zweck

Die Weisungen regeln die Schocksicherheit von Einbauteilen in Schutzbauten des Zivilschutzes.

Ziffer 2 Aufhebung bisheriger Weisungen

Die Technischen Weisungen für die Schocksicherheit von Einbauteilen in Zivilschutzbauten (TW Schock 1995) vom 23. März 1995 werden aufgehoben.

Ziffer 3 Inkrafttreten

Diese Weisungen treten am 01. März 2021 in Kraft.

Den 18. Februar 2021

Bundesamt für Bevölkerungsschutz

Dr. iur. Michaela Schärer



Direktorin

¹ SR 520.11

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Geltungsbereich	4
1.2	Zweck.....	4
1.3	Inhalt	4
1.4	Mitgeltende Bestimmungen.....	4
2	Schockbelastungen und -wirkungen	5
2.1	Belastungsarten	5
2.2	Schockbelastung von Schutzbauten	5
2.3	Normschockwerte	6
3	Nachweis der Schocksicherheit	7
3.1	Schutzgrad	7
3.2	Praktische Schockprüfung	7
3.3	Rechnerischer Nachweis der Befestigungen	8
3.3.1	Vorgehen.....	8
3.3.2	Vereinfachter rechnerischer Nachweis	8
4	Schocksicherheit von Einbauteilen	9
4.1	Generelle Anforderungen	9
4.2	Schocksichere Befestigungen.....	10
4.3	Passive Schocksicherheit	10
4.3.1	Definition	10
4.3.2	Beispiele.....	11
5	Prüfung und Zulassung von Einbauteilen	12
5.1	Prüfpflicht	12
5.2	Prüfpflichtige Einbauteile.....	12
5.3	Nicht-prüfpflichtige Einbauteile.....	13
6	Schocksichere Befestigungen	14
6.1	Befestigungsmethoden	14
6.2	Dübelbefestigungen (nachträglich versetzte Befestigungen).....	14
6.3	Eingelegte Befestigungen	15
6.4	Verankerung von Betonsockeln	15
7	Prüfung und Zulassung von prüfpflichtigen Einbauteilen	16
7.1	Praktische Schockprüfung	16
7.2	Technische Unterlagen	16
7.2.1	Technische Beschreibung.....	16
7.2.2	Anleitung für die schocksichere Montage (Montageanleitung)	16
7.2.3	Rechnerischer Nachweis der Befestigungen	17
7.3	Lieferung und Montage des Einbauteils	17
7.3.1	Montageanleitung.....	17
7.3.2	Befestigungsmaterial.....	17
7.3.3	Datenschild	18
7.4	Qualitätsmanagement	18
8	Vereinfachter rechnerischer Nachweis der schocksicheren Befestigung ..	19
8.1	Statische Ersatzkraft	19
8.2	Berechnung der Befestigungskräfte	19
8.3	Beispiel eines vereinfachten rechnerischen Nachweises	20
8.4	Nachweis der Schocksicherheit der Befestigung	22
8.5	Berechnungshilfe	22
9	Relativbewegung von nicht befestigten Einbauteilen	23

1 Einleitung

1.1 Geltungsbereich

Die vorliegenden Technischen Weisungen für die Schocksicherheit von Einbauteilen in Schutzbauten des Zivilschutzes - kurz TW Schock 2021 - gelten für sämtliche, nicht zum Schutzbauwerk gehörenden, sekundären Bauteile, Installationen und Einrichtungen (SBIE). Vereinfacht werden diese im Folgenden generell als Einbauteile bezeichnet.

1.2 Zweck

Die TW Schock 2021 regeln den Nachweis der Schocksicherheit der Einbauteile in den Schutzbauten des Zivilschutzes. Die Schocksicherheit ist dabei ein Element des umfassenden ABC-Schutzes, den die Schutzbauten bieten. Mit der schocksicheren Ausführung, Anordnung und Befestigung der Einbauteile wird sichergestellt, dass nach Waffeneinwirkungen das Überleben im Schutzbau und dessen Funktionalität, gewährleistet bleibt.

1.3 Inhalt

Die TW Schock 2021 enthalten alle massgeblichen Grundlagen zum Schockschutz von Einbauteilen. Insbesondere werden die Anforderungen an die Schocksicherheit festgelegt und die Prüfverfahren sowie die für die Überprüfung der Schocksicherheit definierten Schockbelastungen sind angegeben. Im Weiteren sind die für die Prüfung und Zulassung von Einbauteilen erforderlichen Nachweise und Dokumentationen aufgeführt.

Die Anforderungen an die Schocksicherheit und die Prüfpflicht von spezifischen Einbauteilen oder Einbauteilgruppen werden mit dem **separaten Anhang A1** festgelegt.

1.4 Mitgeltende Bestimmungen

- Technische Weisungen Qualitätsmanagement für prüfpflichtige Komponenten im Bereich Zivilschutz
- Technische Weisungen betreffend Typenschilder, Montage-, Betriebs- und Wartungsanleitungen von BABS-prüfpflichtigen Einbauteilen
- Bericht Prüfung und Zulassung von Dübelsystemen
- Technische Pflichtenhefte des BABS für bestimmte Einbauteile

- Technische Weisungen für den Pflichtschutzraumbau (TWP)
- Technische Weisungen für spezielle Schutzräume (TWS)
- Technische Weisungen für die Schutzanlagen der Organisation und des Sanitätsdienstes (TWO)
- Technische Weisungen für die Erneuerung von Schutzräumen bis zu 200 Schutzplätzen (TWE Schutzräume)
- Technische Weisungen für die Erneuerung von Schutzanlagen und speziellen Schutzräumen (TWE Schutzanlagen)
- Technische Weisungen für die Konstruktion und Bemessung von Zivilschutzbauten (TWK)
- Technische Weisungen für die Belüftung von Schutzräumen mit Wärmedämmungen (TWW)
- Technische Weisungen für den Unterhalt von vollwertigen Zivilschutzbauten nach TWO, TWS oder TWE (TWU)
- Bau von Kulturgüterschutzräumen und Umnutzung von überzähligen Schutzanlagen als Kulturgüterschutzräume
- Technische Weisungen für den EMP-Schutz der elektrischen Energieversorgung von Zivilschutzbauten (TW EMP)

2 Schockbelastungen und -wirkungen

2.1 Belastungsarten

Im Gegensatz zu statischen, zeitlich unveränderlichen Belastungen werden transiente Belastung mit einem zufälligen zeitlichen Lastverlauf als stochastische Belastungen bezeichnet. Bei sehr kurzzeitig auftretenden Lasten spricht man von Stoss- oder Impulsbelastungen. Eine Stossbelastung, mit welcher äusserst selten respektive nur einmal während der Nutzungsdauer eines Bauteiles zu rechnen ist, bezeichnet man als Schockbelastung.

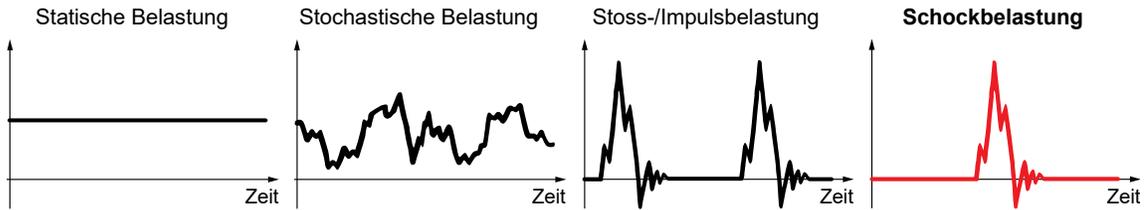


Abb. 1 Belastungsarten

2.2 Schockbelastung von Schutzbauten

Für Schutzbauten und ihre Installationen und Einbauten sind Schockbelastungen zu berücksichtigen, welche bei Waffenwirkungen auftreten. Insbesondere bei der Detonation einer Nuklearwaffe sind die mechanischen Waffenwirkungen durch den sich sphärisch ausbreitenden Luftstoss weitreichend. Die schlagartige Belastung der Erdoberfläche durch den Überdruck des Luftstosses führt zu einer stossartigen Belastung des Untergrunds (luftstossinduzierter Erdstoss) und damit zu einer schockartigen Belastung des gesamten Schutzbauwerks während die Luftdruckwelle über diesen hinweg läuft (Abb. 2).

Bei Schutzbauten des Zivilschutzes sind Schockbelastungen massgebend, welche in einer Entfernung zum Sprengpunkt auftreten, bei welcher der Spitzenüberdruck des einfallenden Luftstosses noch 1 bar beträgt (Schutzgrad «Basis»). Abhängig vom Kaliber der A-Waffe variiert diese Entfernung R zwischen mehreren hundert Metern und einigen Kilometern.

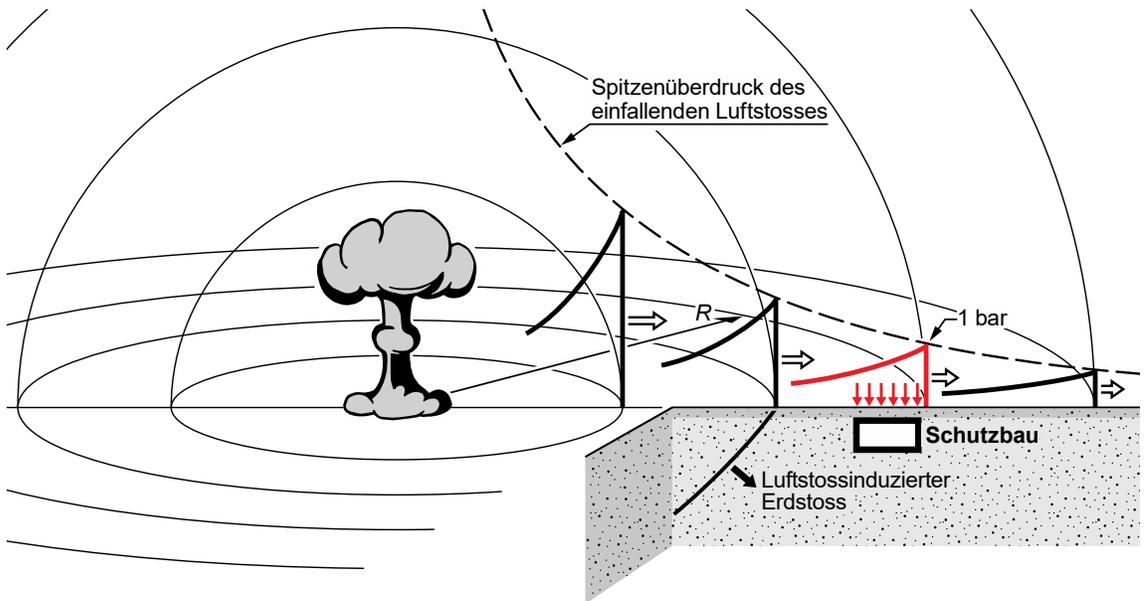


Abb. 2 Luftstossausbreitung und Schockbelastung eines Schutzbaus bei einer Nuklearexplosionen mit Sprengpunkt am Boden

