

301-003

DGUV Grundsatz 301-003



Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Hochbau des Fachbereichs Bauwesen der DGUV

Ausgabe: Juni 2024

Satz und Layout: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Bildnachweis: Titel: © Güteschutz Ziegelmontagebau e.V.; Abb. 1: © Atelier Hauer+Dörfler GmbH/DGUV; Abb. 29: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit Sankt Augustin (BIA) und © Güteschutz Ziegelmontagebau e.V.; Abb. 25–28 rechts, 31, 33, 35, 37, 39, 41: © Güteschutz Ziegelmontagebau e.V.; alle anderen Grafiken: © Konzept-Quartier GmbH/DGUV

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen › Webcode: p301003

Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln

Aktualisierungen zur letzten Ausgabe April 2004:

Der DGUV Grundsatz wurde aktualisiert und auf den aktuellen Stand der Technik angepasst. Zudem wurde der DGUV Grundsatz mit dem Beiblatt „Mauertafeln, Transportsysteme und Sicherungsmaßnahmen für Mauertafeln“ als Anhang ergänzt.

Inhaltsverzeichnis

Grundsatz	Seite
Vorbemerkung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Begriffsbestimmungen	9
2.1 Fertigbauteile aus Mauerwerk	9
2.2 Transportsysteme	9
2.3 Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	9
2.4 Besondere Gefährdungen beim Transport	9
2.5 Ausreichende Transportsicherheit	9
2.6 SVG	9
3 Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln unter Stoßbeanspruchung	10
3.1 Allgemeines	10
3.1.1 Einleitung	10
3.1.2 Ablauf der Prüfung und Beurteilung	10
3.2 Standardprüfverfahren	13
3.2.1 Zweck	13
3.2.2 Bezeichnungen	13
3.2.3 Geräte und Hilfsmittel	13
3.2.4 Prüfkörper	13
3.2.4.1 Maße und Anzahl	13
3.2.4.2 Herstellung und Lagerung	14
3.2.4.3 Prüfalter	14
3.2.5 Durchführung der Prüfung	15
3.3 Großversuche	19
3.3.1 Zweck	19
3.3.2 Geräte und Hilfsmittel	19
3.3.3 Prüfkörper	21
3.3.3.1 Maße und Anzahl	21
3.3.3.2 Herstellung und Lagerung	21
3.3.3.3 Prüfalter	21
3.3.4 Durchführung der Prüfung	22
3.4 Auswertung und Beurteilung	23
3.4.1 Prüfbericht	23
3.4.2 Beurteilung	23
4 Prüfung und Beurteilung von Mauerwerksprüfkörpern unter Lochleibungsbeanspruchung	24
4.1 Anwendungsbereich	24
4.2 Bezeichnungen	24
4.3 Geräte	24
4.4 Prüfkörper	25
4.4.1 Abmessungen	25
4.4.2 Anzahl	25
4.4.3 Prüfalter	25
4.4.4 Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprüfkörper	25

	Seite
4.5	Prüfungen 25
4.5.1	Ermittlung der Baustoffkennwerte 25
4.5.1.1	Mauersteine 25
4.5.1.2	Mauermörtel 26
4.5.2	Prüfung der Systemtragfähigkeit 26
4.6	Ableitung zulässiger Anhängelasten zu F_A 26
4.7	Prüfbericht 26
5	Prüfung und Beurteilung der zulässigen Verankerungslast von vermörtelten Transportankern in Mauerwerksprüfkörpern 28
5.1	Anwendungsbereich 28
5.2	Bezeichnungen 28
5.3	Geräte 28
5.4	Prüfkörper 29
5.4.1	Abmessungen 29
5.4.2	Anzahl 29
5.4.3	Prüfalter 29
5.4.4	Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprüfkörper 29
5.5	Prüfungen 30
5.5.1	Ermittlung der Baustoffkennwerte 30
5.5.1.1	Mauersteine 30
5.5.1.2	Mauer- und Füllmörtel 30
5.5.2	Prüfungen am Transportanker 30
5.5.3	Verankerungsprüfung 30
5.6	Ableitung der zulässigen Verankerungslast zu F_A 31
5.7	Prüfbericht 31
6	Prüfung und Beurteilung von Mauerwerksprüfkörpern beim Einsatz von metallischen und nichtmetallischen Hebebändern zur Verwendung als Aufhängung in Transportsystemen 33
6.1	Anwendungsbereich 33
6.2	Bezeichnungen 33
6.3	Geräte 33
6.4	Prüfkörper 34
6.4.1	Abmessungen 34
6.4.2	Anzahl 34
6.4.3	Prüfalter 34
6.4.4	Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprüfkörper 34
6.5	Prüfungen 35
6.5.1	Ermittlung der Baustoffkennwerte 35
6.5.1.1	Mauersteine 35
6.5.1.2	Mauermörtel 35
6.5.2	Prüfungen am Hebeband 35
6.5.3	Prüfung der Systemtragfähigkeit 35
6.6	Ableitung zulässiger Anhängelasten zu F_A 36
6.7	Prüfbericht 36
	Literaturverzeichnis 38

Beiblatt	Seite
1 Allgemeines	43
2 Transportsysteme	44
2.1 Aufhängungen.....	44
2.2 Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen.....	44
2.3 Aufhängungen mit Tragbolzen.....	46
2.4 Aufhängungen mit Hebebändern.....	48
2.4.1 Flachstahl- und Kunststoff-Hebebänder mit Kopfformteil.....	48
2.4.2 Flachstahl- und Kunststoff-Hebebänder mit Kopf-Traverse.....	49
2.4.3 Chemiefaser-Hebebänder.....	50
2.5 Transport auf Sockelelement.....	50
3 Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	52
3.1 Allgemeines.....	52
3.2 Transportbewehrung.....	52
3.2.1 Bewehrung in den Lagerfugen.....	52
3.2.2 Horizontale Umreifung mit Spannbändern.....	52
3.3 Sicherung der Wandecken.....	53
3.4 Zusätzliche Sicherung der untersten Steinschicht.....	54
4 Literaturnachweis Beiblatt	55
 Anhang 1	
Zusammenstellung zugelassener und erprobter Mauertafeln mit Transport- und Sicherungsmaßnahmen	56
Tabelle 7 Mauertafeln hergestellt aus Ziegeln, mit Lagerfugen aus mineralischen Mörteln.....	56
Tabelle 8 Mauertafeln hergestellt aus Ziegeln, mit Lagerfugen aus PU-Kleber.....	59
Tabelle 9 Mauertafeln hergestellt aus Kalksandsteinen.....	60
Tabelle 10 Mauertafeln hergestellt aus Leichtbeton- und Betonsteinen.....	61
Tabelle 11 Mauertafeln hergestellt aus Porenbetonsteinen.....	62
 Anhang 2	
Grundlagen der Eignungsprüfungen nach DGUV Grundsatz 301-003	63
1 Herleitung einer Ersatzbeanspruchung für Kleinprüfkörper.....	63
2 Vergleichsuntersuchungen zum Standardprüfverfahren.....	72
3 Schlussfolgerung und Hinweise zur Anwendung des Standardprüfverfahrens.....	79
4 Literaturnachweis Anhang 2.....	80
 Anhang 3	
Fertigbauteile aus Mauerwerk unter Stoßbeanspruchung	81

Vorbemerkung

Dieser DGUV Grundsatz 301-003 „Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln“ gibt erläuternde Hinweise zu den Regelungen des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG), der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), der Baustellenverordnung (BaustellV) und deren technischen Regeln (TRBS, ASR und RAB) sowie den Regelungen der Unfallversicherungsträger und zu einschlägigen Normen, die bei der Ausführung der Arbeiten sowie im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind.

Dieser DGUV Grundsatz wendet sich insbesondere an Unternehmer bzw. Unternehmerinnen die vorgefertigte Mauertafeln herstellen und verwenden. Mögliche gefährdete Personenkreise sind maschinenführende Personen, Anschläger und andere Personen, die sich im Bereich des Transportweges aufhalten.

DGUV Grundsätze geben Hilfestellung bei der Umsetzung von Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften und zeigen Möglichkeiten auf, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

1 Anwendungsbereich

Bei der Errichtung von Hochbauten in serieller Bauweise kommen in vermehrtem Maße Fertigbauteile aus Mauerwerk zum Einsatz.

Zur Vermeidung von Vorschädigungen der Fertigbauteile durch unsachgemäßen Transport oder fehlerhafte Montage und zur Vermeidung besonderer Gefährdungen des Personals bei Lagerung, Transport und Montage der Fertigbauteile sind bereits bei der Herstellung im Werk und bei der Planung und Anwendung des Transportsystems grundsätzliche Regeln zu berücksichtigen.

Die Fertigbauteile müssen so ausgebildet sein, dass sie bei Lagerung, Transport und Montage nicht im Ganzen bzw. keine Teile herunterfallen können, die eine besondere Gefährdung darstellen. Sie müssen sich nach Abschluss der Montagearbeiten in einem solchen Zustand befinden, dass auch die Funktion des Fertigbauteils im Bauwerk nicht beeinträchtigt ist. DIN 1053-4 „Mauerwerk – Fertigbauteile“ enthält grundsätzliche Anforderungen an die Fertigbauteile aus Mauerwerk und Voraussetzungen für Transport und Montage, aber keine Details zum Nachweis der Transportsicherheit z. B. durch Eignungsprüfungen und nur wenige Festlegungen für Transportaufhängungen und zusätzliche Sicherungsmaßnahmen.

Dieser DGUV Grundsatz stellt Eignungsprüfungen bereit, die Möglichkeiten zur Beurteilung der Transport- und Montagesicherheit von Mauertafeln bei Anwendung neuartiger Systeme und Materialien bieten und beschreibt im Beiblatt „Mauertafeln, Transportsysteme und Sicherungsmaßnahmen für Mauertafeln“ bereits erprobte sowie zugelassene Systeme.

Zu beachten ist, dass die Eignungsprüfungen im Hinblick auf Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung nicht alle praxisrelevanten Fälle abbilden können. Die vom Hersteller bzw. Anwender getroffenen Transport-Sicherungsmaßnahmen müssen deshalb für jeden Anwendungsfall (größere Wandhöhen/Tür- und Fensteröffnungen/Giebelschrägen etc.) sachgerecht und eigenverantwortlich ergänzt bzw. modifiziert werden.

2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieses DGUV Grundsatzes werden folgende Begriffe bestimmt:

2.1 Fertigbauteile aus Mauerwerk

Vorwiegend geschosshoch und raumbreit vorgefertigte Wandelemente, deren Herstellung und Anwendung nach DIN 1053-4 oder in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Bauartgenehmigungen geregelt sind. In diesem DGUV Grundsatz 301-003 sind ausschließlich Fertigbauteile angesprochen, die als Einsteinauermauerwerk im Verband aus Mauersteinen in stehender Fertigung hergestellt werden. Sie werden bezeichnet als „vorgefertigte Mauertafeln“.

2.2 Transportsysteme

Systeme zum Krantransport für das Verladen und Montieren von Mauertafeln, bestehend aus Krantraverse und Aufhängungen, die unmittelbar mit der Mauertafel verbunden sind bzw. die Mauertafel umreifen oder als Sockelelement unterstützen.

2.3 Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen

Maßnahmen, die zusätzlich zum Transportsystem angeordnet werden, um sicherzustellen, dass für Personen, die sich unter Nichtbeachtung der geltenden Vorschriftenlage im Schwenkbereich der Last aufhalten, keine besondere Gefährdungen auftreten können.

2.4 Besondere Gefährdungen beim Transport

Beim Transport von Fertigbauteilen aus Mauerwerk können besondere Gefährdungen für Personen, die sich unter Nichtbeachtung der geltenden Vorschriftenlage im Schwenkbereich der Last aufhalten, dann auftreten, wenn Teile mit unzulässiger Masse gemäß Abs. 3.4.2 herunterfallen.

2.5 Ausreichende Transportsicherheit

Anforderung an das Transportsystem einschließlich zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen zur Vermeidung besonderer Gefährdungen von Personen, die sich beim Krantransport von Mauertafeln unter Nichtbeachtung der geltenden Vorschriftenlage im Schwenkbereich der Last aufhalten, bezogen auf den Zeitraum nach dem Verladen der Elemente im Vorfertigungswerk und dem Absetzen in das Mörtelbett auf der Baustelle.

2.6 SVG

Sachverständigenrat für Aufgaben, die sich aus dem Inhalt des DGUV Grundsatz 301-003 ergeben, bestehend aus neutralen sachverständigen Personen, Institutionen zur Qualitätssicherung (QS), Vertretungen der Unfallversicherungsträger (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft – BG BAU) und ggf. Behördenvertreter.

3 Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln unter Stoßbeanspruchung

3.1 Allgemeines

3.1.1 Einleitung

Bei Transport und Montage von Fertigbauteilen mit Hebezeug besteht die Gefahr des Anstoßens dieser Bauteile an ein starres Hindernis, so dass das gesamte Bauteil oder einzelne Teile gelöst oder beschädigt werden und sich daraus eine Gefährdung für Personen, die sich im Schwenkbereich der Last aufhalten, ergeben kann.

Es wird daher gefordert, dass auch bei vorgefertigten Mauertafeln derartige Gefährdungen durch geeignete Transport- und Sicherungsmaßnahmen auszuschließen sind. Nachweise der Eignung dieser Maßnahmen können durch die hier beschriebenen Verfahren geführt werden.

3.1.2 Ablauf der Prüfung und Beurteilung

Das Ablaufdiagramm im Abb. 1 gibt eine Übersicht über die durchzuführenden Prüfungen und Begutachtungen.

Schritt ①

Es ist zu prüfen, ob die Übereinstimmung der Mauertafel mit den Anforderungen der Norm DIN 1053-4 durch das Übereinstimmungszeichen belegt und die Konformität des Fertigbauteils durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle zertifiziert worden ist.

Schritt ②

Abweichungen von der Norm, die herstellerseitig gewünscht sind, müssen hinsichtlich ihrer bauaufsichtlichen Relevanz geprüft und die erforderliche Nachweisführung muss mit der obersten Bauaufsichtsbehörde (DIBt) abgestimmt werden. Folgende Abweichungen liegen in der Regel vor:

- a. Es werden Mauersteine verwendet, die nicht in DIN EN 1996-1-1/NA benannt sind; in der Regel handelt es sich dabei um Plansteine, die nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung bzw. allgemeiner Bauartgenehmigung produziert werden. Ein **bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis** ist dafür erforderlich, desweiteren in der Regel auch ein **Verwendbarkeitsnachweis nach DGUV Grundsatz**.
- b. Es wird bzw. im Falle von Dünnbettfugen kann keine Transportbewehrung aus Betonstabstahl eingebaut werden. Stattdessen wird eine Transportsicherung an der Außenseite der Mauertafeln angeordnet. Die Mauertafel entspricht DIN 1053-4, ein **Verwendbarkeitsnachweis nach DGUV Grundsatz** ist aber dennoch erforderlich; Art und Umfang dieses Nachweises sind abhängig vom gewählten Transportsystem und von den gewählten zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen.

Schritt ③

Es ist zu prüfen, ob die Verwendbarkeit des Transportsystems und der zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen auch durch das Beiblatt zum DGUV Grundsatz 301-003 abgedeckt wird.

Schritt ④

Nach positiver Bewertung der Schritte 1 bis 3 wird eine entsprechende Stellungnahme vom SVG abgegeben. Falls erforderlich (siehe Schritt ② a)) erfolgt zusätzlich die Erteilung eines Bescheides der obersten Bauaufsichtsbehörde. Abschließend ist von der fremdüberwachenden Stelle bzw. der Güteschutzgemeinschaft die Übereinstimmung zu bestätigen (Schritt ⑩).

Das System weicht in wesentlichen Punkten von den Anforderungen nach DIN 1053-4 oder dem DGUV Grundsatz-Beiblatt ab. In diesem Fall kann auf Antrag eine weitere Begutachtung zur Ermittlung des erforderlichen Prüfumfanges erfolgen.

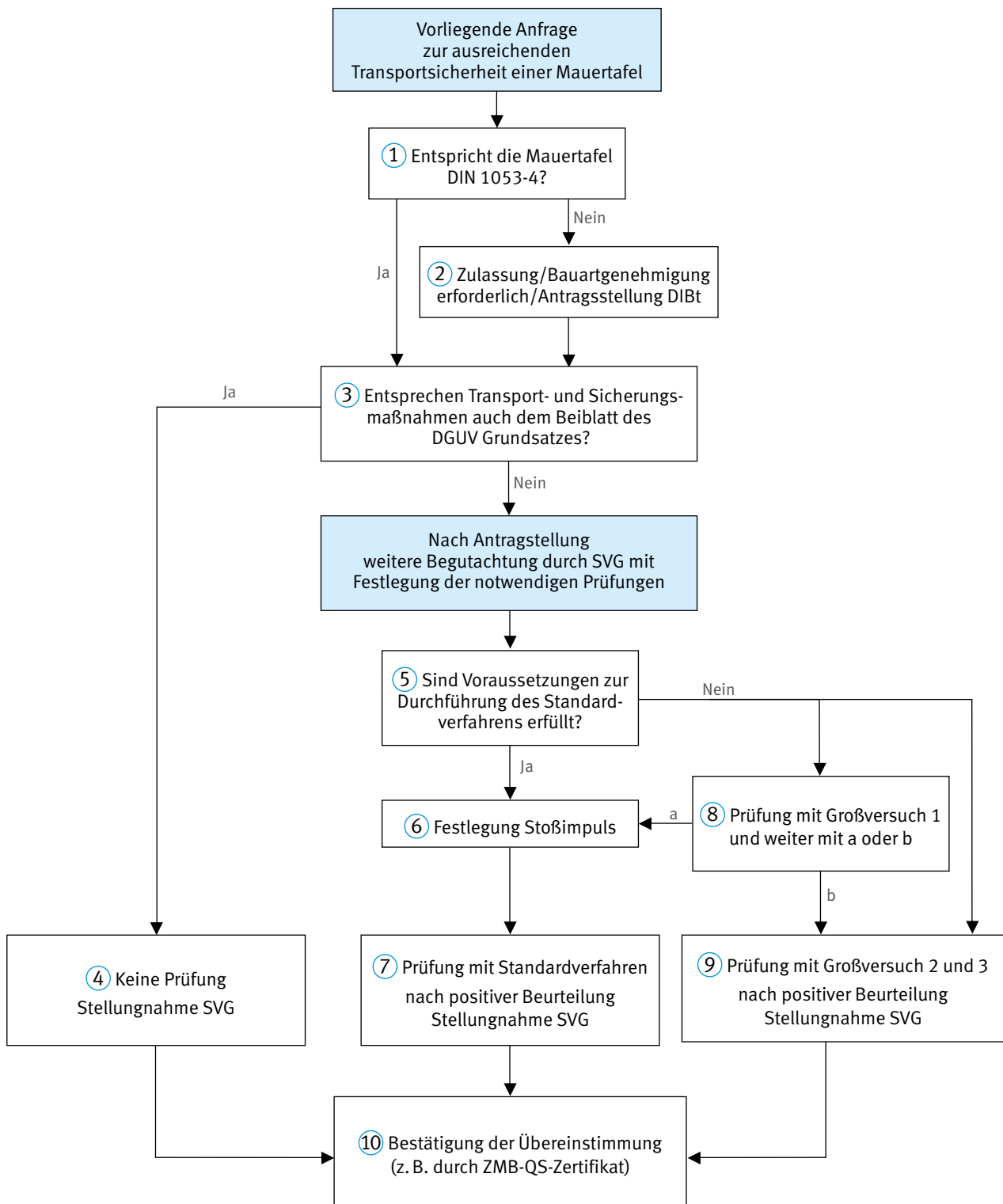


Abb. 1 Ablaufdiagramm zur Beurteilung der Transportsicherheit

Schritt ⑤

Zunächst ist zu überprüfen, ob die Voraussetzungen zur Anwendung des Standardverfahrens nach Abs. 3.2 erfüllt sind oder ob aus anderen Gründen nur Großversuche nach Abs. 3.3 durchgeführt werden können oder sollen.

Schritt ⑥

Sofern die Voraussetzungen zur Anwendung des Standardverfahrens erfüllt sind, wird vom SVG ein Prüfprogramm mit Angabe des Stoßimpulses für dieses Verfahren ausgearbeitet und dem Antragsteller zur Nachweisführung vorgeschlagen (siehe Schritt ⑦).

Wenn die Voraussetzungen zur Anwendung des Standardverfahrens nicht vorliegen, muss die Eignung mittels Großversuch nachgewiesen werden (Schritt ⑧ oder ⑨).

Schritt ⑦

Die Prüfung nach Standardverfahren gemäß Abs. 3.2 wird durchgeführt. Nach erfolgreichem Abschluss wird eine Stellungnahme vom SVG abgegeben. Falls erforderlich (siehe Punkt ② a)) erfolgt die Erteilung eines Bescheides der obersten Bauaufsichtsbehörde. Abschließend wird von der fremdüberwachenden Stelle bzw. der Güteschutzgemeinschaft die Übereinstimmung bestätigt (Schritt ⑩).

Schritt ⑧

Die Voraussetzungen zur Durchführung des Standardverfahrens liegen nicht vor, weil die dafür notwendigen Impulsgrößen nicht hergeleitet werden können. Großversuche nach Abs. 3.3 (Versuch 1) werden entsprechend dem vom SVG vorgegebenen Prüfprogramm durchgeführt. Stoßimpulse werden gemessen. Anschließend wird mit dem Standardverfahren weitergeprüft (Variante a mit Schritt ⑥).

Es ist auch möglich, mit der Variante b (Schritt ⑨) weiter zu prüfen, z. B. wenn die Prüfwände nach Versuch 1 für weitere Prüfungen genutzt werden können.

Schritt ⑨

Die Voraussetzungen zur Durchführung des Standardverfahrens liegen nicht vor oder es wird aus anderen Gründen auf die Prüfung mit Standardverfahren verzichtet (siehe auch Schritt ⑧, Variante b); dann werden die erforderlichen Nachweise entsprechend dem vom SVG vorgegebenen Prüfprogramm mit Großversuchen (Versuche 2 und 3 gemäß Abs. 3.3) durchgeführt. Nach erfolgreichem Abschluss wird eine Stellungnahme vom SVG abgegeben. Falls erforderlich (siehe Schritt ② a)) erfolgt die Erteilung eines Bescheides der obersten Bauaufsichtsbehörde. Abschließend wird von der fremdüberwachenden Stelle bzw. der Güteschutzgemeinschaft die Übereinstimmung bestätigt (Schritt ⑩).

Schritt ⑩

Bestätigung der Übereinstimmung der vorgefertigten Mauertafel mit der Norm DIN 1053-4 oder mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. einer allgemeinen Bauartgenehmigung durch Ü-Zeichen sowie Übereinstimmung der Transportsicherungsmaßnahmen mit den Anforderungen des DGUV Grundsatz 301-003 durch Zertifikat einer dafür qualifizierten Stelle.

3.2 Standardprüfverfahren

3.2.1 Zweck

Im Falle einer Stoßbeanspruchung von Fertigbauteilen aus Mauerwerk sind besonders die Steine der untersten Schicht gefährdet. Sie können beschädigt werden oder – in Abhängigkeit vom Haftverbund der Steine in der Lagerfuge – sich insgesamt lösen und herabfallen.

Mit dem nachfolgend beschriebenen Prüfverfahren können auf der Grundlage von statistischen Auswertungen zahlreicher Impulsmessungen bei Simulation realer Stoßbeanspruchungen oder nach Durchführung von Versuch 1 – wie unter Abs. 3.3 beschrieben – zusätzliche Sicherungsmaßnahmen zur Erzielung einer ausreichenden Sicherheit gegen herabfallende Steine oder Teile von Steinen beurteilt werden, ohne dass eine geschoss-hohe Wand mit maximaler Länge zur Prüfung verwendet werden muss.

3.2.2 Bezeichnungen

l: Länge des Prüfkörpers
h: Höhe des Prüfkörpers
d: Dicke des Prüfkörpers
y: horizontale Auslenkung
z: Höhendifferenz

3.2.3 Geräte und Hilfsmittel

(siehe hierzu Abb. 2)

- Einrichtungen zur seitlichen Fixierung des Prüfkörpers; die Führungen sollen aus Kanthölzern bestehen und müssen unverschieblich gehalten sein
- Massivkugel aus Stahl mit der Masse: $m = 60 \text{ kg}$

3.2.4 Prüfkörper

3.2.4.1 Maße und Anzahl

Abmessungen und Ausbildung der Prüfkörper sind im Abb. 2 dargestellt. Die Mindestabmessungen betragen:

l: mindestens 1,74 m und 4 Steinlängen
h: mindestens 1,24 m und 5 Steinschichten

Die Dicke d der Prüfkörper soll so gewählt werden, dass die Bereiche der größten und der geringsten Wanddicken der späteren Produktionspalette abgedeckt sind.

Die folgende Anzahl an Prüfkörpern ist jeweils zu untersuchen:

- ein Prüfkörper für den Eckanstoß bei Ausführung mit ganzen Steinen (Abb. 2/Variante 1)
- ein Prüfkörper für den Eckanstoß bei Ausführung mit halben Steinen oder Sondersteinen (Abb. 2/Variante 2). Diese Variante darf gegebenenfalls entfallen; siehe Abschnitt 3.2.4.2.
- ein Prüfkörper für den Mittenanstoß (Abb. 2/Variante 3)
- Reservewände sind ggf. zusätzlich bereitzustellen.

3.2.4.2 Herstellung und Lagerung

Die Herstellung der Prüfkörper aus Mauerwerk erfolgt in Anlehnung an DIN 1053-4. Sie müssen der vorgesehenen Ausführungsart im späteren Produktionsprozess entsprechen. Das betrifft insbesondere die Ausbildung der untersten Steinschicht an den Aufhänge- bzw. Haltepunkten und in den Eckbereichen, die Ausbildung geteilter Steine an den Wandecken (geschlossene Querstege/offene Kammern an Schnittkanten/Sondersteine). Der Verband des Prüfkörpers ist normgerecht auszuführen.