Die Schockbelastung, welche ein Schutzbauwerk mitsamt den Einbauten beim Durchlaufen eines Luftstosses erfährt, ist sehr viel stärker als die Erschütterungen aufgrund eines natürlichen (geologischen) Erdbebens. Insbesondere die auftretenden Beschleunigungen sind rund 100-mal grösser als bei einem Erdbeben. Aufgrund der hohen aber der sehr kurzen Beschleunigungsspitzen erfahren starr im Bauwerk befestigte Einbauten hohe Belastungen, welche insbesondere bei spröden Materialien zum Bruch führen können. Mit elastischen oder plastischen Lagerungen oder durch die Verformung der Einbauteile selbst, werden die Schockbelastungen im Allgemeinen jedoch so stark gedämpft, dass Verstärkungen der Einbauteile meistens nicht erforderlich sind. Langjährige, bei experimentellen Prüfungen gemachte Erfahrungen zeigen, dass der Schockschutz normal empfindlicher Einbauteile ohne spezielle Massnahmen möglich ist.

2.3 Normschockwerte

Die Schockwirkungen, welche für Schutzbauten massgebend sind, werden durch linear elastische Antwortspektren definiert. In der Abbildung 3 ist das Schockantwortspektrum des für Schutzbauten des Zivilschutzes massgebenden Schutzgrads «Basis» (1 bar) sowie das Antwortspektrum für den Schutzgrad «3 bar» dargestellt. Da es sich bei den Schockwirkungen um stochastische Belastungen handelt, sind auch die Antwortspektren nicht gleichförmig. Beispielhaft sind in der Abbildung 3 mögliche reale Antwortspektren dargestellt. Die normierten trapezförmigen Antwortspektren stellen die Umhüllende möglicher Schockantworten dar.

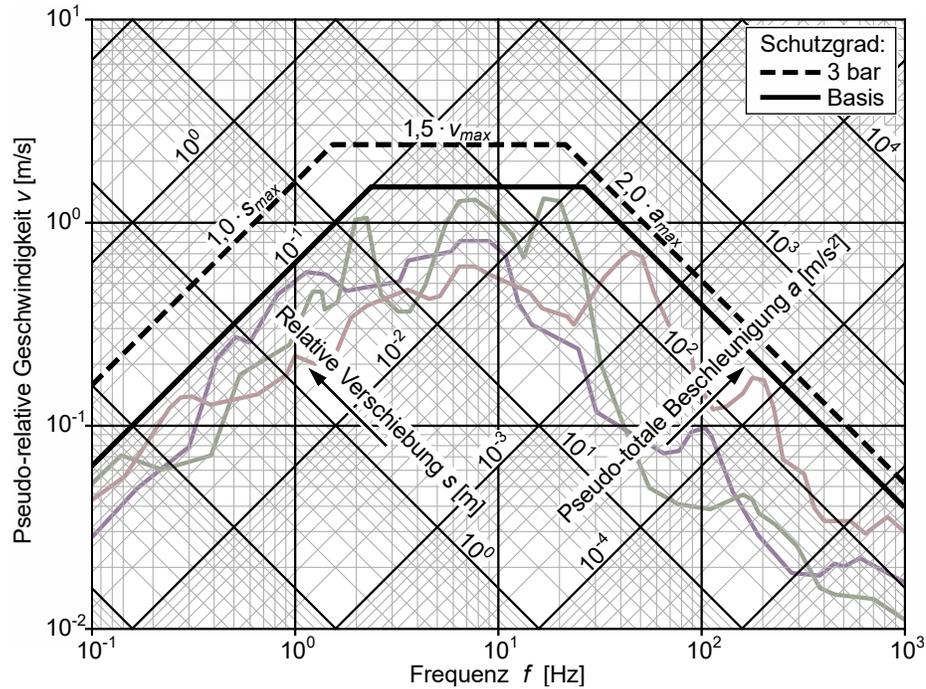


Abb. 3 Schockantwortspektrale für den Schutzgrad «Basis» und den Schutzgrad «3 bar»

Den Schockantwortspektrale gemäss Abb. 3 liegen die folgenden Maximalwerte der Fusspunktanregung (Supportbewegung) zu Grunde:

Fusspunktanregung		Schutzgrad «Basis»	Schutzgrad «3 bar»
Maximale Verschiebung	s_{max}	0.10 m	0.25 m
Maximale Geschwindigkeit	v_{max}	1.0 m/s	1.6 m/s
Maximale Beschleunigung	a_{max}	125 m/s ² (≈ 12.5 g)	160 m/s ² (≈ 16.0 g)

3 Nachweis der Schocksicherheit

3.1 Schutzgrad

Der Nachweis der Schocksicherheit von Einbauteilen mittels einer praktischen Schockprüfung (siehe 3.2) und/oder dem rechnerischen Nachweis der Befestigungen (siehe 3.3) kann für den Schutzgrad «Basis» oder «3 bar» erbracht werden. Einbauteile, bei denen die Schocksicherheit für den Schutzgrad «3 bar» nachgewiesen ist, erfüllen auch die für Schutzbauten des Zivilschutzes massgebenden Anforderungen des Schutzgrads «Basis».

3.2 Praktische Schockprüfung

Für die praktische Schockprüfung wird das zu prüfende Einbauteil mit Hilfe einer Schockprüfanlage der definierten Schockbelastung ausgesetzt. Das Einbauteil wird zu diesem Zweck auf der Prüfplattform der Anlage befestigt. Diese wird in der Folge so beschleunigt, dass die Maximalwerte der Fusspunktanregung gemäss 2.3 erreicht werden.

Einbauteile werden grundsätzlich mit sechs Schocktests so geprüft, dass die Beschleunigung in allen drei Raumrichtungen, jeweils in positiver und in negativer Richtung $\pm x$, $\pm y$, $\pm z$, auf das Einbauteil wirkt (Abb. 4). Die Prüfrichtungen und die Anzahl der Tests werden von der Prüfstelle festgelegt. Falls bei symmetrischen Einbauteilen die Richtung der horizontalen Belastungen (x , y) unerheblich ist, kann die Prüfstelle entscheiden, die Tests jeweils nur in einer Richtung durchzuführen.

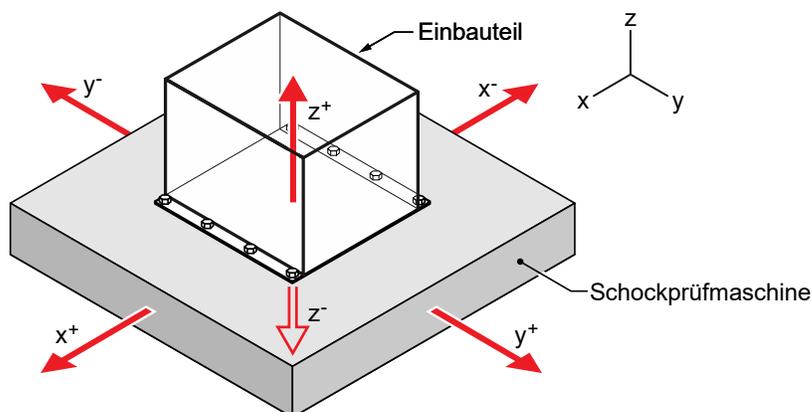


Abb. 4 Praktische Schockprüfung mit Schockbelastung in allen Raumrichtungen $\pm x$, $\pm y$, $\pm z$

Falls es für die Überprüfung der Schocksicherheit und der Funktionstauglichkeit des Einbauteils von Bedeutung ist, muss das zu prüfende Einbauteil im Betriebszustand und mit sämtlichen Zubehörteilen, insbesondere auch mit allenfalls vorgesehenen Schwingungsdämpfern oder Schockisolierungen geprüft werden.

Bei den auf Federelementen und Dämpfern montierten Einbauteilen werden die bei der Schockeinwirkung auftretenden Verschiebungen bzw. Schwingwege ermittelt. Um das Anschlagen an andere Bauteile oder das Abreißen von Anschlüssen im Schockfall zu verhindern, müssen die maximal zu erwartenden Auslenkungen berücksichtigt werden. Der erforderliche Spielraum zu den Elementen des Schutzbaus (i. Allg. Wände) oder benachbarten Einbauteilen sowie die notwendige Flexibilität von Rohrleitungs- und Kabelanschlüssen werden aufgrund dieser Relativverschiebungen festgelegt.

Die Einbauteile sind nach Möglichkeit im Betriebszustand zu prüfen. In Absprache mit der Prüfstelle, hat der Antragsteller die dazu erforderlichen Vorkehrungen zu treffen. Für die meisten Einbauteile verfügt die Prüfstelle über die für den Betrieb der Prüflinge erforderliche Infrastruktur. Insbesondere eine leistungsfähige elektrische Energieversorgung ist in der Prüfstelle vorhanden.

3.3 Rechnerischer Nachweis der Befestigungen

3.3.1 Vorgehen

Für die praktische Schockprüfung (vgl. Abschnitt 3.2) werden die Einbauteile mit Stahlschrauben auf der Plattform der Schockprüfanlage montiert. In Zivilschutzbauten erfolgt die Befestigung jedoch praktisch ausschliesslich mit Dübel- oder Ankersystemen im Beton. Bei der experimentellen Schockprüfung von Einbauteilen wird die Befestigung darum nicht geprüft, weshalb ihre Tragfähigkeit rechnerisch nachgewiesen werden muss.

Für den rechnerischen Nachweis der Befestigungen werden die im Schockfall auftretenden Befestigungskräfte berechnet. Dazu werden die bei einem Schock auf das Einbauteil wirkenden dynamischen Kräfte als statische Ersatzlasten (F) berücksichtigt. Entsprechend den möglichen Richtungen einer Schockeinwirkung sind die statischen Ersatzlasten grundsätzlich in allen Raumrichtungen ($\pm F_x$, $\pm F_y$, $\pm F_z$) anzusetzen (Abb. 5).