Die unterste Schicht ist bei mindestens zwei Prüfkörpern aus ganzen Steinen und für den Fall, dass zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung der Ecksteine in der untersten Schicht z. B. mit Gewebe, Stirnholz oder durch Verwendung von Sondersteinen nicht getroffen werden, bei einem weiteren Prüfkörper aus halben Steinen an einer Ecke herzustellen.

Die Ecksteine sollen für die Versuchsdurchführung nicht durch Transporteinrichtungen gehalten sein, sofern eine derartige Halterung nicht ausdrücklich für die spätere Anwendung vorgesehen ist.

Die zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen gegen Stoßbeanspruchung und die Ausbildung der untersten Steinschicht, insbesondere an den Aufhänge- bzw. Haltepunkten und in den Eckbereichen, die Konfiguration der Steine an den Wandecken (geschlossene Querstege/offene Kammern an Schnittkanten/Sondersteine) müssen im Prüfbericht umfassend beschrieben sein. Bis zur Prüfung sind die Prüfkörper durch geeignete Maßnahmen vor zu starker Austrocknung zu schützen.

3.2.4.3 Prüfalter

Das Prüfalter soll der Zeitspanne zwischen zukünftiger Herstellung und erstem Transport zur Baustelle entsprechen. Es beträgt im Regelfall vier Tage. Wird davon abgewichen, ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

3.2.5 Durchführung der Prüfung

Hinweis: Siehe auch Abb. 2.

Der Prüfkörper wird mit dem für die Praxis vorgesehenen Transportsystem an 2 Punkten aufgehängt (sofern nicht planmäßig eine gleichmäßige Aufhängung z. B. durch Kopftraverse vorgesehen ist). Der Abstand der Aufhängungen soll mindestens 1,25 m betragen. Der Prüfkörper wird nach dem Anheben freihängend 50 bis 70 mm zwischen die Führungshölzer eingeschwenkt. Das Spiel zwischen Prüfkörperoberfläche und Führungshölzern soll beidseitig 15 ± 5 mm betragen (siehe Abb. 2). Vor Beginn der Prüfung muss der Prüfkörper in Ruhe sein. Die Prüfkugel wird straff am Pendel hängend so vor dem Prüfkörper eingerichtet, dass sie direkt vor diesem liegt.

Die Prüfung der Wanddeckbereiche erfolgt durch jeweils zwei Anstöße wie folgt:

- am ganzen Eckstein in dessen Mittelpunkt (erster Anstoß) und anschließend in dessen äußerem Viertel-punkt (zweiter Anstoß)
- am halben Stein oder Sonderstein in dessen Mittelpunkt sowohl beim ersten als auch beim zweiten Anstoß.

Die Prüfung der Wandmitte erfolgt durch einen Anstoß eines ganzen Steines der untersten Schicht in dessen Mittelpunkt. Der Stoßpunkt soll dabei so gewählt werden, dass er der Wandmitte am nächsten liegt (zwischen Wandmitte und seitlicher Fixierung).

Die Kugel wird, entsprechend der Darstellung im Abb. 2, um das Maß y ausgelenkt. Die Auslenkung y ergibt sich

- **für den Eckanstoß** gemäß Spalte 4 der Tabelle 1a in Abhängigkeit vom Maximalwert der bei den Großversuchen nach Abschnitt 3.3, Versuch 1, gemessenen Impulse, oder gemäß Spalte 4 der Tabelle 1b aus dem bei einer statistischen Auswertung mit einem Vertrauensintervall von 95 % ermittelten Wert des zugehörigen Impulses.
- **für den Mittenanstoß** gemäß Spalte 6 der Tabelle 1a in Abhängigkeit vom Maximalwert der bei den Großversuchen nach Abschnitt 3.3, Versuch 1, gemessenen Impulse, oder gemäß Spalte 6 der Tabelle 1b aus dem bei einer statistischen Auswertung mit einem Vertrauensintervall von 95 % ermittelten Wert des zugehörigen Impulses.

Das Pendelseil, welches an seinem Aufhängepunkt unverschieblich gehalten wird, muss dabei straff sein. Der Pendelradius muss $2,00 \text{ m} \pm 20 \text{ mm}$ betragen (siehe Abb. 2). Dann wird die Kugel losgelassen und die Stoßbelastung ausgeübt.

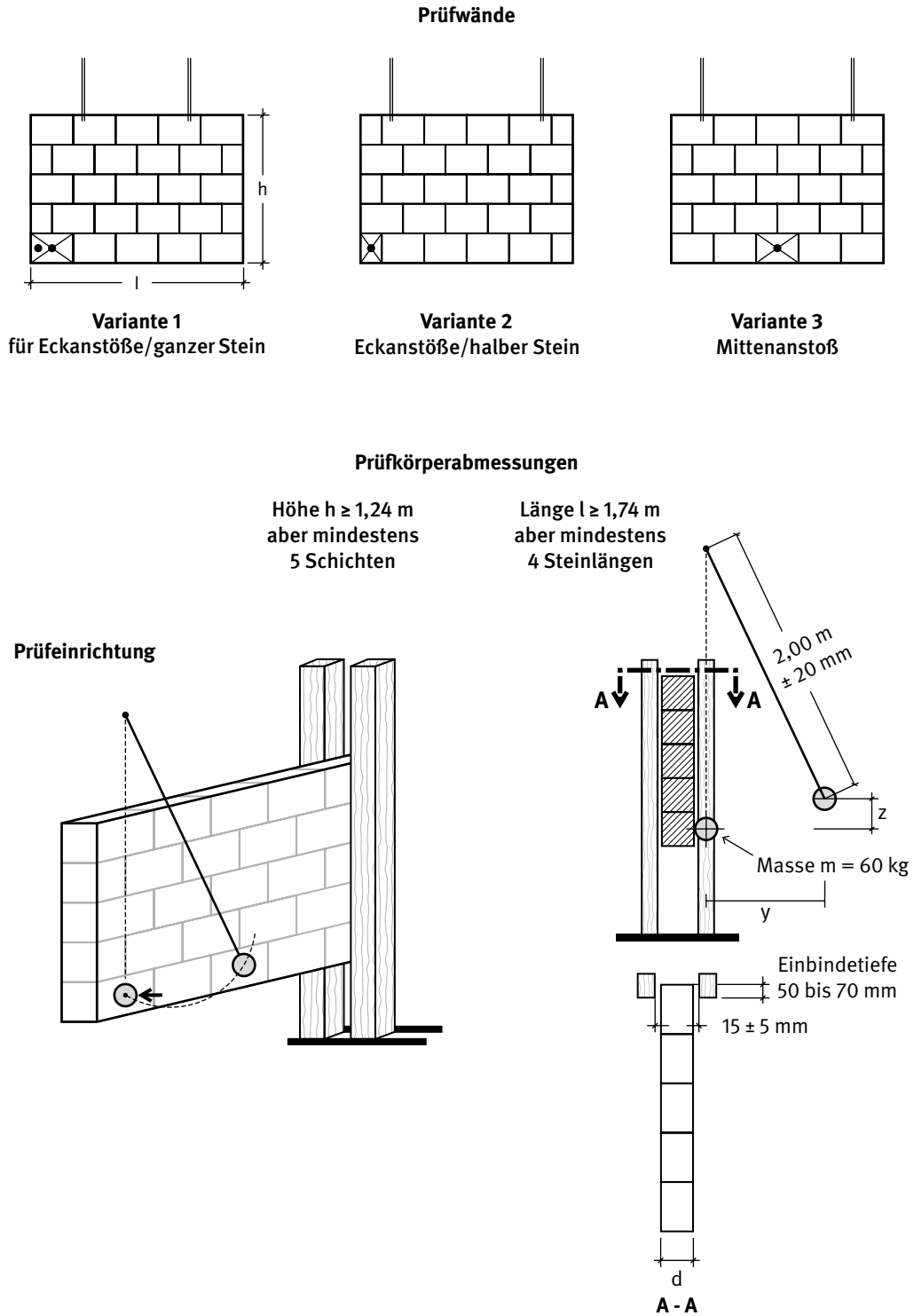


Abb. 2 Prüfwände und Prüfeinrichtung für das Standardprüfverfahren

Tabelle 1a Ersatzbeanspruchung für Impulse B nach Versuch 1 / Abs. 3.2

1	2	3		4	5	6
		Eckanstoß			Mittenanstoß	
B	E_{pot} $\kappa = 1,43$	Δz für $y = 2,0$	Δy für $y = 2,0$		$2 \cdot \Delta z$	Δy für $2 \cdot \Delta z$
Ns	Nm	mm	m		mm	m
10	4,79	16	0,25		33	0,36
20	91,58	33	0,36		65	0,51
30	14,37	49	0,44		98	0,62
40	19,16	65	0,51		130	0,71
50	23,95	81	0,56		163	0,79
60	28,74	98	0,62		195	0,86
70	33,53	114	0,67		228	0,93
80	38,32	130	0,71		260	0,99
90	43,11	146	0,75		293	1,04
100	47,91	163	0,79		326	1,09
110	52,70	179	0,83		358	1,14
120	57,49	195	0,86		391	1,19
130	6,2,28	212	0,90		423	1,23
140	67,07	228	0,93		456	1,27
150	71,86	244	0,96		488	1,31
160	76,65	260	0,99		521	1,35
170	81,44	277	1,02		5,53	1,38
180	86,23	293	1,04		586	1,41
190	91,02	309	1,07		619	1,45
200	95,81	326	1,09		651	1,48
210	100,60	342	1,12		684	1,51
220	105,39	358	1,14		716	1,53
230	110,18	374	1,17		749	1,56
240	114,97	391	1,19		781	1,59
250	119,76	407	1,21		814	1,61
260	124,55	423	1,23		846	1,63
270	129,34	439	1,25		879	1,66
280	134,13	456	1,27		912	1,68
290	138,92	472	1,29		944	1,70
300	143,72	488	1,31		977	1,72

Tabelle 1b Ersatzbeanspruchung für Impulse B nach statistischer Auswertung

1	2	3		4	5	6
		Eckanstoß			Mittenanstoß	
B	$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin eff}}$ ($\kappa = 1,0$)	Δz für $y = 1,0$	Δy für $y = 1,0$		$2 \cdot \Delta z$	Δy für $2 \cdot \Delta z$
Ns	Nm	mm	m		mm	m
10	3,35	6	0,15		11	0,21
20	6,70	11	0,21		23	0,30
30	10,05	17	0,26		34	0,37
40	13,40	23	0,30		46	0,42
50	16,75	28	0,34		57	0,47
60	20,10	34	0,37		68	0,52
70	23,45	40	0,40		80	0,56
80	26,80	46	0,42		91	0,60
90	30,15	51	0,45		102	0,63
100	33,50	57	0,47		114	0,67
110	36,85	63	0,50		125	0,70
120	40,20	68	0,52		137	0,73
130	43,55	74	0,54		148	0,75
140	46,90	80	0,56		159	0,78
150	50,25	85	0,58		171	0,81
160	53,60	91	0,60		182	0,83
170	56,95	97	0,61		194	0,86
180	60,30	102	0,63		205	0,88
190	63,65	108	0,65		216	0,90
200	67,00	114	0,67		228	0,93
210	70,35	120	0,68		239	0,95
220	73,70	125	0,70		250	0,97
230	77,05	131	0,71		262	0,99
240	80,40	137	0,73		273	1,01
250	83,75	142	0,74		285	1,03
260	87,10	148	0,75		296	1,05
270	90,45	154	0,77		307	1,07
280	93,80	159	0,78		319	1,08
290	97,15	165	0,80		330	1,10
300	100,50	171	0,81		341	1,12

3.3 Großversuche

3.3.1 Zweck

Die Großversuche dienen dem Zweck, die Stoßbeanspruchung auf das Fertigbauteil so praxisnah wie möglich zu simulieren, um Stoßimpulse zur Anwendung des Standardverfahrens bereitzustellen oder um eine Beurteilung zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen vornehmen zu können, falls die Voraussetzungen zur Durchführung des Standardverfahrens nach Abs. 3.2 nicht vorliegen sollten. Dazu können folgende Versuche durchgeführt werden:

Versuch 1: Impulsmessung bei Simulation eines realen Stoßes am unteren Wandeckbereich

Versuch 2: Prüfung der untersten Steinschicht in Wandmitte

Versuch 3: Prüfung der unteren Wandeckbereiche

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung sind so konzipiert, dass für den vorgegebenen Prüfkörper, der beispielhaft eine geschosshohe Wand ohne Öffnungen repräsentiert, bei sicherheitsgerechter Arbeitsweise auch die ungünstigsten Fälle abgedeckt sind. Die letztlich zu treffenden Transportsicherungsmaßnahmen müssen für jeden Anwendungsfall (größere Wandhöhen/Tür- und Fensteröffnungen / Giebelschrägen etc.) sachgerecht und eigenverantwortlich ergänzt bzw. modifiziert werden.

Die für die Standardprüfung notwendigen Kennwerte müssen im Rahmen der Großversuche durch Versuch 1 bestimmt werden, falls für diese Mauersteinart nicht bereits entsprechende Ergebnisse vorliegen oder aus durchgeführten Versuchen mit anderen Mauersteinarten hergeleitet werden können. Aus dem gemessenen Impuls B ergeben sich gemäß Tabelle 1a, Spalten 3 bis 6 Ersatzstoßbeanspruchungen, die einen Korrekturfaktor $\kappa = 1/0,7$ zur Berücksichtigung der Versuchsstreuung und den Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,0$ zur Anpassung an das Sicherheitsniveau bei Ansatz von Ergebnissen nach statistischer Auswertung mit Vertrauensintervall 95 % beinhalten.

3.3.2 Geräte und Hilfsmittel

- Transportsystem für Fertigbauteile, das dem für die Praxis vorgesehenen System entspricht,
- Brücken- oder Portalkran mit einer Fahrgeschwindigkeit von 40 m/min,
- Freier Anfahrtsweg, so dass beim Anfahren an die Prüfeinrichtung eine Geschwindigkeit von 40 m/min gewährleistet ist (erfahrungsgemäß ist ein Weg von etwa 15 m erforderlich),
- Anprallvorrichtung zur Einleitung des Stoßimpulses in das Fertigbauteil gem. Abb. 3,
- Anprallvorrichtung mit Kraftmessdosen zur Impulsmessung gemäß Versuch 1 (siehe Abb. 4),
- Messwerterfassungsanlage zur Aufnahme, Darstellung und Auswertung der Kraft-Zeitfunktion,
- Längenmessgerät, Messgenauigkeit 1 mm,
- Waage, Messgenauigkeit 1 g.

Ballast
(z.B. Betonblock)

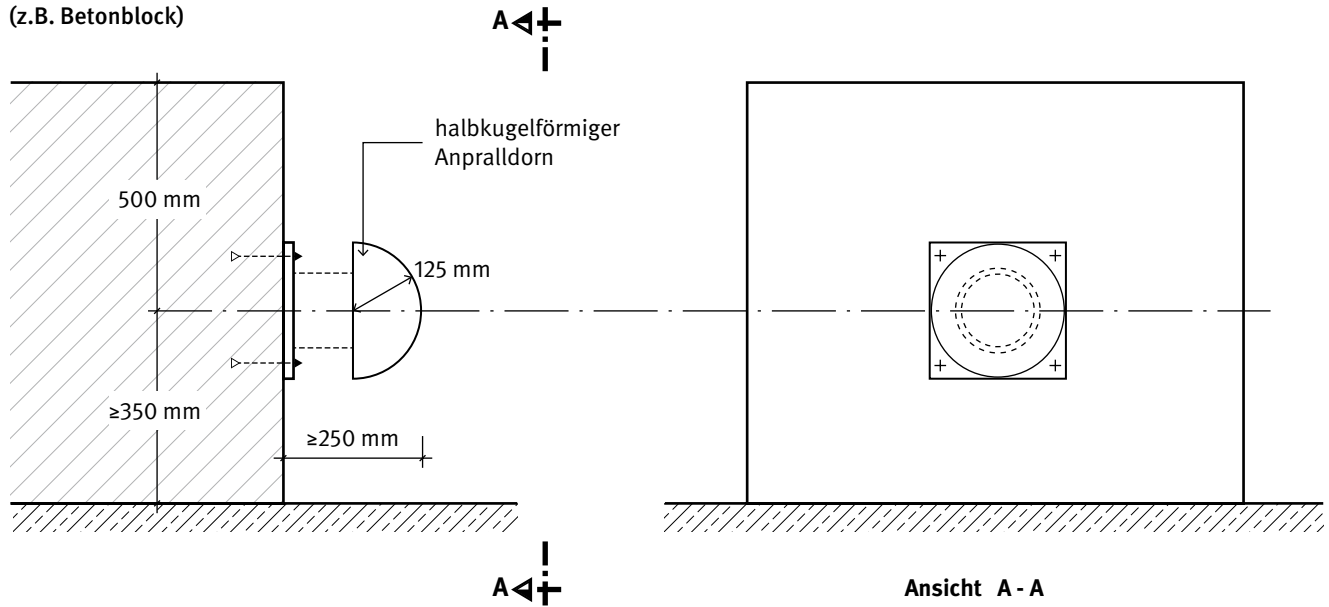


Abb. 3 Anprallvorrichtung unverschieblich gehalten

Ballast
(z.B. Betonblock)

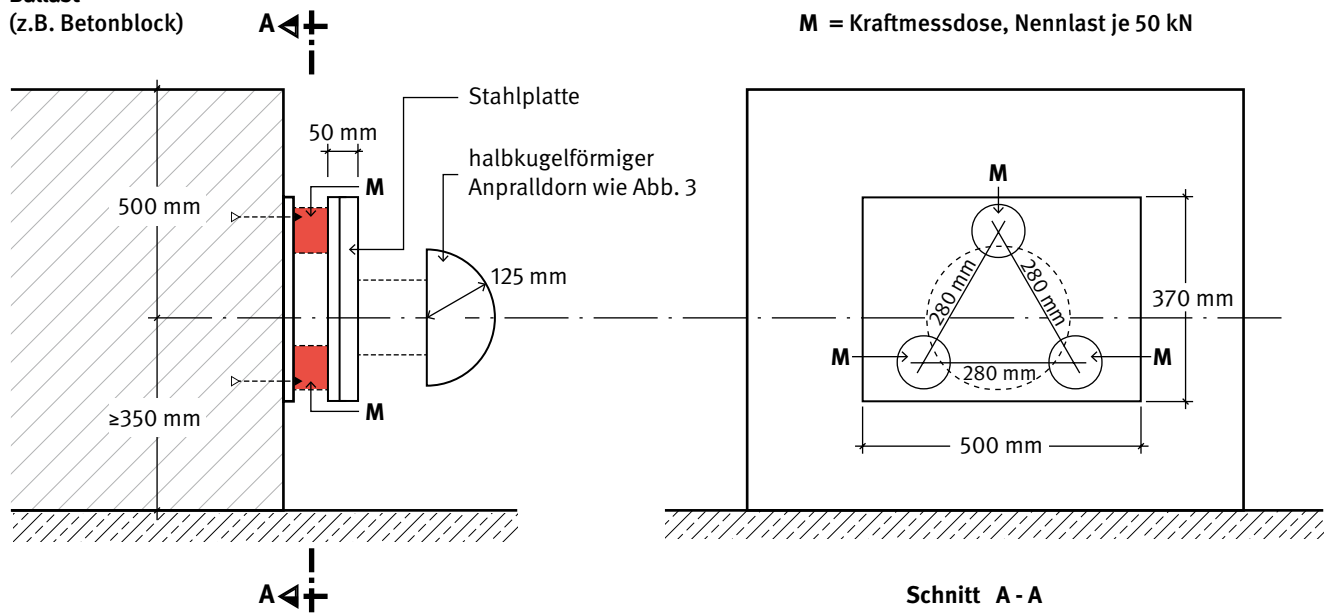


Abb. 4 Anprallvorrichtung mit Kraftmessdosen, unverschieblich gehalten

3.3.3 Prüfkörper

3.3.3.1 Maße und Anzahl

Versuch 1 (Eckanstoß zur Impulsmessung):

1 Wand ohne Öffnungen,
für die zukünftige Herstellung vorgesehene Maximallänge, Höhe 2,75 m.

Versuch 2 (Wandmitte):

1 Wand ohne Öffnungen,
für die zukünftige Herstellung vorgesehene Maximallänge, Höhe 2,75 m.

Versuch 3 (Eckbereiche):

1 Wand ohne Öffnungen,
für die zukünftige Herstellung vorgesehene Maximallänge, Höhe 2,75 m,
ganze Steine als untere Ecksteine an einer Wandecke und halbe Steine oder Sondersteine als untere Ecksteine an der anderen Wandecke, nur sofern die Ecksteine nicht flächig umschlossen sind (siehe Abs. 3.3.5, letzter Absatz).

Eine Kombination der Versuche 1 bis 3 ist zulässig. Reservewände sind ggf. zusätzlich zu bereitzustellen.

3.3.3.2 Herstellung und Lagerung

Die Herstellung des Prüfkörpers aus Mauerwerk erfolgt in Anlehnung an DIN 1053-4. Sie muss der vorgesehenen Ausführungsart entsprechen, allerdings immer als volle Wandscheibe ohne Öffnungen.

Der Verband des Prüfkörpers ist normgerecht auszuführen. Die beiden Ecksteine sollen für die Versuchsdurchführung nicht durch Transporteinrichtungen gehalten sein, sofern eine derartige Halterung nicht ausdrücklich für die spätere Anwendung vorgesehen ist. Die Stoßfugenausbildung muss der vorgesehenen Ausführungsart entsprechen. Zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Sicherung gegen Stoßbeanspruchung sind im Prüfbericht zu dokumentieren.

Bis zur Prüfung sind die Prüfkörper durch geeignete Maßnahmen vor zu starker Austrocknung zu schützen.

3.3.3.3 Prüffalter

Das Prüffalter soll der Zeitspanne zwischen zukünftiger Herstellung und erstem Transport zur Baustelle entsprechen. Es beträgt im Regelfall vier Tage. Wird davon abgewichen, ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

3.3.4 Durchführung der Prüfung

Der Prüfkörper wird mit dem für die Praxis vorgesehenen Transportsystem angehoben und mit einer Krangeschwindigkeit von 40 m/min transportiert. Die Länge des Anfahrtsweges ist so zu wählen, dass beim Anfahren an die Prüfeinrichtung eine Geschwindigkeit von 40 m/min gewährleistet ist.

Die in Abschnitt 3.3.2 beschriebenen Geräte zur Einleitung des Stoßimpulses in das Fertigbauteil werden so aufgestellt, dass die Lage des Anstoßpunktes sich wie folgt ergibt:

- **Versuch 1** (Impulsmessung):
Mitte des Ecksteines der untersten Schicht; je Wandtyp sind mindestens 2 auswertbare Impulsmessungen erforderlich. Bei mehrfachem Anstoßen des gleichen Eckbereiches ist für den Messwert der jeweils erste Stoß maßgebend.

- **Versuch 2** (mittiger Anstoß):

Für den ersten Stoß:

in der untersten Steinschicht, in der der Wandmitte nächstgelegenen Stoßfuge auf halber Steinhöhe;

Für den zweiten Stoß:

im Schnittpunkt der Stoßfuge mit der Lagerfuge wie für den ersten Stoß, jedoch oberhalb der untersten Steinschicht.

Hinweis: Der zweite Anstoß ist nur dann erforderlich, wenn bei Trennung der Wandscheibe in zwei oder mehrere Teile die Gefahr des Absturzes eines Wandteiles offensichtlich erfolgen kann.

- **Versuch 3** (Eckanstoß):

Für den ersten Stoß:

Mitte des Ecksteines der untersten Schicht;

Für den zweiten Stoß:

Äußerer Viertelpunkt des Ecksteines der untersten Schicht.

Halbe Steine oder Sondersteine als Ecksteine sind – sofern diese Prüfung erforderlich wird (siehe unten) – an der gegenüberliegenden Wandecke angeordnet. Der Prüfkörper wird in diesem Fall um 180° gedreht und die Prüfung des anderen Ecksteines an folgenden Punkten durchgeführt:

Für den ersten und zweiten Stoß:

Mitte des Ecksteines der untersten Schicht.

Falls durch zusätzliche Sicherungsmaßnahmen die Ecksteine an Lager- und Kopfseite flächig umschlossen werden, z. B. mit Gewebe, darf auf die Prüfung mit halben Steinen oder Sondersteinen verzichtet werden.

3.4 Auswertung und Beurteilung

3.4.1 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss für jeden Prüfkörper folgende Angaben enthalten:

- Mauersteine gemäß entsprechender technischer Spezifikation.
- Mörtel gemäß entsprechender technischer Spezifikation.
- Druck- und Biegezugfestigkeit des Mörtels zum Zeitpunkt der Prüfung.
- Art des Mauerwerksverbandes, Stoßfugenausführung des Prüfkörpers sowie Art und Lage der Aufhängungen und ggf. der Bewehrung.
- Maße des Prüfkörpers.
- Alter des Prüfkörpers.
- Fotografische Dokumentation der dem Stoß ausgesetzten Steine einschließlich der angrenzenden Wandbereiche vor und nach der Stoßbelastung.
- Beurteilung des Prüfkörpers nach Abschnitt 3.4.2.
- bei den Versuchen herabgefallene Bruchstücke sind gegebenenfalls nach Anzahl, Masse und Größe aufzulisten.
- zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung gegen Stoßbeanspruchung müssen im Prüfbericht dokumentiert sein.
- Maß der Auslenkung bei Prüfung nach Abs. 3.2.
- Messwerte des Stoßimpulses bei Prüfung nach Abs. 3.3, Großversuch 1.
- Besonderheiten, z. B. Rissbildungen.

3.4.2 Beurteilung

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn nach Durchführung der Stoßbelastungen sämtliche Transporteinrichtungen und zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen funktionsfähig sind und weder Wandteile, noch Einzelsteine, noch Teilstücke von Steinen herabgefallen sind, welche eine Gefährdung von Personen darstellen können.