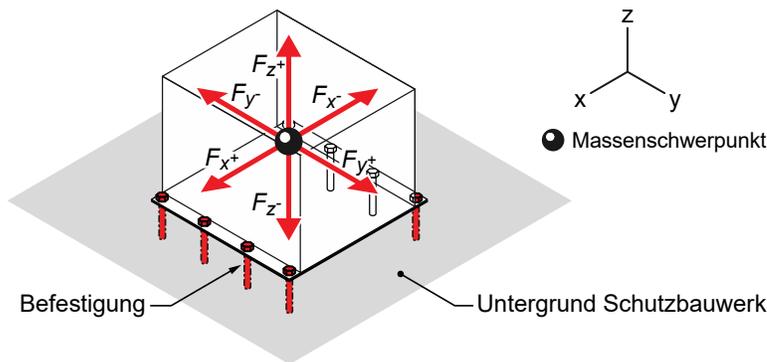


Abb. 5 Rechnerischer Nachweis der Befestigungen mit in allen Raumrichtungen $\pm F_x$, $\pm F_y$, $\pm F_z$ wirkenden statischen Ersatzlasten

Die im Massenschwerpunkt angreifenden Kräfte werden mit der Masse (m) und der Beschleunigung (a) des Einbauteils bestimmt:

$$F = m \cdot a$$

Die Beschleunigung (a) ist nicht die maximale Beschleunigung (a_{max}) des Supports bzw. Fusspunkts des Einbauteils, sondern die auf das Einbauteil wirkende Beschleunigung. Diese Antwortbeschleunigung lässt sich mit Hilfe des Schockantwortspektrums (Abb. 3) bestimmen. Es ist ersichtlich, dass sie massgeblich von der Frequenz bzw. vom Eigenschwingverhalten des Einbauteils abhängig ist. Die Beschleunigung steifer resp. hochfrequenter Einbauteile entspricht der 2-fachen maximalen Fusspunktbeschleunigung ($a = 2 \cdot a_{max}$). Beim Schutzgrad «Basis» ist für Einbauteile mit einer Grundfrequenz von 25 Hz und mehr deshalb eine Beschleunigung von $a = 250 \text{ m/s}^2$ ($\approx 25 \text{ g}$) massgebend. Bei tieffrequenten Einbauteilen ist die Beschleunigung dagegen sehr viel kleiner. Bei einer Eigenfrequenz von beispielsweise 10 Hz beträgt sie für den Basisschutz nur noch rund 90 m/s^2 ($\approx 9 \text{ g}$).

3.3.2 Vereinfachter rechnerischer Nachweis

Da das Eigenschwingverhalten des Einbauteils oft nicht bekannt ist und/oder um aufwändige Schwingungsberechnungen zu vermeiden, kann ein vereinfachter rechnerischer Nachweis der schocksicheren Befestigungen gemäss Kapitel 8 erbracht werden. Dabei wird die statische Ersatzlast (F) mit der maximalen Beschleunigung der Fusspunktanregung (a_{max}) berechnet. Um das Eigenschwingverhaltens des Einbauteils bzw. dessen Schockantwort zu berücksichtigen, wird diese Beschleunigung mit dem Dynamischen Lastfaktor (DLF) multipliziert.

$$F = m \cdot a_{max} \cdot DLF$$

4 Schocksicherheit von Einbauteilen

4.1 Generelle Anforderungen

Entsprechend ihrem Zweck und der Funktion für den ABC-Schutz der Schutzbauinsassen, dem Leben und Aufenthalt im Schutzbau sowie weiterer Funktionen der Schutzanlage müssen die Einbauteile die folgenden Anforderungen an die Schocksicherheit erfüllen:

1. Bei Einbauteilen, welche für das **Überleben im Schutzbau** von essentieller Bedeutung sind, dürfen aufgrund der Schockbelastung keine Betriebsunterbrüche auftreten und sie müssen nach der Schockbelastung noch uneingeschränkt und voll funktionstauglich sein. Bei Belüftungsanlagen beispielsweise, werden keine Störungen oder Einschränkungen wie Leistungseinbussen bei Ventilatoren, Undichtheiten im Kanalnetz oder erhöhte Druckverluste bei Ventilen, Klappen oder Blenden toleriert. Geringfügige Verformungen, z.B. bei Luftleitungen, sind nur dann zulässig, wenn die Kanäle nicht undicht und der Strömungswiderstand nicht erhöht ist.
2. Bei Einbauteilen, welche für den autarken **Aufenthalt und das Leben im Schutzbau** erforderlich sind, das Überleben bei einer Störung jedoch nicht unmittelbar gefährdet ist, können Funktionsunterbrüche toleriert werden. Solche Störungen müssen jedoch offensichtlich und auch für Laien erkennbar sein und das Einbauteil muss einfach, ohne spezielle Kenntnisse und ohne Spezialwerkzeug, wieder in Betrieb genommen werden können. Nach der Wiederinbetriebnahme muss das Einbauteil wieder uneingeschränkt funktionstauglich sein. Der Betrieb einer Abwasserpumpe beispielsweise, darf aufgrund der Schaltung eines Schützen oder ausgelöst durch den Schwimmerschalter, unterbrochen werden, wenn der Ausfall durch einen Alarm angezeigt und die Pumpe durch das Einschalten wieder in Betrieb genommen werden kann und danach voll funktionstauglich ist.
3. Bei Einbauteilen, welche für die **Funktion der Schutzanlage** erforderlich sind, handelt es sich oft um Installationen und Geräte für die Kommunikation und die Datenverarbeitung. Entsprechend ihrer Bedeutung für die Funktionalität der Anlage dürfen diese Einbauteile keine Funktionseinbussen aufgrund einer Schockbelastung erleiden. Die Entscheidung, in wie weit kurzzeitige Funktionsunterbrüche toleriert werden können, ist von der Bedeutung der Funktion sowie von den Konsequenzen eines Betriebsunterbruchs (z.B. Datenverlust) abhängig. Die spezifischen Anforderungen an die Schocksicherheit dieser Einbauteile werden vom BABS vorgegeben.
4. Alle **anderen Einbauteile**, z.B. Kühlschränke, welche weder für das Überleben, das Leben und den Aufenthalt im Schutzbau noch für die Anlagefunktion **im Sinne der Mindestanforderungen** von relevanter Bedeutung sind, müssen nicht schocksicher sein. Die **passive Schocksicherheit** (Kap. 4.3) - eine Anforderung, welche grundsätzlich für sämtliche Einbauteile in Schutzbauten gilt - muss jedoch gewährleistet sein.

Konsequenzen infolge Schockbelastung	Funktion und Zweck des Einbauteils im Schutzbau			
	1 - Überleben	2 - Leben/Aufenthalt	3 - Anlagefunktion	4 - Andere
Funktionsverlust, Ausfall	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	zulässig (passive Schocksicherheit)
Funktionsunterbruch/-störung	nicht zulässig	zulässig, falls einfach behebbar	gemäss Vorgabe BABS	zulässig (passive Schocksicherheit)
Leistungseinbussen	nicht zulässig	bedingt zulässig	nicht zulässig	zulässig (passive Schocksicherheit)

Tab. 1 Generelle Anforderungen an die Schocksicherheit von Einbauteilen

4.2 Schocksichere Befestigungen

Für schocksichere Befestigungen geeignete Dübel- und Ankersysteme sind in der Lage, Schocklasten auch in stark gerissenem Betonuntergrund aufzunehmen. Um die Schocksicherheit von Befestigungssystemen zu überprüfen, führt die Prüfstelle deshalb spezielle Schockprüfungen mit Dübeln in gerissenem Beton durch. Für geprüfte Dübel-/Ankersysteme, welche die festgelegten Prüf- und Zulassungskriterien erfüllen, werden vom BABS Zulassungen für die schocksichere Befestigung in Schutzbauten erteilt.

Zur Befestigung schocksicherer Einbauteile mit einer **Masse von mehr als 10 kg** dürfen ausschliesslich Dübel- bzw. Verankerungssysteme verwendet werden, welche über eine Genehmigung des BABS verfügen. Untergeordnete, für das Überleben und die Funktion des Zivilschutzbaus nicht erforderliche Einbauteile mit einer Masse kleiner 10 kg dürfen auch mit nicht zugelassenen Befestigungen montiert oder unbefestigt eingebaut werden. Die passive Schocksicherheit (Kap. 4.3) muss jedoch immer gewährleistet sein.

4.3 Passive Schocksicherheit

4.3.1 Definition

Einbauteile, welche für das Leben im Schutzbau und/oder die Funktion des Schutzbaus nicht erforderlich oder nur von untergeordneter Bedeutung sind, dürfen bei einer Schockeinwirkung beschädigt werden und Funktionsstörungen oder -ausfälle erleiden. Mit der sogenannten passiven Schocksicherheit muss gewährleistet sein, dass Einbauten weder Personen noch andere lebenswichtige Einbauten gefährden. Es handelt sich dabei um eine Minimalanforderung, welche für sämtliche Einbauteile in Schutzbauten einzuhalten ist.

- **Nicht befestigte Einbauteile** verschieben sich im Schockfall relativ zum Schutzbauwerk. Für die Beurteilung der vom Einbauteil ausgehenden Gefährdung ist davon auszugehen, dass diese Verschiebung entsprechend den Normschockwerten (vgl. 2.3) maximal s_{max} beträgt und das Einbauteil dabei eine maximale Geschwindigkeit von v_{max} erreicht.
- **Befestigte Einbauteile** mit einer Masse von über 10 kg erfüllen die Anforderung an die passive Schocksicherheit, wenn sie mit zugelassenen Dübel befestigt sind und ein entsprechender rechnerischer Nachweis vorliegt. Bei Befestigungen ohne zugelassene Dübel ist das Einbauteil als nicht befestigt zu betrachten.