Bei der Durchführung von Großversuch/Versuch 2 (mittiger Anstoß) werden nur diejenigen Teile berücksichtigt, die durch den ersten Stoß herabgefallen sind.

Kleine Absplitterungen bis zu einer Kantenlänge von 50 mm mit einer Masse $\leq 0,15$ kg führen nicht zu einer negativen Beurteilung des Versuches. Absplitterungen mit Kantenlängen größer als 50 mm sind zulässig, wenn die Masse maximal 0,15 kg beträgt. Störungen im Wandgefüge, z. B. Risse, führen nicht zu einer negativen Beurteilung.

4 Prüfung und Beurteilung von Mauerwerksprüfkörpern unter Lochleibungsbeanspruchung

4.1 Anwendungsbereich

Beim Einsatz von Aufhängungen mit Tragbolzen für den Transport von vorgefertigten Mauertafeln wird das Eigengewicht der Mauertafeln über Stahlbolzen in den Steinquerschnitt eingeleitet. Dieser DGUV Grundsatz dient zur Ermittlung der Versagenslast des durch Lochleibung beanspruchten Mauerwerksprüfkörpers sowie der Ableitung der zulässigen Anhängelast.

4.2 Bezeichnungen

- a Mindestabstand
- l Länge des Prüfkörpers
- d Breite des Prüfkörpers = Steinbreite (Wanddicke)
- h_p Höhe des Prüfkörpers
- t_f Fugendicke
- h_{st} Höhe des Steins
- d_B Durchmesser des verwendeten Stahlbolzens 28 mm
- d_L Bohrlochdurchmesser 32 mm ($d_L = d_B + 4$)
- F_u Versagenslast (Höchstlast) in kN
- zul F_A zulässige Anhängelast in kN

Alle Längenmaße in mm.

4.3 Geräte

Zur Durchführung der Prüfungen sind notwendig:

- Eine geeignete Prüfeinrichtung, deren Einrichtung zur Messung der Kraft regelmäßig kalibriert wird, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen nach Tabelle 2 entspricht.
- Die Prüfeinrichtung muss über eine angemessene Belastungskapazität verfügen. Der Messbereich der Prüfeinrichtung muss so beschaffen sein, dass die Versagenslast des Prüfkörpers bei mehr als einem Fünftel des gesamten Messbereichs liegt. Die Prüfeinrichtung muss mit einem Belastungsregler oder ähnlichem ausgestattet sein, um die Last mit der festgelegten Geschwindigkeit aufbringen zu können.
- ein biegesteifer Lasteinleitungsrahmen gemäß Abb. 5,
- Stahlbolzen mit einem Durchmesser $d_B = 28$ mm aus 42 CrMo4V, DIN EN 10293 „Stahlguss-Stahlguss für allgemeine Anwendungen“ in Verbindung mit DIN EN ISO 683-2:2018-09 „Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle – Teil 2: Legierte Vergütungsstähle (ISO 683-2:2016), Werkstoff-Nr. 1.7225.

Tabelle 2 Anforderungen an die Prüfeinrichtung (Kraftmesseinrichtung)

Maximal zulässiger Wiederholungsbereich der Kräfte in (%) der angezeigten Kraft	Maximal zulässiger mittlerer Fehler der Kräfte in (%) der angezeigten Kraft	Maximal zulässiger Fehler in (%) der Höchstkraft des Bereiches
1,2	± 2,0	± 0,2

4.4 Prüfkörper

4.4.1 Abmessungen

Die Prüfkörper müssen den Angaben in Tabelle 3 bzw. in Abb. 5 entsprechen.

Tabelle 3 Abmessungen der Prüfkörper

Länge l	Breite d	Höhe h_p
1 Steinlänge	1 Steinbreite	$> 1 \frac{1}{2} * h_{st}$

4.4.2 Anzahl

Es sind mindestens sechs Prüfkörper zu untersuchen.

4.4.3 Prüfalter

Das Prüfalter soll der zukünftigen Zeitspanne zwischen Herstellung und erstem Transport (Verladevorgang) entsprechen. Es beträgt im Regelfall vier Tage. Wird davon abgewichen, ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

4.4.4 Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprüfkörper

Vor dem Vermauern ist in den oberen Stein des Prüfkörpers ein Bohrloch mit dem Durchmesser $d_L = 32$ mm mittels eines Kernbohrgerätes einzubringen. Das Bohrloch muss horizontal auf halber Steinhöhe an der Stelle des geringsten Nettoquerschnittes angebracht werden. Sofern der Transport mit Ankerstäben erfolgt, die in der Mittelachse der Mauertafeln in vertikalen Bohrungen angeordnet werden, liegt der geringste Nettoquerschnitt in der Regel im Bereich dieser Bohrungen. Die knirsch auszuführende Stoßfuge der unteren Steinschicht ist exakt unterhalb der horizontalen Bohrung anzuordnen (siehe Abb. 5).

Die Unterseite des Prüfkörpers muss eben und rechtwinklig zur Richtung der Last sein. Sie ist mit Mörtel abzugleichen, falls dies in der einschlägigen Stoffnorm für die Prüfung der Steindruckfestigkeit gefordert wird.

Die Herstell- und Lagerungsbedingungen der Mauerwerksprüfkörper sollen mit denen im Herstellwerk vergleichbar sein, sofern diese das Tragverhalten des Transportsystems beeinflussen können. Bis zur Prüfung sind die Prüfkörper durch geeignete Maßnahmen vor dem Austrocknen zu schützen.

4.5 Prüfungen

4.5.1 Ermittlung der Baustoffkennwerte

4.5.1.1 Mauersteine

An den Mauersteinen sind alle – für die Prüfung der Lochleibungsbeanspruchung relevanten – Eigenschaften nach der jeweils gültigen Norm zu bestimmen. Handelt es sich um Mauersteine nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung /allgemeinen Bauartgenehmigung, sind die darin enthaltenen Bestimmungen bei der Ermittlung der Mauersteineigenschaften zu beachten.

4.5.1.2 Mauermörtel

Von den verwendeten Mörteln sind die Frischmörtelkennwerte nach DIN EN 1015-3 und DIN EN 1015-6 sowie die Festmörtelkennwerte nach DIN EN 1015-10 und DIN EN 1015-11 zu bestimmen und im Prüfbericht anzugeben. Die Festmörtel Eigenschaften sind zum Zeitpunkt der Prüfung der Systemtragfähigkeit sowie im Alter von 28 d zu bestimmen.

4.5.2 Prüfung der Systemtragfähigkeit

Der freie Abstand zwischen Lasteinleitungsrahmen und Stein darf 15 mm nicht unterschreiten (siehe Abb. 5).

Die Prüfkörper sind mit einer Laststeigerung von 0,1 kN/s gemäß Abb. 5 zu belasten. Die Höchstlast (Versagenslast) F_u ist erreicht, wenn keine weitere Zunahme der Last zu verzeichnen ist oder der Verschiebungsweg des Bolzens 5 mm übersteigt.

4.6 Ableitung zulässiger Anhängelasten zu F_A

Überschreitet die Druckfestigkeit der bei der Prüfung verwendeten Mauersteine die Mindestanforderungen der gültigen Mauersteinnorm an die Mauersteindruckfestigkeit, sind die ermittelten Versagenslasten F_u angemessen abzumindern. Liegen keine genaueren Erkenntnisse vor, darf der Einfluss der Mauersteindruckfestigkeit auf die Versagenslast F_u näherungsweise linear berücksichtigt werden.

Bezogen auf das Mauerwerk errechnet sich die zulässige Anhängelast zu F_A aus dem Kleinstwert der ermittelten Versagenslasten F_u abgemindert um einen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,3$ sowie um einen Hublastbeiwert $\psi = 1,3$ zur Berücksichtigung dynamischer Beanspruchungen aus dem Kranbetrieb.

$$\text{zul } F_A = \frac{\min F_u}{\gamma \cdot \psi} = \frac{\min F_u}{1,3 \cdot 1,3}$$

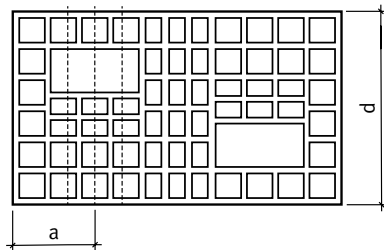
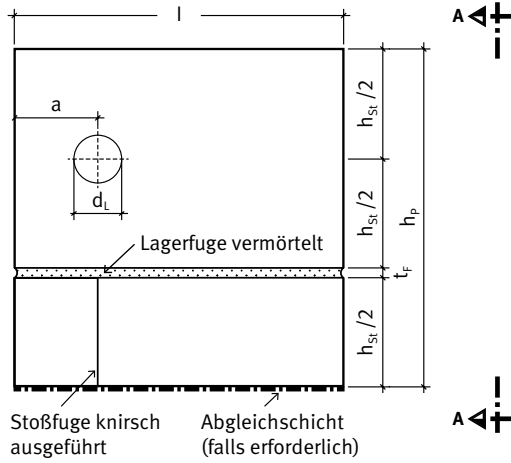
Ist die Versagensart eine andere als Mauerstein- bzw. Mauerwerkversagen, z. B. Versagen des Bolzens, sind die im Versuch ermittelten Versagenslasten bei der Festlegung von zul. F_A ebenfalls zu berücksichtigen.

4.7 Prüfbericht

Folgende Angaben sind in den Prüfbericht aufzunehmen:

- Art und Bezeichnung der Mauersteine gemäß der einschlägigen Stoffnorm bzw. technischer Spezifikation,
- Bezeichnung des verwendeten Mörtelart gemäß DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412 oder DIN 18580,
- Beschreibung der Mauerwerksprüfkörper und deren Herstellung sowie Angabe der Prüfkörpermaße,
- Herstell- und Lagerungsbedingungen,
- Alter der Prüfkörper bei der Prüfung,
- Mauersteinkennwerte,
- Frisch- und Festmörtelkennwerte,
- Höchstlast (Versagenslasten) F_u (Einzelwerte und Mittelwert),
- Art des Bruches,
- zulässige Anhängelast zu F_A .

Seitenansicht



Draufsicht

Lage des Bohrloches im Bereich
des geringsten Nettoquerschnittes
Mindestabstand $a \geq 1/4 l$
 $\geq 60 \text{ mm}$

Ansicht A - A

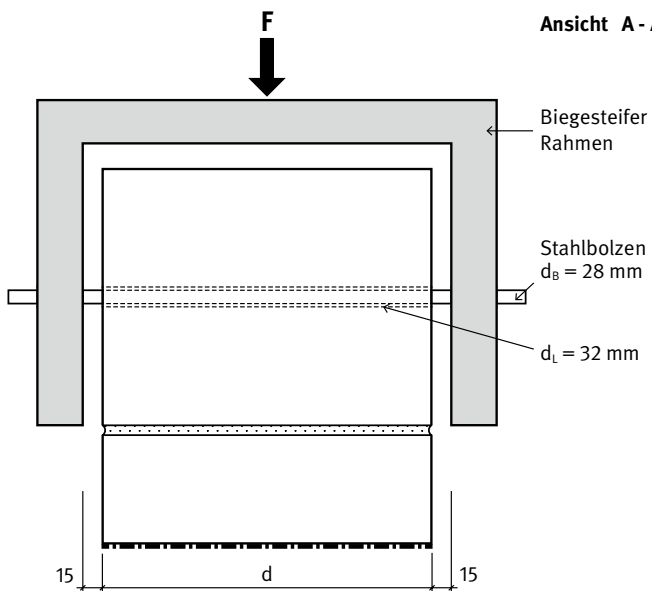


Abb. 5
Prüfkörper

5 Prüfung und Beurteilung der zulässigen Verankerungslast von vermörtelten Transportankern in Mauerwerksprüfkörpern

5.1 Anwendungsbereich

Beim Transport mit vermörtelten Transportankern wird das Eigengewicht der Mauertafeln über den Verbund zwischen vertikalem Lochkanal und Füllmörtel sowie Füllmörtel und Transportanker in die Transportanker eingeleitet. Dieser DGUV Grundsatz dient zur Ermittlung der Versagenslast des durch Zug beanspruchten Transportankers, bei praxisgerechtem Einbau in einer Mauertafel sowie der Ableitung zulässiger Ankerlasten. Die Prüfung der Verbindungen, z. B. Schlaufen, zur Lastaufnahmeinrichtung ist nicht mit erfasst. Die zulässige Tragfähigkeit dieser Bauteile bzw. Bauteilverbindungen ist nach den dafür geltenden Regeln vom Hersteller nachzuweisen und zu deklarieren.

5.2 Bezeichnungen

- l Länge des Prüfkörpers
- d Breite des Prüfkörpers = Steinbreite (Wanddicke)
- h_p Höhe des Prüfkörpers
- l_{st} Länge des Mauersteins
- d_s Durchmesser des verwendeten Transportankers
- l_L Länge des Lochkanals
- d_L Breite des Lochkanals
- F_u Versagenslast (Höchstlast) in kN
- F_A Verankerungslast in kN
- zul F_A zulässige Verankerungslast in kN
- Δ Schlupf (Verschiebung) am unbelasteten Ende des Transportankers.

Alle Längenmaße in mm.

5.3 Geräte

Zur Durchführung der Prüfungen sind notwendig:

- eine geeignete Prüfeinrichtung, deren Vorrichtung zur Messung der Kraft regelmäßig kalibriert wird, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen nach Tabelle 4 entspricht.
- Die Prüfeinrichtung muss über eine angemessene Belastungskapazität verfügen. Der Messbereich der Prüfeinrichtung muss so beschaffen sein, dass die Versagenslast des Prüfkörpers bei mehr als einem Fünftel des gesamten Messbereichs liegt. Die Prüfeinrichtung muss mit einem Belastungsregler oder ähnlichem ausgestattet sein, um die Last mit der festgelegten Geschwindigkeit aufbringen zu können. Eine Prüfeinrichtung ist beispielhaft in Abb. 6 dargestellt.
- Transportanker mit einer Einrichtung zur Befestigung der Messstelle zur Bestimmung des Schlupfes (Verschiebung) Δ am unbelasteten Ende des Ankers. Eine Befestigungseinrichtung ist in Abb. 8 beispielhaft dargestellt.

Tabelle 4 Anforderungen an die Prüfeinrichtung (Kraftmesseinrichtung)

Maximal zulässiger Wiederholungsbereich der Kräfte in (%) der angezeigten Kraft	Maximal zulässiger mittlerer Fehler der Kräfte in (%) der angezeigten Kraft	Maximal zulässiger Fehler in (%) der Höchstkraft des Bereiches
1,2	± 2,0	± 0,2

5.4 Prüfkörper

5.4.1 Abmessungen

Ein Prüfkörper besteht aus einem Transportanker der in einem repräsentativen Ausschnitt einer Mauertafel (Mauerwerksprobekörper) verankert ist. Die Länge l eines Prüfkörpers muss mindestens einer Steinlänge l_{st} entsprechen. Die Höhe h_p des Prüfkörpers entspricht der Verankerungslänge des Transportankers.

Es dürfen mehrere Prüfkörper in einem Mauerwerksprobekörper vereint werden, wenn sich die Prüfkörper hinsichtlich der Versagenslasten und/oder der Versagensart gegenseitig nicht beeinflussen.

5.4.2 Anzahl

Je zu untersuchende Variante sind mindestens drei Verankerungsprüfkörper zu untersuchen.

5.4.3 Prüfalter

Das Prüfalter soll der zukünftigen Zeitspanne zwischen Herstellung und erstem Transport (Verladevorgang) entsprechen. Es beträgt im Regelfall vier Tage. Wird davon abgewichen, ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

5.4.4 Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprüfkörper

Die Mauerwerksprobekörper (Mauertafelausschnitte) sind in einer Prüfhalle aufzumauern. Die Bedingungen während der Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprobekörper sollen mit denen im Herstellwerk vergleichbar sein. Weichen die Herstell- und Lagerungsbedingungen von DIN 1053-4 ab, ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

Die Mauersteine zur Herstellung der Mauerwerksprobekörper sind so vorzubehandeln, wie dies auch im Herstellwerk vorgesehen ist und mit dem für die Herstellung der Mauertafel vorgesehenen Mörtel zu vermauern.

Die Herstellung der Mörtel – insbesondere des Füllmörtels – ist im Prüfbericht zu beschreiben. Die Anforderungen in DIN 1053-4:2018-05 Abs. 5.3.2 und Abs. 9.2.2.2 sind zu beachten.

Die erste Steinlage der Mauerwerksprobekörper ist so zu errichten, dass die zu verfüllenden Lochkanäle von unten her frei zugänglich sind. Vor dem Verfüllen sind die Lochkanäle nach unten hin, z. B. durch ein Schalungsbrett, abzudichten, welches gegebenenfalls über eine Bohrung verfügt um die Einrichtung zur Befestigung der Messstellen hindurch zu führen (vergleiche Abb. 7).

Zwischen der Fertigstellung der Probekörper und dem Einbau der Transportanker in die Lochkanäle sollte ein praxisüblicher Zeitraum eingehalten werden.

Die Transportanker sind mittig in die dafür vorgesehenen Lochkanäle einzuführen und mit Füllmörtel zu verfüllen. Der Füllmörtel ist hierzu im Regelfall mit einem geeigneten Gefäß am oberen Ende der Lochkanäle einzufüllen und gegebenenfalls durch Stochern mit dem Transportanker zu verdichten. Zum Verdichten ist der Transportanker vertikal um mindestens 50 mm anzuheben.

Wird im Herstellwerk ein besonderes Verfahren zum Einbringen des Füllmörtels angewendet, welches mit der händischen Verfüllung nicht vergleichbar ist, ist dieses auch für die Herstellung der Prüfkörper anzuwenden und im Prüfbericht zu beschreiben.

Zur späteren Bestimmung der Mörteldruckfestigkeit im Lochkanal sind die Lochkanäle von mindestens zwei gesonderten Mauersteinen mit demselben Füllmörtel (selbe Mischung) zu verfüllen, der auch für das Verfüllen der Prüfkörper verwendet wurde. Die hierfür verwendeten Mauersteine sind in gleicher Weise vorzubehandeln, wie die Mauersteine für die Errichtung der Mauerwerksprobekörper. Sie sind bis zur Prüfung neben den Verankerungsprüfkörpern zu lagern.

5.5 Prüfungen

5.5.1 Ermittlung der Baustoffkennwerte

5.5.1.1 Mauersteine

An den Mauersteinen sind alle – für die Verankerungsprüfung relevanten – Eigenschaften nach der jeweils gültigen Norm zu bestimmen. Handelt es sich um Mauersteine nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung/allgemeinen Bauartgenehmigung, sind die darin enthaltenen Bestimmungen bei der Ermittlung der Mauersteineigenschaften zu beachten.

5.5.1.2 Mauer- und Füllmörtel

Von den verwendeten Mörteln sind die Frischmörtelkennwerte nach DIN EN 1015-3 „Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel (mit Ausbreittisch)“, DIN EN 1015-6 „Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel“, DIN EN 1015-7 „Bestimmung des Luftgehaltes von Frischmörtel“ sowie die Festmörtelkennwerte nach DIN EN 1015-10 „Bestimmung der Trockenrohddichte von Festmörtel“, DIN EN 1015-11 „Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel“ zu bestimmen und im Prüfbericht anzugeben. Bei dem Mauermörtel ist es ausreichend, die Kennwerte von einer repräsentativen Mischung zu ermitteln. Bei dem Füllmörtel sind die Frisch- und Festmörtelkennwerte jeder Mischung zu ermitteln.

Die Festmörteleigenschaften sind zum Zeitpunkt der Verankerungsprüfung sowie im Alter von 28 d zu bestimmen.

An mindestens 10 Prüfkörpern des im Lochkanal erhärteten Füllmörtels ist die Druckfestigkeit nach DIN 18555-9 „Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Teil 9: Festmörtel; Bestimmung der Fugendruckfestigkeit“, Verfahren III, in Füllrichtung zu bestimmen. Die Prüfkörper sind aus den Lochkanälen der gesondert verfüllten Mauersteine trocken herauszusägen. Der Querschnitt der Füllmörtelprüfkörper soll näherungsweise dem des Lochkanals entsprechen, die Prüfkörperdicke soll 12 mm bis 15 mm betragen.

5.5.2 Prüfungen am Transportanker

An den Transportankern sind die Querschnittswerte und die Zugfestigkeit (falls entsprechende Nachweise des Herstellers nicht vorliegen) sowie alle weiteren – für die Verankerungsprüfung relevanten – Eigenschaften zu bestimmen.

5.5.3 Verankerungsprüfung

Vor der Prüfung ist die Prüfeinrichtung (siehe Beispiel in Abb. 6) an das obere Ende der Transportanker anzukoppeln. Zwischen Widerlager der Prüfeinrichtung und der Oberseite der Prüfkörper ist gegebenenfalls eine dünne Ausgleichsschicht, z. B. Gips, zur gleichmäßigen Lasteinleitung anzuordnen.

Die Verankerungsprüfung ist last geregelt durchzuführen. Es ist eine konstante Belastungsgeschwindigkeit zu wählen, so dass, z. B. bei Transportankern aus Stahl, die Streckgrenze oder ein vergleichbarer Wert – eine entsprechende Verankerungswirkung vorausgesetzt – nach 300 s erreicht wird.

Bei der Verankerungsprüfung ist neben der Verankerungskraft auch der Schlupf Δ am unbelasteten Ende des Transportankers zu messen. Hierzu ist eine Messstelle am Transportanker zu befestigen, zwischen der die Verschiebung zur Prüfkörperoberfläche mit Wegaufnehmern gemessen wird. Eine mögliche Anordnung der Wegaufnehmer ist in Abb. 8 dargestellt.

Die Verankerungskraft F_A und der Schlupf Δ sind kontinuierlich aufzuzeichnen.

Die Belastung ist mindestens bis zum Erreichen der Streckgrenze (bei Transportankern aus Stahl) oder eines vergleichbaren Wertes bzw. bis zum Erreichen der Höchstlast zu steigern. Die maßgebende Versagensart ist für jeden Prüfkörper festzuhalten und im Prüfbericht anzugeben.

5.6 Ableitung der zulässigen Verankerungslast F_A

Die zulässige Verankerungslast F_A errechnet sich aus dem Kleinstwert der im Versuch ermittelten Höchstlasten F_u , abgemindert um einen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 3,0$. In dem globalen Sicherheitsbeiwert γ ist bereits ein Hublastbeiwert $\psi = 1,3$ zur Berücksichtigung dynamischer Beanspruchungen aus dem Kranbetrieb beinhaltet.

$$zul F_A = \frac{\min F_u}{\gamma} = \frac{\min F_u}{3,0}$$

5.7 Prüfbericht

Folgende Angaben sind in den Prüfbericht aufzunehmen:

- Art und Bezeichnung der Mauersteine gemäß der einschlägigen Stoffnorm bzw. technischer Spezifikation,
- Bezeichnung des verwendeten Mauermörtels gemäß DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412 oder DIN 18580,
- Bezeichnung des verwendeten Füllmörtels analog DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412 oder DIN 18580,
- Beschreibung der Transportanker,
- Beschreibung des Mischvorgangs beim verwendeten Füllmörtel,
- Beschreibung der Mauerwerksprobekörper und deren Herstellung,
- Herstell- und Lagerungsbedingungen,
- Abmessungen des Probe- bzw. der Prüfkörper,
- Herstell- und Lagerungsbedingungen,
- Alter der Prüfkörper bei der Prüfung,
- Mauersteinkennwerte,
- Frisch- und Festmörtelkennwerte,
- Kennwerte der Transportanker,
- Versagenslasten F_u (Einzelwerte und Kleinstwert),
- Schlupf Δ_u bei Erreichen von F_u ,
- Art des Versagens, z. B. Stahlversagen, Steinversagen, Mörtelversagen,
- zulässige Verankerungslast F_A .

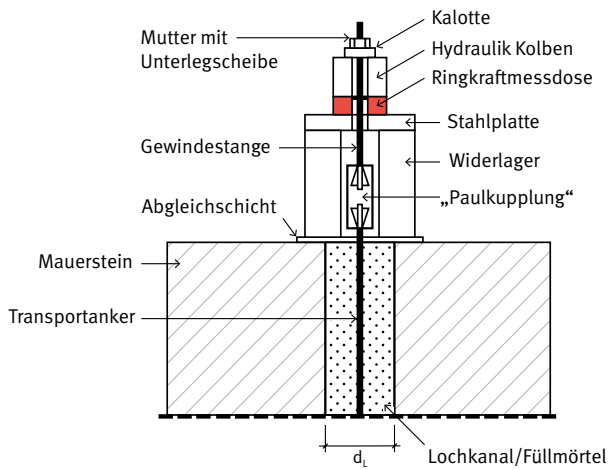


Abb. 6 Beispiel für Prüfeinrichtung, Längsschnitt

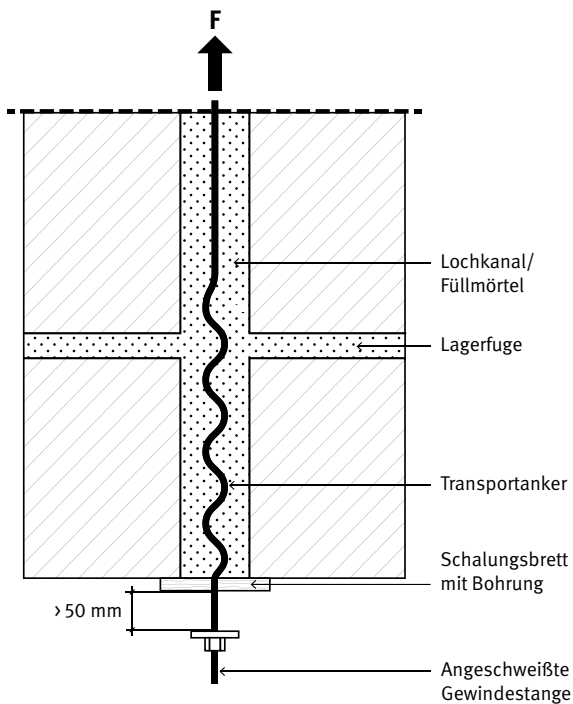


Abb. 7 Beispiel eines Transportankers mit angeschweißter Gewindestange zur Befestigung der Messstellen zum Messen des Schlupfes am unbelasteten Ende