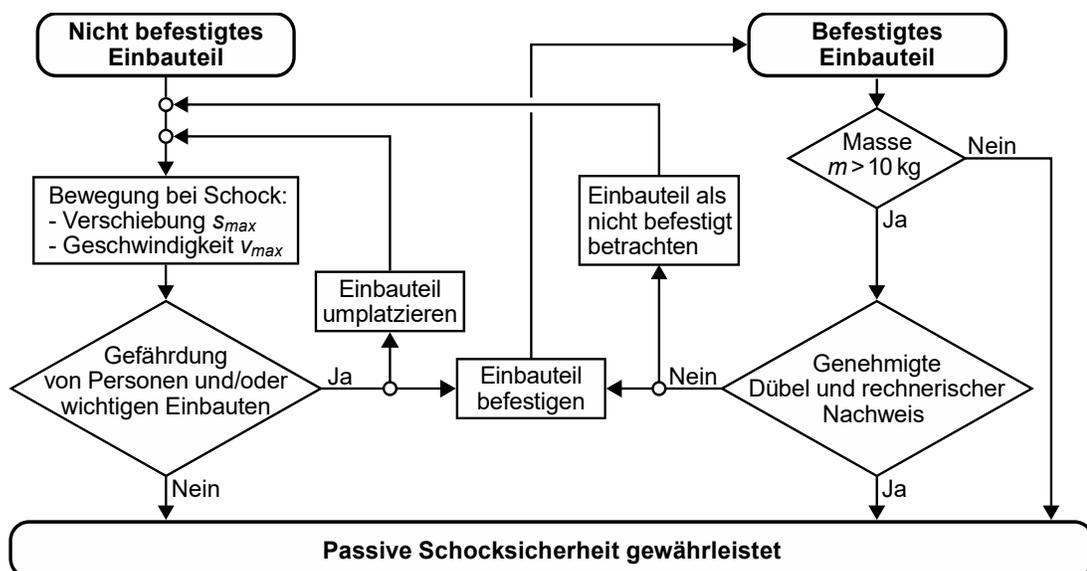


Abb. 6 Sicherstellung der passiven Schocksicherheit

4.3.2 Beispiele

Stellvertretend sind in der nachfolgenden Abbildung 7 Beispiele für die Beurteilung der passiven Schocksicherheit dargestellt:

Die passive Schocksicherheit nicht befestigter Einbauteile ist gewährleistet, wenn bei der im Schockfall maximal auftretenden Verschiebung (s_{max}) des Einbauteils keine Personen oder lebenswichtige Einbauten gefährdet werden. Insbesondere bei nicht befestigten schlanken Gestellen und Schränken ist zu beachten, dass eine Verschiebung des Massenschwerpunkts zu einem Kippen und in der Folge zu einer Gefährdung von Personen (a) und/oder lebenswichtiger Einbauteile (b) führen kann.

Bei abgehängten Decken und Installationen (c) ist die passive Schocksicherheit dann gewährleistet, wenn sich im Schockfall trotz Beschädigungen keine Teile von der Deckenkonstruktion lösen und durch das Herunterfallen Personen und/oder funktionswichtige Einbauten gefährden.

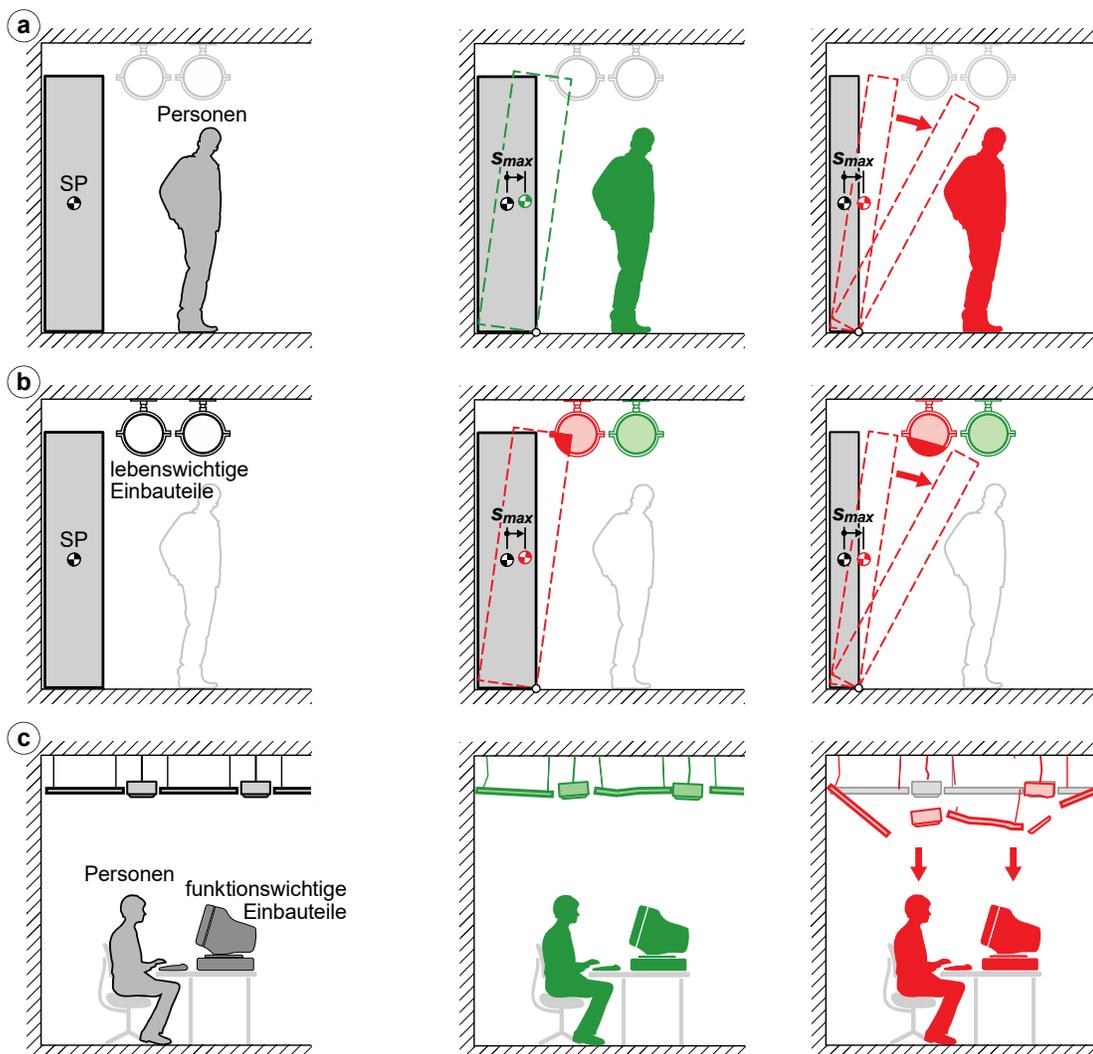


Abb. 7 Beispiele für die Beurteilung der passiven Schocksicherheit (SP = Massenschwerpunkt)
 Passive Schocksicherheit: ■ gewährleistet ■ nicht gewährleistet

5 Prüfung und Zulassung von Einbauteilen

5.1 Prüfpflicht

Einbauteile in Schutzbauten sind entsprechend ihrer Funktion und Verwendungszweck schocksicher auszuführen und zu befestigen. Für die Überprüfung und Beurteilung der Schocksicherheit sowie die Erteilung von Zulassungen ist das BABS zuständig. Die Prüfpflicht wird ebenfalls durch das BABS festgelegt:

- **Prüfpflichtige Einbauteile (Kap. 5.2)**
Die Schocksicherheit von prüfpflichtigen Einbauteilen wird durch das BABS mittels praktischer Schockprüfungen und/oder technischen Beurteilungen spezifisch überprüft. Für schocksichere Einbauteile erteilt das BABS eine Zulassung.
- **Nicht-prüfpflichtige Einbauteile (Kap. 5.3)**
Einbauteile, bei denen die Schocksicherheit aufgrund von vorgegebenen Konstruktions- und Montagevorschriften des BABS gewährleistet ist, sind nicht prüfpflichtig. Für nicht-prüfpflichtige Einbauteile werden keine Zulassungen erteilt.

Die passive Schocksicherheit muss unabhängig von der Prüfpflicht, für sämtliche in den Schutzbauten eingesetzten Einbauteile gewährleistet sein (vgl. 4.3).

5.2 Prüfpflichtige Einbauteile

Die Schocksicherheit sämtlicher prüfpflichtig eingestufte Einbauteile, wird durch das BABS überprüft und beurteilt. Für Einbauteile, welche die Anforderungen hinsichtlich der schocksicheren Ausführung und Befestigung erfüllen, erteilt das BABS eine Zulassung. Der Ablauf für die Prüfung und Zulassung ist in der folgenden Abbildung 8 dargestellt:

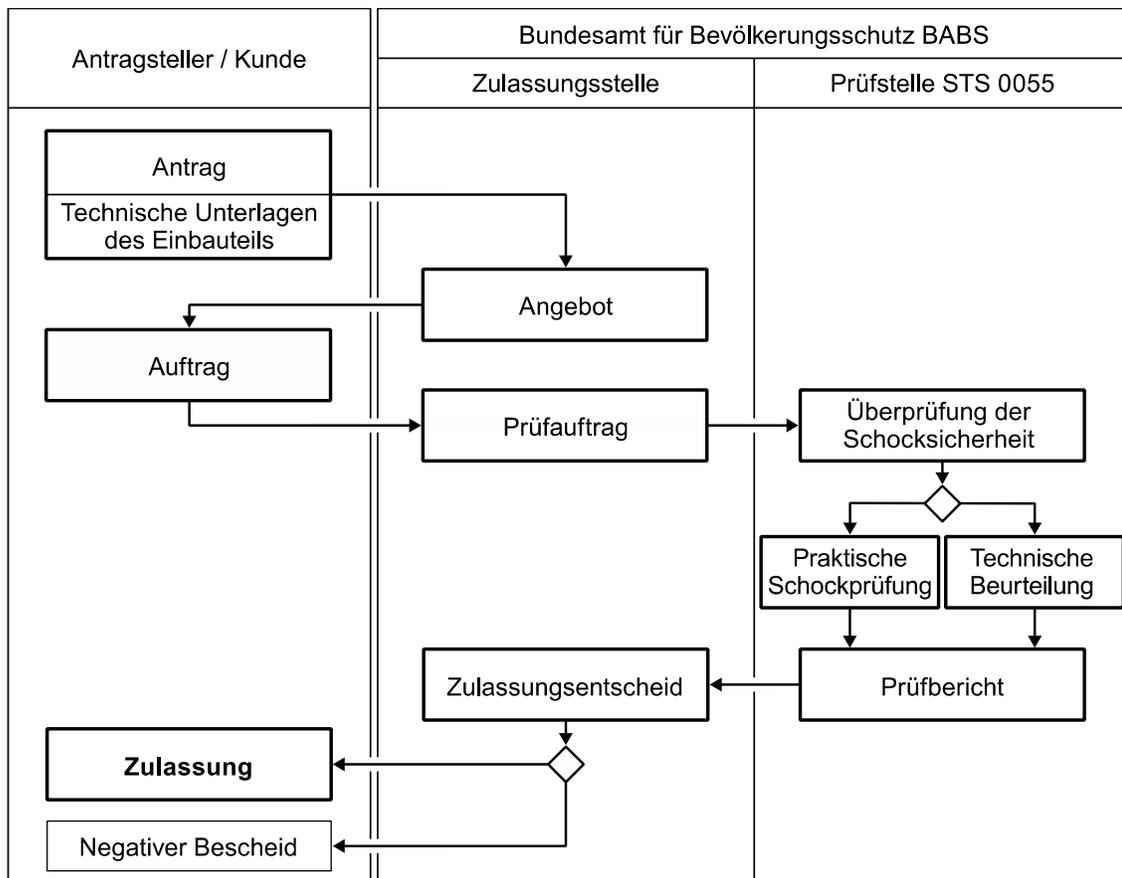


Abb. 8 Ablauf und Zuständigkeiten für die Zulassung von prüfpflichtigen Einbauteilen

Der in der Abbildung 8 dargestellte Ablauf der Prüfung und Zulassung von prüfpflichtigen Einbauteilen sowie die entsprechenden Zuständigkeiten sind nachfolgend zusammengefasst:

- Möchte der Hersteller oder Lieferant eines Einbauteils eine Zulassung für schocksichere Einbauteile erwirken, muss er bei der Zulassungsstelle BABS einen entsprechenden Antrag für eine Schockprüfung stellen. Zusammen mit dem Antrag hat er der Zulassungsstelle sämtliche, für die Prüfung und Beurteilung relevanten technischen Unterlagen des Einbauteils einzureichen.
- Auf der Grundlage der eingereichten Unterlagen erstellt die Zulassungsstelle ein Angebot zuhanden des Antragstellers. Dieser kann dann der Zulassungsstelle den Auftrag für eine Prüfung erteilen. In der Folge erteilt die Zulassungsstelle der Prüfstelle STS 0055 den Auftrag, die Schocksicherheit des Einbauteils zu überprüfen.
- Die Prüfungsart und der Prüfumfang werden von der Prüfstelle aufgrund ihrer Erfahrung festgelegt. Die Überprüfung der Schocksicherheit kann dabei mit einer praktischen Schockprüfung, einer technischen Beurteilung der Schocksicherheit oder einer Kombination dieser Prüfmethode erfolgen. Bei Typenreihen - beispielsweise bei unterschiedlich grossen aber baugleichen Einbauteilen - wird der Prüfumfang durch die Prüfstelle festgelegt.
- Die Ergebnisse der Schockprüfungen werden durch die Prüfstelle in einem Prüfbericht umfassend dokumentiert. Im Prüfbericht werden unter anderem die Prüfparameter, die Installations- und Betriebsbedingungen sowie die bei den Einbauteilen festgestellten und gemessenen Auswirkungen der Schockbelastung festgehalten.
- Auf der Grundlage des Prüfberichts und unter Berücksichtigung der Empfehlung der Prüfstellen entscheidet die Zulassungsstelle über die Erteilung einer Zulassung. Bei einem positiven Befund erteilt sie dem Antragsteller eine Zulassung, mit welcher das schockgeprüfte Einbauteil in Schutzbauten eingesetzt werden darf.

Detaillierte Informationen hinsichtlich den vom Antragsteller einzureichenden technischen Unterlagen, den für die Durchführung der Prüfungen mit zu liefernden Komponenten, der Montageanleitung und dem Datenschild sowie die Regelungen zum Qualitätsmanagement finden sich im Kapitel 7.

5.3 Nicht-prüfpflichtige Einbauteile

Die Schocksicherheit von nicht-prüfpflichtigen Einbauteilen wird vom BABS nicht im Einzelfall überprüft und es werden auch keine Zulassungen für nicht-prüfpflichtige Einbauteile erteilt. Um die Schocksicherheit nicht-prüfpflichtiger Einbauteile zu gewährleisten, erlässt das BABS spezielle Konstruktions- und Montagevorschriften, gemäss denen die Einbauteile auszuführen und zu befestigen sind. Diese Konstruktions- und Montagevorschriften sind im Anhang A2 dokumentiert.

6 Schocksichere Befestigungen

6.1 Befestigungsmethoden

Die schocksichere Befestigung von Einbauteilen in Schutzbauten kann mit unterschiedlichen Methoden erfolgen. Prinzipiell werden die folgenden Befestigungsarten unterschieden:

- Nachträglich versetzte Befestigungen:
Dübel (Anker), welche nachträglich (nach dem Betonieren) in Bohrungen im Beton versetzt werden.
- Eingelegte Befestigungen:
Einlegeteile, wie Ankerschienen, Ankerplatten oder Rahmen, welche vor dem Betonieren in die Schalung eingelegt werden. Die Einlegeteile sind mit angeschweissten Kopfbolzen oder Schlaudern im Betonuntergrund verankert.

Bei mit Dübeln direkt auf die Betonoberfläche befestigten Profil- oder Montageschienen gelten die Anforderungen gemäss Abschnitt 6.2.

6.2 Dübelbefestigungen (nachträglich versetzte Befestigungen)

Für schocksichere Befestigungen, welche nachträglich, mittels Bohrmontage, im Stahlbeton versetzt werden, müssen Dübelssysteme mit einer gültigen Zulassung des BABS verwendet werden.

Die Tragsicherheit der Dübelbefestigungen bei Schockeinwirkung ist gemäss 3.3 rechnerisch nachzuweisen. Ein Beispiel eines vereinfachten rechnerischen Nachweises findet sich unter 8.3. Für den rechnerischen Nachweis ist der Bemessungswert der Schocktragfähigkeit $R_{d,shock}$ der Dübelbefestigung gemäss der Zulassung des BABS massgebend.

Bei der Montage schocksicherer Dübelbefestigungen sind die folgenden Montagekennwerte gemäss der Zulassung des BABS einzuhalten (Abb. 9):

- Verankerungstiefe:
Die Dübel müssen ausreichend tief im Konstruktionsbeton versetzt und verankert werden. Die effektive Verankerungstiefe h_{ef} ist auch bei der Montage auf Deckschichten, wie Zementüberzügen, Unterlagsböden oder Dämmungen, einzuhalten und bei der Wahl der Dübellänge bzw. der Befestigungshöhe t_{fix} ist die Dicke des Überzugs einzurechnen.
- Achsabstand:
Bei der Befestigung eines Einbauteils mit mehreren Dübeln (Dübelgruppe) darf der, in der BABS Zulassung angegebene minimale Achsabstand s_{min} , nicht unterschritten werden.
- Installationsdrehmoment:
Die Dübel sind mit dem vorgeschriebenen Installationsdrehmoment T_{inst} zu verankern.

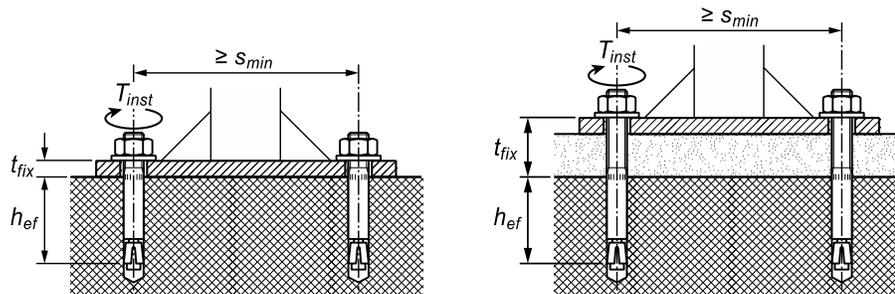


Abb. 9 Montagekennwerte

Im Übrigen sind die Montagevorschriften gemäss dem Hersteller einzuhalten. Dies betrifft insbesondere die Erstellung und Reinigung des Bohrlochs sowie den Einsatz und die Verarbeitung des Verbundmörtels bei Verbunddübelssystemen.

6.3 Eingelegte Befestigungen

Insbesondere bei Verankerungen mit aufgeschweissten Kopfbolzen können mit Einlegeteilen generell grosse Lasten aufgenommen werden. Der effektive Einsatz von eingelegten Befestigungen erfordert jedoch eine genaue und frühzeitige Koordination und Planung.

In Schutzbauten sind eingelegte Befestigungen zulässig, wenn bewährte Systeme verwendet werden, welche sich ingenieurmässig bemessen lassen. Dies sind beispielsweise Ankerschienen, für die eine Europäische Technische Bewertung ETA vorliegt. Kopfbolzen werden grundsätzlich gleich wie nachträglich versetzte Dübel bemessen. Die Bemessung erfolgt gemäss den massgebenden Schweizer Normen (SIA) und den Europäischen Richtlinien.

Die Bemessung von eingelegten Befestigungen erfolgt mit der am Schwerpunkt des schocksicheren Einbauteils angreifenden, gemäss 3.3 ermittelten, statischen Ersatzlast.

Der rechnerische Nachweis sowie die Installations- und die Bewehrungspläne mit den eingezeichneten Einlegeteilen sind dem BABS zur Prüfung und Genehmigung einzureichen. Die korrekte Lage und Ausführung der Einlagen in die Schalung wird im Rahmen der Bewehrungskontrolle, vor dem Betonieren überprüft.

Das nachträgliches Einmörteln von Befestigungen in Aussparungen ist nur dann zulässig, wenn die zugemörtelte Aussparung mit Anschlussbewehrungen kraftschlüssig mit der Betonkonstruktion verbunden ist und die Kraftübertragung rechnerisch nachgewiesen wird. Für den Nachweis ist die statische Ersatzlast aufgrund der Masse des befestigten Einbauteils und die Masse des Betons in der Aussparung massgebend (vgl. auch 6.4).

6.4 Verankerung von Betonsockeln

Der Nachweis der schocksicheren Befestigung von Einbauteilen auf Betonsockeln ist mit der von der Masse des Einbauteils (m_E) abhängigen, für den Schockfall massgebenden, statischen Ersatzlast (F) zu erbringen, wenn der Sockel bewehrt und monolithisch mit dem Schutzbau (Bodenplatte) verbunden ist (Abb. 10a).