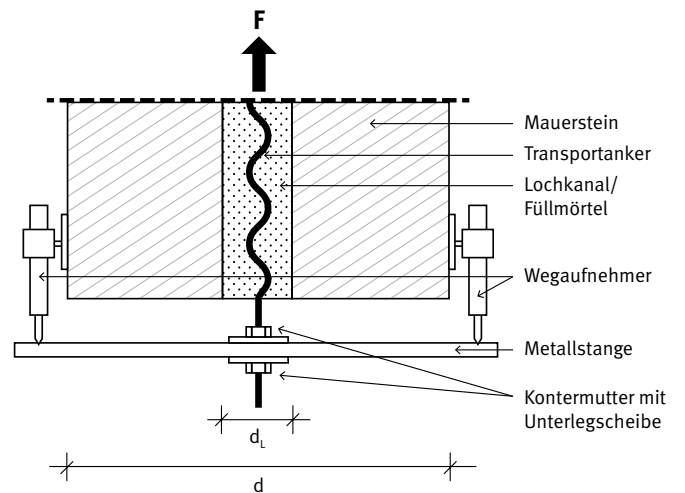


Abb. 8 für Anordnung der Wegaufnehmer, Querschnitt

6 Prüfung und Beurteilung von Mauerwerksprüfkörpern beim Einsatz von metallischen und nichtmetallischen Hebebändern zur Verwendung als Aufhängung in Transportsystemen

6.1 Anwendungsbereich

Beim Transport von Mauertafeln mit Hebebändern – metallischen wie nicht metallischen – wird das Eigengewicht des Fertigteils am Fußpunkt anteilig in die einzelnen Bänder eingeleitet. Dieser DGUV Grundsatz dient zur Ermittlung der Versagenslast der Mauerwerkskörper bzw. des durch Zug beanspruchten Transportsystems mit Hebebändern, bei praxisgerechter Anwendung als Aufhängung von Mauertafeln sowie der Ableitung zulässiger Anhängelasten. Dieser DGUV Grundsatz beschreibt nicht die alleinige Prüfung der Hebebänder oder einzelner Teile des Transportsystems, wie Klemmverbindungen, Schlaufen, Kantenschutzwinkel o. Ä. sondern die Prüfung des Systems.

6.2 Bezeichnungen

- l Länge des Prüfkörpers
- d Breite des Prüfkörpers = Steinbreite (Wanddicke)
- h_p Höhe des Prüfkörpers
- h_{st} Höhe des Mauersteins
- t_f Fugendicke
- b_B Breite des Hebebands
- F_u Versagenslast (Höchstlast) in kN
- zul F_A zulässige Anhängelast in kN.

Alle Längenmaße in mm.

6.3 Geräte

Zur Durchführung der Prüfungen sind notwendig:

- eine geeignete Prüfeinrichtung, deren Vorrichtung zur Messung der Kraft regelmäßig kalibriert wird, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen nach Tabelle 5 entspricht.
- Die Prüfeinrichtung muss über eine angemessene Belastungskapazität verfügen. Der Messbereich der Prüfeinrichtung muss so beschaffen sein, dass die Versagenslast des Prüfkörpers bei mehr als einem Fünftel des gesamten Messbereichs liegt. Die Prüfeinrichtung muss mit einem Belastungsregler oder ähnlichem ausgestattet sein, um die Last mit der festgelegten Geschwindigkeit aufbringen zu können.

Tabelle 5 Anforderungen an die Prüfeinrichtung (Kraftmesseinrichtung)

Maximal zulässiger Wiederholungsbereich der Kräfte in (%) der angezeigten Kraft	Maximal zulässiger mittlerer Fehler der Kräfte in (%) der angezeigten Kraft	Maximal zulässiger Fehler in (%) der Höchstkraft des Bereiches
1,2	± 2,0	± 0,2

6.4 Prüfkörper

6.4.1 Abmessungen

Ein Prüfkörper besteht aus einer Probe des Hebebandes einschließlich Stoßverbindung (z. B. mittels Crimphülsen), gegebenenfalls besonderen Lastaufnahmeeinrichtungen (z. B. Kantenschutzwinkel) und einem Mauerwerksprüfkörper als repräsentativen Ausschnitt der Mauertafel.

Länge l und Breite b des Mauerwerksprüfkörpers entsprechen der Länge bzw. der Breite eines Mauersteins. Bei Mauersteinen mit einer Höhe < 498 mm entspricht die Höhe des Prüfkörpers mindestens der Höhe von $1\frac{1}{2}$ Mauersteinen zzgl. der Dicke einer Lagerfuge.

Bei Mauersteinhöhen ≥ 498 mm stimmt die Mindestprüfkörperhöhe mit der Mauersteinhöhe überein.

Hinweis: Die Prüfkörperhöhe h_p muss so gewählt werden, dass die Stoßverbindung der Bänder (z. B. zwei oder drei Crimphülsen) an einer Seite des Prüfkörpers einen ausreichenden Abstand (≥ 100 mm) zum Ende des biegesteifen Rahmens bzw. zur Steinoberseite des Prüfkörpers (vgl. Abb. 9) aufweist. Ansonsten sind die Bandstöße getrennt zu prüfen.

6.4.2 Anzahl

Je zu untersuchende Variante sind mindestens drei Prüfkörper zu untersuchen.

6.4.3 Prüfalter

Das Prüfalter soll der zukünftigen Zeitspanne zwischen Herstellung und erstem Transport (Verladevorgang) entsprechen. Es beträgt im Regelfall vier Tage. Wird davon abgewichen, ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

6.4.4 Herstellung und Lagerung der Mauerwerksprüfkörper

Die Mauerwerksprüfkörper sind in einem Labor auf einer ebenen, horizontalen Fläche herzustellen.

Bei Mauersteinen mit einer Höhe < 498 mm ist der Mauerwerksprüfkörper, wie in Abb. 9 beispielhaft gezeigt, herzustellen. Die Stoßfuge der unteren Steinlage muss dabei so angeordnet werden, dass sie in der Verlängerung senkrecht auf die durch das Hebeband zu belastende Fläche des schwächsten Querschnittes im oberen Stein des Mauerwerksprüfkörpers zeigt.

Für die Herstellung ist der im Herstellwerk zur Verwendung kommende Mauermörtel oder gegebenenfalls ein vergleichbarer Mauermörtel zu verwenden.

Bei einer Steinhöhe ≥ 498 mm besteht der Mauerwerksprüfkörper mindestens aus einem ganzen Mauerstein. Hinsichtlich der Mindesthöhe des Prüfkörpers ist der Hinweis unter Abs. 6.4.1 zu beachten.

Die Herstell- und Lagerungsbedingungen der Mauerwerksprüfkörper sollen mit denen im Herstellwerk vergleichbar sein, sofern diese das Tragverhalten des Transportsystems beeinflussen können.

6.5 Prüfungen

6.5.1 Ermittlung der Baustoffkennwerte

6.5.1.1 Mauersteine

An den Mauersteinen sind alle – für die Prüfung des Transportsystems relevanten – Eigenschaften nach der jeweils gültigen Norm zu bestimmen. Handelt es sich um Mauersteine nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung / allgemeinen Bauartgenehmigung, sind die darin enthaltenen Bestimmungen bei der Ermittlung der Mauersteineigenschaften zu beachten.

6.5.1.2 Mauermörtel

Von den verwendeten Mörteln sind die Frischmörtelkennwerte nach DIN EN 1015-3 und DIN EN 1015-6 sowie die Festmörtelkennwerte nach DIN EN 1015-10 und DIN EN 1015-11 zu bestimmen und im Prüfbericht anzugeben. Die Festmörtelkennwerte sind zum Zeitpunkt der Prüfung der Systemtragfähigkeit sowie im Alter von 28 d zu bestimmen.

6.5.2 Prüfungen am Hebeband

Am Hebeband sind die Querschnittswerte, die Zugfestigkeit und die Zugbruchdehnung sowie alle weiteren – für die Prüfung der Systemtragfähigkeit relevanten – Eigenschaften zu bestimmen, falls entsprechende Nachweise des Bandherstellers nicht zur Verfügung stehen.

6.5.3 Prüfung der Systemtragfähigkeit

Es ist stets eine praxismgerechte Einleitung der Kräfte aus der Prüfeinrichtung in die Hebebänder und von dort in den Mauerwerksprüfkörper anzustreben. Ist dies nicht möglich, sind Einzelprüfungen mit aus Hebebändern herausgetrennten Bandstücken (Proben) einschließlich deren Verbindungen durchzuführen. In diesem Fall ist vor der Prüfung eine entsprechende Anzahl Proben so vorzubereiten und die Ankopplung an die Prüfeinrichtung so zu wählen, dass die Mauerwerksprüfkörper durch das Band praxismgerecht beansprucht werden.

Der Mauerwerksprüfkörper muss so in die Prüfeinrichtung eingebaut werden, dass er durch das Hebeband an der Stelle des geringsten Nettoquerschnitts (ggf. unter Verwendung von Kantenschutzwinkeln) belastet wird. Vorgegebene Mindestabstände zu den Stirnflächen des Mauersteins sind zu berücksichtigen.

Die Haltekräfte (Auflagerkräfte) müssen als Druckkräfte in den Mauerwerksprüfkörper eingeleitet werden (siehe Abb. 9). Zwischen dem Widerlager der Prüfeinrichtung und der Oberfläche des Prüfkörpers ist gegebenenfalls eine dünne Ausgleichsschicht, z. B. Gips, zur gleichmäßigen Lasteinleitung anzuordnen.

Die Prüfung ist last geregelt durchzuführen. Es ist eine konstante Belastungsgeschwindigkeit zu wählen, so dass die Zugfestigkeit des Hebebändes – eine entsprechende Tragfähigkeit aller weiteren Systemkomponenten vorausgesetzt – nach 300 s erreicht wird.

Die Belastung ist bis zum Erreichen der Versagenslast (Höchstlast) zu steigern. Die maßgebende Versagensart ist für jeden Prüfkörper festzuhalten und im Prüfbericht anzugeben.

6.6 Ableitung zulässiger Anhängelasten zul. F_A

Überschreitet die Druckfestigkeit der bei der Prüfung verwendeten Mauersteine die Mindestanforderungen der gültigen Mauersteinnorm an die Mauersteindruckfestigkeit, sind die ermittelten Versagenslasten F_u angemessen abzumindern. Liegen keine genaueren Erkenntnisse vor, darf der Einfluss der Mauersteindruckfestigkeit auf die Versagenslast F_u näherungsweise linear berücksichtigt werden.

Bezogen auf das Mauerwerk errechnet sich die zulässige Anhängelast zul. F_A aus dem Kleinstwert der ermittelten Versagenslasten F_u , abgemindert um einen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,3$ sowie um einen Hublastbeiwert $\psi = 1,3$ zur Berücksichtigung dynamischer Beanspruchungen aus dem Kranbetrieb.

$$\text{zul } F_A = \frac{\min F_u}{\gamma \cdot \psi} = \frac{\min F_u}{1,3 \cdot 1,3}$$