Nachträglich betonierte Sockel müssen mit Bewehrungsanschlüssen kraftschlüssig mit der Bodenplatte verbunden werden. Die Tragfähigkeit der Bewehrungsanschlüsse muss rechnerisch nachgewiesen werden, wobei für die Schockbelastung (statische Ersatzlast F) die gesamte Masse des Einbauteils und des Sockels ($m_{tot} = m_E + m_S$) berücksichtigt werden muss (Abb. 10b).

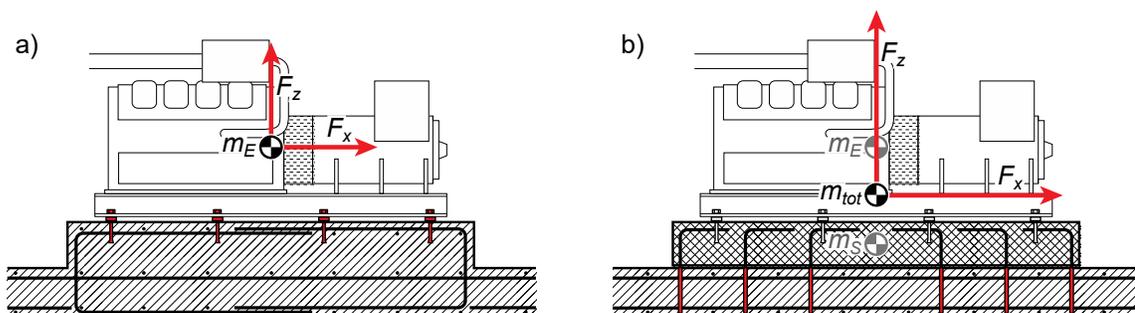


Abb. 10 Für den Nachweis massgebende Schockeinwirkung bei einem a) monolithisch verbundenen und einem b) nachträglich betonierten Betonsockeln

7 Prüfung und Zulassung von prüfpflichtigen Einbauteilen

7.1 Praktische Schockprüfung

Einbauteile, welche einer praktischen (experimentellen) Schockprüfungen unterzogen werden, müssen der Prüfstelle STS 0055 vom Antragsteller unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Das BABS übernimmt keine Haftung für Schäden am Einbauteil, welche im Rahmen der Prüfungen entstehen.

Für die praktische Schockprüfung werden die Einbauteile nach Möglichkeit im Betriebszustand geprüft. In Absprache mit der Prüfstelle hat der Antragsteller die Einbauteile deshalb mit den für den Betrieb erforderlichen Medienanschlüssen, beispielsweise Strom- oder Kühlwasseranschlüsse, auszurüsten. Bei Bedarf kann die Prüfstelle vom Antragsteller die Unterstützung durch einen Spezialisten für die Montage- und Funktionskontrolle des Einbauteils anfordern.

Identifiziert die Prüfstelle, aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung, hinsichtlich der Schockbelastung bestehende Schwachstellen am Einbauteil, können diese dem Antragsteller bereits vor der praktischen Prüfung mitgeteilt werden. In Absprache mit dem Antragsteller, können in der Folge technische Anpassungen (z.B. Verstärkungen) vorgenommen werden.

7.2 Technische Unterlagen

Für die Prüfung der Schocksicherheit von prüfpflichtigen Einbauteilen muss der Antragsteller technische Unterlagen an die Zulassungsstelle BABS einreichen. Die Unterlagen umfassen die technische Beschreibung des Einbauteils, die Anleitung zur schocksicheren Montage des Einbauteils (Montageanleitung) und den rechnerischen Nachweis der schocksicheren Befestigung (Verankerungsberechnung).

7.2.1 Technische Beschreibung

Die technische Beschreibung des Einbauteils muss die eindeutige Identifikation der Komponente ermöglichen. Der konstruktive Aufbau und die Funktion des Einbauteils müssen aus der technischen Beschreibung hervorgehen. Die für die technische Beschreibung erforderlichen Unterlagen können Leistungsangaben, Betriebsmanuale, Werkstattzeichnungen, Schemas und Stücklisten umfassen. Sie sind nach Möglichkeit in elektronischer Form abzugeben.

7.2.2 Anleitung für die schocksichere Montage (Montageanleitung)

Der Antragsteller muss eine, speziell für die schocksichere Montage des Einbauteils geltende, Anleitung erstellen. Die Montageanleitung muss die eindeutige Identifikation des Einbauteils ermöglichen und die für die schocksichere Montage zugelassenen Aufstell- und Installationsbedingungen müssen definiert sein:

- Identifikation des Einbauteils
(Fabrikat, Baureihe, Gerätegrösse, Typenbezeichnung usw.)
- Installationsort
(Boden, Wand, Decke, Betonsockel, Unterkonstruktion)
- Bewegungsspielraum
(Erforderlicher Minimalabstand zu Wänden oder anderen Einbauteilen)
- Leitungsanschlüsse am Einbauteil
(Relativverschiebungen, Schwingungsausschläge, flexible Leitungsanschlüsse usw.)
- Schwings- und Schockdämpfer
(Die Dämpfungselemente von Einbauteilen sind ein integraler Bestandteil der Prüfung.)

Neben den Angaben zur Aufstellung und Installation muss die Montageanleitung insbesondere auch die für die schocksichere Befestigung des Einbauteils erforderlichen Angaben enthalten:

- Dübelbefestigungen (nachträglich versetzte Befestigungen):
 - Dübelssystem, -fabrikat, -typ, -grösse oder
 - zulässige Schocktragfähigkeit des verwendeten geprüften Dübelsystems
 - Anzahl der für die Befestigung notwendigen Dübel
- Eingelegte Befestigungen:
 - System (Ankerschiene, Ankerplatte, Rahmen)
 - Detailzeichnung der Einlegeteile
 - Angaben zum Befestigungsanschluss an das Einlegeteil (Verschraubungen allgemein, zu Ankerschienen gehörende Hammerkopfschrauben usw.)

7.2.3 Rechnerischer Nachweis der Befestigungen

Die Schocksicherheit, der mit der Montageanleitung (7.3.1) vorgeschriebenen Befestigungen von prüfpflichtigen Einbauteilen, muss in jedem Fall rechnerisch nachgewiesen werden. Der rechnerische Nachweis der Befestigungen (Verankerungsberechnung) ist ein fester Bestandteil der technischen Unterlagen, welche der Antragsteller der Zulassungsstelle des BABS einreichen muss.

Ein rechnerischer Nachweis der Befestigungen ist grundsätzlich sowohl für Dübelbefestigungen als auch für eingelegte Befestigungen erforderlich. Die Grundlagen für die Erstellung des rechnerischen Nachweises sind im Kapitel 3.3 beschrieben. Ein Beispiel eines vereinfachten rechnerischen Nachweises für Dübelbefestigungen findet sich im Abschnitt 8.3.

7.3 Lieferung und Montage des Einbauteils

Die Lieferung von geprüften Einbauteilen erfolgt durch den Zulassungsinhaber (Hersteller, Lieferant). Zusammen mit dem Einbauteil muss der Zulassungsinhaber die zum Einbauteil gehörende Montageanleitung (7.3.1) sowie ein Datenschild (7.3.3) abgeben. Bei zahlreichen, speziell in Schutzbauten verwendeten Einbauteilen, werden die für die schocksichere Befestigung eingesetzten Befestigungen auch durch den Zulassungsinhaber geliefert (7.3.2).

Der für die Ausführung und Montage verantwortliche Unternehmer muss die Einbauteile gemäss der Montageanleitung im Schutzbau installieren. Die zuständigen Vollzugs- und Kontrollorgane überprüfen die Schocksicherheit der Einbauteile, sowohl im Rahmen der Projektgenehmigung, als auch bei der Kontrolle der Schutzbauten.

7.3.1 Montageanleitung

Mit der Lieferung von geprüften Einbauteilen muss die dazu gehörende Montageanleitung gemäss 7.3.1 geliefert werden. Die Montageanleitung ist für die Installation und Montage des Einbauteils im Schutzbau verbindlich.

7.3.2 Befestigungsmaterial

Insbesondere bei typengeprüften Einbauteilen und bei Einbauteilen, welche an speziell für das Einbauteil konstruierten Einlegeteilen (z.B. eingelegte Rahmen) befestigt werden, wird das gesamte Befestigungsmaterial durch den Zulassungsinhaber geliefert. Die Lieferung von Einlegeteilen in der Rohbauphase erfolgt dabei aber vor der Lieferung des Einbauteils.

7.3.3 Datenschild

Mit allen zugelassen Einbauteilen hat der Hersteller ein Datenschild, gemäss «Technische Weisungen betreffend Typenschilder, Montage-, Betriebs- und Wartungsanleitungen von BABS-prüfpflichtigen Einbauteilen» zu liefern. Das Datenschild muss bei der Montage des Einbauteils gut sichtbar auf oder neben dem Einbauteil angebracht werden.

Aus dem Datenschild muss die Zulassungsnummer und die Bezeichnung des Einbauteils (Fabrikat, Baureihe, Gerätegrösse, Typenbezeichnung) hervorgehen. Die Angaben zur schocksicheren Befestigung (z.B. Dübeltyp, -grösse und Anzahl, Schwingweg) müssen ebenfalls auf dem Datenschild vermerkt sein.

7.4 Qualitätsmanagement

Die Technischen Weisungen «Qualitätsmanagement für prüfpflichtige Komponenten im Bereich Zivilschutz» regeln das Qualitätsmanagement (QM) für prüfpflichtige Komponenten sowie die Zuständigkeiten zwischen der Industrie und dem BABS. Für die Prüfung und Zulassung schocksicherer Einbauteile werden die folgenden Aspekte geregelt:

- Zulassungs- und Überwachungsmodell
- Zulassungszeichen
- Gültigkeitsdauer und Verlängerung von Zulassungen
- Änderungen von Zulassungen
- Konformitätsüberwachung (Produkteaudits) der zugelassenen Komponente
- Verrechnung der Prüfkosten und Haftungsfragen

8 Vereinfachter rechnerischer Nachweis der schocksicheren Befestigung

8.1 Statische Ersatzkraft

Wenn das Eigenschwingverhalten des Einbauteils nicht bekannt ist und/oder wenn Schwingungsberechnungen zu aufwändig und nicht verhältnismässig sind (vgl. Abschnitt 3.3.2), kann die im Schwerpunkt der Masse (m) angreifenden statische Ersatzkraft (F) vereinfacht mit der maximalen Fusspunkt- bzw. Supportbeschleunigung (a_{max}) und einem Stosszuschlag - dem sogenannten Dynamischen Lastfaktor (DLF) - wie folgt bestimmt werden:

$$F = m \cdot a_{max} \cdot DLF$$

F Statische Ersatzkraft [N]

m Masse des Einbauteils [kg]

a_{max} Maximale Fusspunktbeschleunigung [m/s^2] (vgl. auch 2.3)

DLF Dynamischer Lastfaktor [-]

Schutzgrad	«Basis»	«3 bar»
Maximale Fusspunktbeschleunigung a_{max}	125 m/s^2	160 m/s^2
Dynamischer Lastfaktor DLF	1.25	1.60

Mit dem Dynamischen Lastfaktor (DLF) wird die gegenüber der Fusspunktbeschleunigung erhöhte Antwortbeschleunigung des Einbauteils berücksichtigt. Für Einbauteile mit einer Grundfrequenz von weniger als 16 Hz ist der vereinfachte rechnerische Nachweis mit dem festgelegten DLF, sowohl beim Schutzgrad «Basis» als auch beim Schutzgrad «3 bar», konservativ. Wie aus den Schockantwortspektren (Abb. 3) ersichtlich ist, treten bei Einbauteilen mit tieffrequenterem Eigenschwingverhalten kleinere Antwortbeschleunigungen auf. Der festgelegte DLF berücksichtigt die Erhöhung der Schockantwort nur bei sehr steifen Einbauten (Grundfrequenz > 16 Hz) nicht ausreichend. Steife und empfindliche Einbauteile sind jedoch nach Möglichkeit auf Schockdämpfern zu montieren.

8.2 Berechnung der Befestigungskräfte

Die Berechnung, der auf die Dübelbefestigungen des Einbauteils wirkenden Kräfte, erfolgt mit der im Schockfall auftretenden statischen Ersatzkraft (F). Die statische Ersatzkraft greift dabei beim Massenschwerpunkt des Einbauteils an. Die Befestigungskräfte müssen für Einwirkungen in allen Raumrichtungen ($\pm F_x, \pm F_y, \pm F_z$) bestimmt werden (vgl. Abschnitt 3.3).

Für die Berechnung der Befestigungskräfte kann vereinfacht angenommen werden, dass ein idealer Lastausgleich stattfindet, d.h. dass die Belastung gleichmässig auf alle Befestigungspunkte verteilt wird. Es wird dabei vorausgesetzt, dass das Einbauteil und insbesondere die Fuss- und Grundplatten steif bleiben und, dass sowohl die Normalkräfte (N), als auch die Querkräfte (V) gleichmässig auf alle Dübel verteilt werden (Abb. 11).

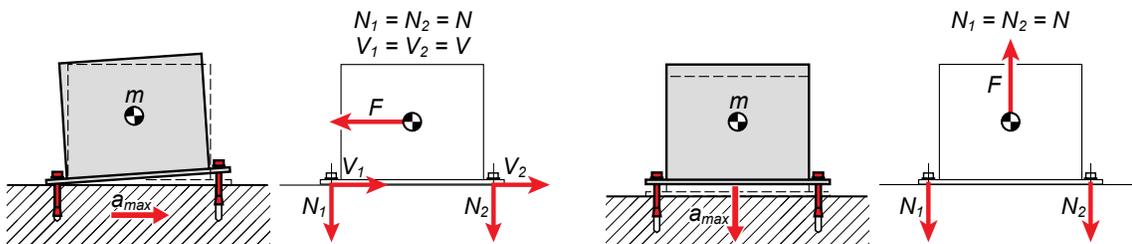
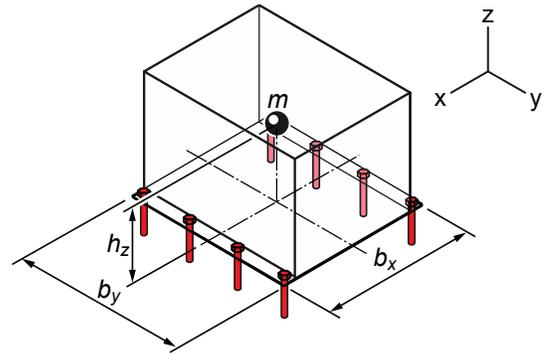


Abb. 11 Befestigungskräfte bei ideal steifen Einbauteilen und Lastausgleich mit gleichmässiger Verteilung der Normalkräfte (N) und der Querkräfte (V)

8.3 Beispiel eines vereinfachten rechnerischen Nachweises

Ein Einbauteil mit einer Masse von 170 kg soll in einem Schutzbau mit dem Schutzgrad «Basis» mit acht Dübeln schocksicher am Boden befestigt werden.

- Masse Einbauteil $m = 170 \text{ kg}$
- Befestigung am Boden:
 - Breite Fussplatte $b_x = 800 \text{ mm}$
 - Breite Fussplatte $b_y = 1200 \text{ mm}$
 - Höhe Schwerpunkt $h_z = 600 \text{ mm}$
 - Anzahl Befestigungen $n = 8$



Der Massenschwerpunkt liegt in der Mitte der Fussplatte des Einbauteils. Die Befestigungen (Dübel) sind symmetrisch angeordnet.

Statische Ersatzkraft F

Schutzgrad «Basis»

- Maximale Fusspunktbeschleunigung $a_{max} = 125 \text{ m/s}^2$
- Dynamischer Lastfaktor $DLF = 1,25$

$$F = m \cdot a_{max} \cdot DLF$$

$$F = 170 \cdot 125 \cdot 1,25 = 26,6 \text{ kN}$$

Schockeinwirkung in x-Richtung

- Statische Ersatzkraft F_x

$$F_x = F$$

- Querkraft V_x

Annahme: $V_{x,1} = V_{x,2} = \dots = V_{x,n} = V_x$

$$F_x = n \cdot V_x \quad \Rightarrow \quad V_x = \frac{F_x}{n}$$

- Normalkraft N_x

Annahme: $N_{x,1} = N_{x,2} = \dots = N_{x,n} = N_x$

Gleichgewicht Moment:

$$F_x \cdot h_z = N_x \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Bei symmetrischer Anordnung der Befestigungen kann die Berechnung des Moments vereinfacht werden:

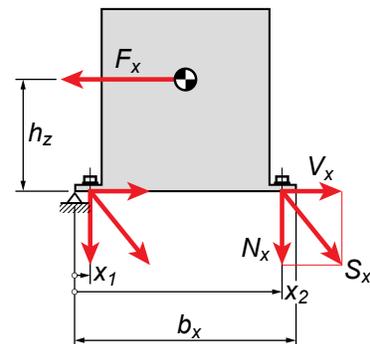
$$F_x \cdot h_z = \frac{n}{2} \cdot N_x \cdot b_x \quad \Rightarrow \quad N_x = \frac{2}{n} \cdot \frac{F_x \cdot h_z}{b_x}$$

- Schrägzugkraft S_x

Auf eine Befestigung wirkende Kraft (vektorielle Addition von V_x und N_x)

$$S_x = \sqrt{V_x^2 + N_x^2} = \frac{F_x}{n} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{h_z}{b_x}\right)^2}$$

$$S_x = \frac{26,6}{8} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{600}{800}\right)^2} = 6,0 \text{ kN}$$



Schockeinwirkung in y-Richtung

- Statische Ersatzkraft F_y

$$F_y = F$$

- Querkraft V_y

Annahme: $V_{y,1} = V_{y,2} = \dots = V_{y,n} = V_y$

$$F_y = n \cdot V_y \quad \Rightarrow \quad V_y = \frac{F_y}{n}$$

- Normalkraft N_y

Annahme: $N_{y,1} = N_{y,2} = \dots = N_{y,n} = N_y$

Gleichgewicht Moment:

$$F_y \cdot h_z = N_y \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

Bei symmetrischer Anordnung der Befestigungen kann die Berechnung des Moments vereinfacht werden:

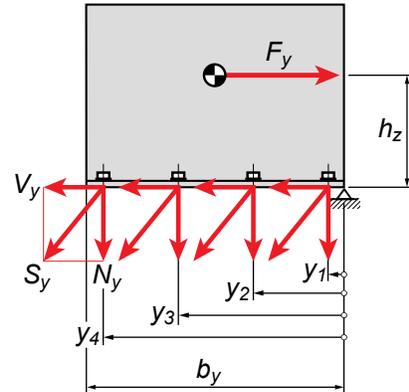
$$F_y \cdot h_z = \frac{n}{2} \cdot N_y \cdot b_y \quad \Rightarrow \quad N_y = \frac{2}{n} \cdot \frac{F_y \cdot h_z}{b_y}$$

- Schrägzugkraft S_y

Auf eine Befestigung wirkende Kraft (vektorielle Addition von V_y und N_y)

$$S_y = \sqrt{V_y^2 + N_y^2} = \frac{F_y}{n} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{h_z}{b_y}\right)^2}$$

$$S_y = \frac{26,6}{8} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{600}{1200}\right)^2} = 4,7 \text{ kN}$$



Schockeinwirkung in z-Richtung

- Eigenlast Einbauteil G

$$G = m \cdot g = 170 \cdot 9,81 \approx 1,7 \text{ kN}$$

- Statische Ersatzkraft F_z

$$F_{z^+} = F - G = 24,9 \text{ kN} \quad F_{z^-} = F + G = 28,2 \text{ kN}$$

- Querkraft V_z

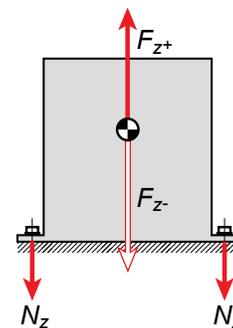
$$V_z = 0$$

- Normalkraft N_z (Richtung +z ist massgebend)

Annahme: $N_{z,1} = N_{z,2} = \dots = N_{z,n} = N_z$

$$F_{z^+} = n \cdot N_z \quad \Rightarrow \quad N_z = \frac{F_{z^+}}{n}$$

$$N_z = \frac{24,9}{8} = 3,1 \text{ kN}$$



Bemessungswert der Schockeinwirkung

Der für den Nachweis der Schocksicherheit der Befestigungen massgebende Bemessungswert der Schockeinwirkung $S_{d,shock}$ entspricht der maximalen Befestigungskraft für Schockwirkungen in x-, y- oder z-Richtung:

$$S_{d,shock} = \max(S_x, S_y, N_z) = S_x = 6,0 \text{ kN}$$

8.4 Nachweis der Schocksicherheit der Befestigung

Für die schocksichere Befestigung müssen vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS zugelassene Dübelssysteme eingesetzt werden. Die Listen mit den dafür zugelassenen Dübelssystemen sowie den Bemessungswerten der Schocktragfähigkeiten der Dübel $R_{d,shock}$ finden sich in der folgenden Datenbank:

<https://www.zkdb.vbs.admin.ch>

Die Schocksicherheit ist nachgewiesen, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$R_{d,shock} \geq S_{d,shock}$$

$R_{d,shock}$ Bemessungswert der Schocktragfähigkeit des Dübels

$S_{d,shock}$ Bemessungswert der Schockeinwirkung auf einen Dübel

8.5 Berechnungshilfe

Nachfolgend sind häufige Befestigungsorte von Einbauteilen in Schutzbauten dargestellt. Für diese Situationen steht auf der Webseite des Bundesamts für Bevölkerungsschutz BABS (www.babs.admin.ch) ein Hilfsmittel für die Berechnung der Befestigungskräfte zur Verfügung. Die auf Excel basierenden Berechnungsblätter können unter dem folgenden Link heruntergeladen werden:

[Vereinfachter rechnerischer Nachweis der schocksicheren Befestigungen \(2018\)](#)

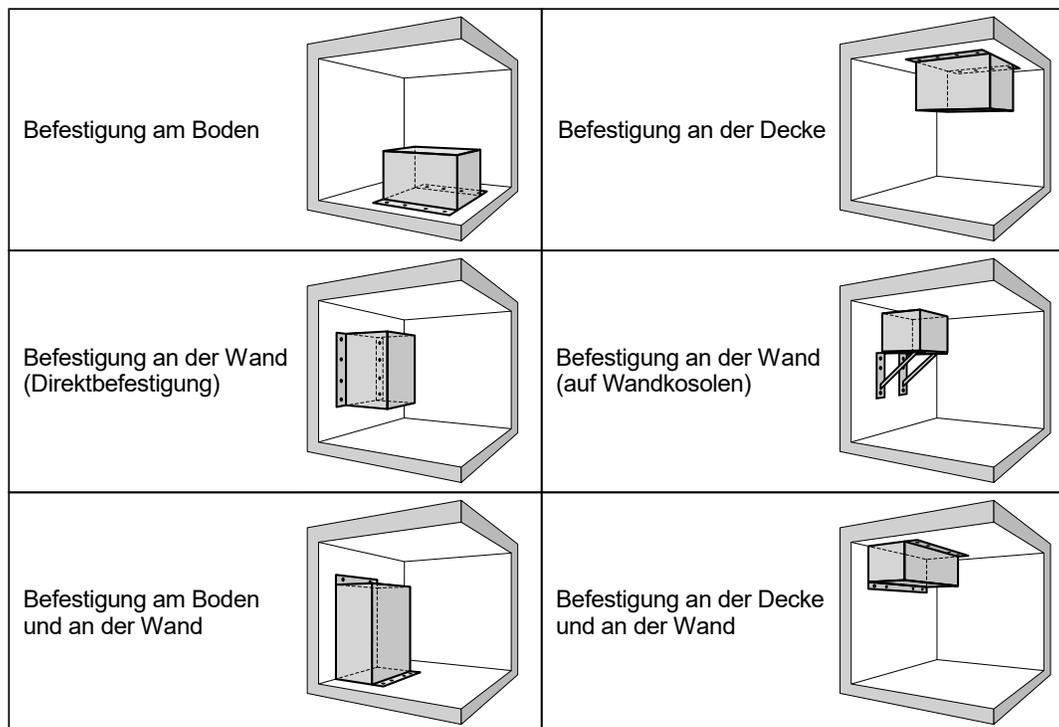


Abb. 12 Befestigungsarten von Einbauteilen in Schutzbauten, für welche der vereinfachte rechnerische Nachweis der schocksicheren Befestigungen mit der Berechnungshilfe erbracht werden kann

9 Relativbewegung von nicht befestigten Einbauteilen

Die schlagartige Belastung der Erdoberfläche durch den Überdruck des Luftstosses einer A-Waffe führt zu einer stossartigen Belastung des Untergrunds (luftstossinduzierter Erdstoss) und damit zu einer schockartigen Bewegung des gesamten Schutzbauwerks (siehe auch Abschnitt 2.2). Die dabei auf nicht befestigte Einbauteile wirkenden Trägheitskräfte führen dazu, dass diese verharren bzw. dass sich das Schutzbauwerk relativ zu den Einbauteilen bewegt. Für diese Relativbewegung sind die Normschockwerte bzw. Maximalwerte der Fusspunktanregung (Supportbewegung) gemäss Abschnitt 2.3 massgebend:

Schutzgrad	«Basis»	«3 bar»
Maximale relative Verschiebung s_{max}	0.10 m	0.25 m
Maximale Beschleunigung a_{max}	12.5 g	16.0 g

Abhängig von der Höhenlage des Massenschwerpunkts, der Grösse der Standfläche sowie der an der Standfläche herrschenden Haftreibung kippen oder rutschen nicht befestigte Einbauten bei einer Schockeinwirkung. Die relative Verschiebung des Schwerpunkts entspricht dabei der maximalen relativen Verschiebung s_{max} des Schutzbauwerks. In der Abbildung 13 sind die Relativbewegungen eines nicht befestigten Einbauteils bei einer horizontalen Verschiebung des Schutzbaus schematisch dargestellt:

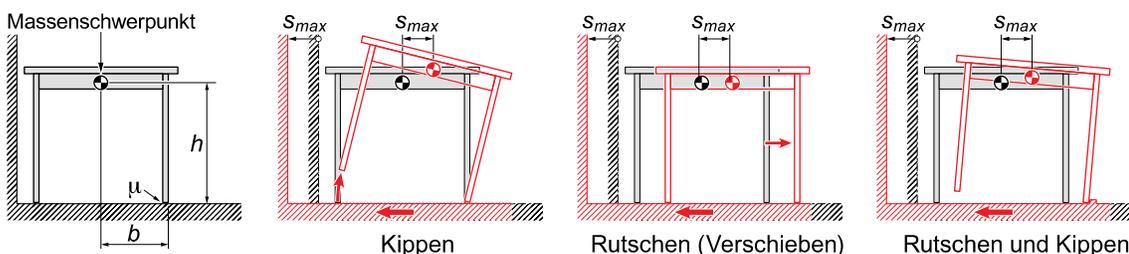


Abb. 13 Bewegung nicht befestigter Einbauten bei einer horizontalen Verschiebung des Schutzbaus

Weil die am Massenschwerpunkt angreifende Schockkraft (statische Ersatzkraft F , Abschnitt 8.1) sehr viel grösser ist als die Eigenlast (Eigengewicht) kippen oder rutschen nicht befestigte Einbauteile bei einer Schockeinwirkung immer. Eine eingeleitete Kippbewegung kann dabei ebenso wenig in ein Rutschen übergehen, wie ein rutschendes Einbauteil noch kippen kann. Zu einem kombinierten Rutschen und Kippen kommt es nur, wenn ein rutschendes Einbauteil an einem Absatz/Anschlag am Boden ansetzt.

Das Einbauteil kippt, wenn die Grösse der Standfläche im Verhältnis zur Höhe des Schwerpunkts (b/h) kleiner als der Haftreibungsbeiwert μ ist:

- Kippen: $b/h < \mu$

Das Einbauteil rutscht, wenn die Grösse der Standfläche im Verhältnis zur Höhe des Schwerpunkts (b/h) grösser als der Haftreibungsbeiwert μ ist:

- Rutschen: $b/h > \mu$

Die für das Rutschen auf dem Boden massgebenden Reibungskoeffizienten sind von den Materialien und Oberflächen des Bodens und der Stellfläche des Einbauteils abhängig. Sie streuen im Allgemeinen stark. Richtwerte für den Haftreibungsbeiwert μ sind in der folgenden Tabelle 2 angegeben.

Haftreibung	Beispiele	Haftreibungsbeiwert
klein	Keramische Bodenbeläge, Stahlplatten	$\mu = 0,2$
mässig	Beton glatt (gestrichen), Kunststoff Bodenbeläge	$\mu = 0,3$
eher hoch	Überzugsbeton roh, (nicht gestrichen)	$\mu = 0,4$
gross	Gummimatte, Antirutschmatte	$\mu = 0,5$

Tab. 2 Ungefähre Grössen der Haftreibungsbeiwerte

Aufgrund der Lage des Schwerpunkts ist es auch bei einem nicht bekannten Haftreibungsbeiwert oft eindeutig, ob ein nicht befestigtes Einbauteil bei einer Schockeinwirkung kippt oder rutsch. Da zudem immer mit der maximalen relativen Verschiebung s_{max} gerechnet werden muss, ist es auch bei Grenzfällen (z.B. $b/h \approx 1/3$) nur selten entscheidend, ob diese durch Kippen oder Rutschen zustande kommt.

Die folgende Abbildung 14 liefert eine abschliessende Übersicht sämtlicher Fälle. Sie zeigt, dass sich der Schwerpunkt von nicht befestigten, frei verschiebbaren Einbauteilen bei einer Schockeinwirkung immer um s_{max} relativ zum Schutzbauwerk verschiebt. Nur Einbauteile, bei denen der Schwerpunkt sehr nahe bei der Kippkante liegt ($b < s_{max}$), kippen vollständig bzw. fallen um.

	$b/h > a_{max} [g]$	$b/h > \mu$	$b/h < \mu$	
Schwerpunktlage				
Relativbewegung bei horizontaler Schockeinwirkung	Rutschen und Verschieben 	Rutschen und Verschieben 	Abheben und Kippen 	Umkippen (Umfallen)
Relativbewegung bei vertikaler Schockeinwirkung	keine Relativbewegung 	Abheben und Kippen 	Abheben und Kippen 	Umkippen (Umfallen)

Abb. 14 Übersicht der Relativbewegungen von nicht befestigten Einbauteilen