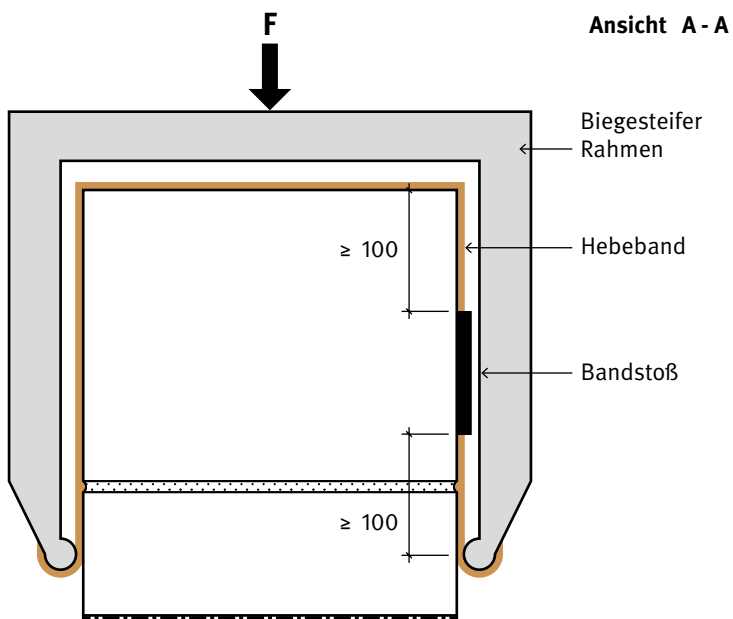
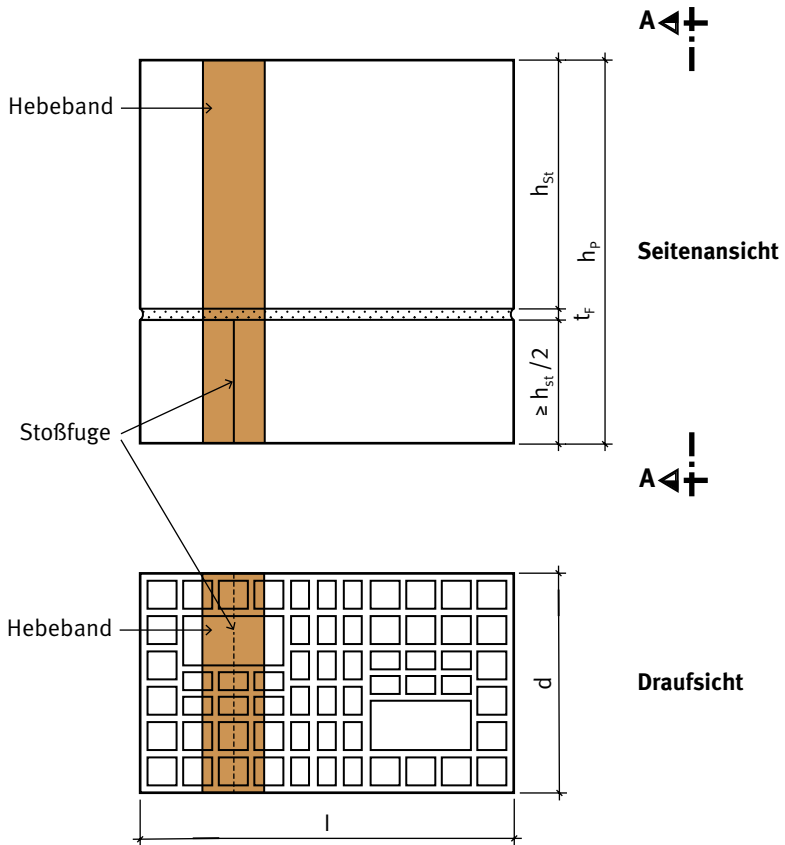
Ist die Versagensart eine andere als Mauerstein- bzw. Mauerwerkversagen (z. B. Versagen des Bandes), sind die im Versuch ermittelten Versagenslasten unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte für die an der Versagensart beteiligten Komponenten (z. B. Flachstahlband) bei der Festlegung von zul. F_A ebenfalls zu berücksichtigen.

Hinweis: Bei Anwendung der zulässigen Anhängelasten für die Bemessung der Bandabstände ist zu beachten, dass Vorspannkkräfte (s. u.) und Eigenlasten der Wände sich überlagern.

6.7 Prüfbericht

Folgende Angaben sind in den Prüfbericht aufzunehmen:

- Art und Bezeichnung der Mauersteine gemäß der einschlägigen Stoffnorm bzw. technischer Spezifikation.
- Bezeichnung des verwendeten Mauermörtels gemäß DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412 oder DIN 18580.
- Art und Bezeichnung der Hebebänder gemäß Herstellerangaben und der gegebenenfalls geltenden einschlägigen Norm.
- Beschreibung des Transportsystems einschließlich anzubringender Formteile am Kopf- und Fußpunkt der Mauertafel.
- Beschreibung der Mauerwerksprüfkörper und deren Herstellung sowie Angabe der Prüfkörpermaße.
- Herstell- und Lagerungsbedingungen.
- Alter der Prüfkörper bei der Prüfung.
- Mauersteinkennwerte.
- Frisch- und Festmörtelkennwerte gemäß DIN EN 1015-3 und DIN EN 1015-6 sowie DIN EN 1015-10 und DIN EN 1015-11.
- Kennwerte der Hebebänder (Abmessungen, Zugbruchlast, Bruchdehnung).
- Höchstlasten (Versagenslasten) F_u (Einzelwerte und Kleinstwert).
- Art des Versagens, z. B. Steinversagen, Versagen des Hebebandes.
- zulässige Anhängelast zul. F_A .
- Hinweis, dass bei Anwendung der zulässigen Anhängelasten für die Bemessung der Bandabstände zusätzlich aufgebrachte Vorspannkkräfte und Eigenlasten der Wände sich überlagern.



Prüfkörper und Prüfeinrichtung
(Beispiel für Prüfkörperhöhe < 498 mm)

Abb. 9
Prüfkörper und Prüfeinrichtung
(Beispiel für Prüfkörperhöhe < 498 mm)

Literaturverzeichnis

1. Gesetze, Verordnungen

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger, unter www.dguv.de/publikationen
Bauordnungen der Bundesländer

Staatliche Vorschriften und Regeln:

- Arbeitsschutzgesetz
- Arbeitsstättenverordnung mit Arbeitsstättenregeln
- Betriebssicherheitsverordnung mit Technischen Regeln
- Gefahrstoffverordnung mit Technischen Regeln
- Baustellenverordnung mit zugehörigen Regeln
- Lärm- und Vibrationsverordnung
- TRBS 2121 „Gefährdung von Beschäftigten durch Absturz“
- Maschinenrichtlinie

2. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung – Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger, unter www.dguv.de/publikationen

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Vorschrift 3 bzw. 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 38 „Bauarbeiten“
- DGUV Vorschrift 52 bzw. 53 „Krane“
- DGUV Regel 100-500 bzw. 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“
- DGUV Regel 101-001 „Transportanker und -systeme von Betonfertigteilen“
- DGUV Regel 101-038 „Bauarbeiten“
- DGUV Regel 109-017 „Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb“

3. Normen

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH,
Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin
Telefon +49 30 2601-1331. Fax +49 30 2601-1260
Mail: kundenservice@beuth.de

Postanschrift

Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

- DIN EN 998-2:2017-02 Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 2: Mauermörtel
- DIN EN 1015-2:2007-05 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 2: Probenahme von Mörteln und Herstellung von Prüfmörteln
- DIN EN 1015-3:2007-05 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 3: Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel (mit Ausbreittisch)

- DIN EN 1015-6:2007-05 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 6: Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel
- DIN EN 1015-7:1998-12 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 7: Bestimmung des Luftgehaltes von Frischmörtel
- DIN EN 1015-10:2007-05 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 10: Bestimmung der Trockenrohichte von Festmörtel
- DIN EN 1015-11:2020-01 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 11: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel
- DIN 1053-4:2018-05 Mauerwerk – Teil 4: Fertigbauteile
- DIN 1053-41:2018-05 Mauerwerk – Teil 41: Konformitätsnachweis für Fertigbauteile nach DIN 1053-4
- DIN EN 1996-1-1:2013-02 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- DIN EN 1996-2:2010-12 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-2/NA:2012-01 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-2/NA/A1:2021-06 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk ; Änderung 1
- DIN EN 1996-3:2010-12 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten
- DIN EN 1996-3/NA:2019-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten
- DIN EN 10293:2015-04 Stahlguss – Stahlguss für allgemeine Anwendungen;
- DIN EN ISO 683-2:2018-09 Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle – Teil 2: Legierte Vergütungsstähle (ISO 683-2:2016);
- DIN EN 13155:2022-03 Krane – Sicherheit – Lose Lastaufnahmemittel;
- DIN 18555-9:2019-04 Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln – Teil 9: Bestimmung der Fugendruckfestigkeit von Festmörteln
- DIN 18580:2019-06 Baustellenmauermörtel
- DIN 20000-412:2019-06 Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 412: Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2:2017-02

Beiblatt

**zum DGUV Grundsatz 301-003
„Mauertafeln-Transportsysteme und
Sicherungsmaßnahmen“**

zugelassene und erprobte Systeme

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines	43
2 Transportsysteme	44
2.1 Aufhängungen	44
2.2 Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen	44
2.3 Aufhängungen mit Tragbolzen	46
2.4 Aufhängungen mit Hebebändern	48
2.4.1 Flachstahl- und Kunststoff-Hebebänder mit Kopfformteil	48
2.4.2 Flachstahl- und Kunststoff-Hebebänder mit Kopf-Traverse	49
2.4.3 Chemiefaser-Hebebänder	50
2.5 Transport auf Sockelelement	50
3 Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	52
3.1 Allgemeines	52
3.2 Transportbewehrung	52
3.2.1 Bewehrung in den Lagerfugen	52
3.2.2 Horizontale Umreifung mit Spannbändern	52
3.3 Sicherung der Wandecken	53
3.4 Zusätzliche Sicherung der untersten Steinschicht	54
4 Literaturnachweis Beiblatt	55
Anhang 1	
Zusammenstellung zugelassener und erprobter Mauertafeln mit Transport- und Sicherungsmaßnahmen	56
Tabelle 7 Mauertafeln hergestellt aus Ziegeln, mit Lagerfugen aus mineralischen Mörteln	56
Tabelle 8 Mauertafeln hergestellt aus Ziegeln, mit Lagerfugen aus PU-Kleber	59
Tabelle 9 Mauertafeln hergestellt aus Kalksandsteinen	60
Tabelle 10 Mauertafeln hergestellt aus Leichtbeton- und Betonsteinen	61
Tabelle 11 Mauertafeln hergestellt aus Porenbetonsteinen	62
Anhang 2	
Grundlagen der Eignungsprüfungen nach DGUV Grundsatz 301-003	63
Anhang 3	
Fertigbauteile aus Mauerwerk unter Stoßbeanspruchung	
Statistische Auswertung von Versuchsdaten aus Großversuchen	81

1 Allgemeines

Aus umfangreich durchgeführten Prüfungen an Mauertafeln, die unter Verwendung von Ziegeln, Kalksand-, Porenbeton- und Leichtbetonsteinen hergestellt waren, liegen Erfahrungen im Hinblick auf die Festlegung produktabgestimmter Transportsysteme und ggf. notwendiger zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen vor.

Diese Festlegungen sind im Wesentlichen bereits in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und allgemeinen Bauartgenehmigungen verankert. Die Eignung wird im Rahmen der Qualitätssicherung durch dafür anerkannte Stellen regelmäßig überprüft und erforderlichenfalls den Anforderungen in der Praxis angepasst.

Dieses Beiblatt zum DGUV Grundsatz 301-003 [1] enthält im Anhang eine Zusammenstellung und Kurzbeschreibung bereits zugelassener sowie erprobter Systeme, bei deren Anwendung unter Einhaltung der dort genannten Randbedingungen auf weitere Nachweise im Rahmen von Eignungsprüfungen i.d.R. verzichtet werden kann.

Sofern die Mauertafel also die Anforderungen der Norm DIN 1053-4 [2] erfüllt **und** Transport- und Sicherungsmaßnahmen diesem Beiblatt ggf. mit geringfügigen Änderungen entsprechen, darf – unter zusätzlicher Berücksichtigung der bauaufsichtlichen Anforderungen – die Freigabe für die Anwendung ohne weitere Eignungsprüfungen erfolgen.

2 Transportsysteme

2.1 Aufhängungen

Beim Verladen und bei der Montage von Fertigbauteilen aus Mauerwerk erfolgt der Krantransport mit Hebezeug; dazu gehören einerseits die Krantraverse und zum anderen Aufhängungen, die unmittelbar mit dem Fertigbauteil verbunden sind.

Lastaufnahme- und Anschlagmittel, einschließlich Eigenbauten, müssen gemäß DGUV Regel 109-017 [3] den zum Zeitpunkt der erstmaligen Bereitstellung auf dem Markt gültigen Rechtsvorschriften entsprechen.

Zu beachten ist ggf. das Vorhandensein von:

- EG-Konformitätserklärung
- Kennzeichnung einschließlich CE-Zeichen
- Betriebsanleitung

Folgende Systeme sind in der Norm DIN 1053-4 [2] benannt und können daher als zulässig und erprobt betrachtet werden:

- Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen (9.2.2.2 der Norm)
- Aufhängungen mit Tragbolzen (9.2.2.3 der Norm)
- Aufhängungen mit Hebebändern (9.2.2.4 der Norm).

Die genannten Aufhängungssysteme sind in der Norm mit Anforderungen belegt, die vorrangig bautechnische Eigenschaften betreffen.

Zusätzlich zu den Aufhängungen müssen deshalb i. d. R. auch Sicherungsmaßnahmen geplant und angeordnet werden, die zum Ziel haben, Gefährdungen des Personals bei Transport und Montage zu minimieren. Derartige Maßnahmen sind in der Norm nicht enthalten; dafür ist verwiesen auf Eignungsprüfungen nach DGUV Grundsatz 301-003.

In den nachfolgenden Abschnitten 2.2 bis 2.4 sind zunächst Aufhängungssysteme beschrieben. Zusätzliche Sicherungssysteme enthält der Abschnitt 3.

2.2 Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen

DIN 1053-4:2018-05/Abs. 9.2.2.2

Bei Verwendung von Aufhängungen, deren Tragfähigkeit durch das Verbundverhalten zwischen Bewehrung und Mörtel im Vergusskanal bzw. durch das Verbundverhalten des Mörtels zum Vergusskanal beeinflusst wird, dürfen nur folgende Füllmörtel, in Abhängigkeit von den zu verfüllenden Mauersteinen, verwendet werden:

- Normalmauermörtel sowie Leichtmauermörtel LM 21 und LM 36 nach 5.3.1, für Mauertafelziegel nach 5.1;*
- Normalmauermörtel nach 5.3.1, für Kalksandsteine mit Vergusskanälen nach 5.1.*

Bei stark saugenden Steinen und/oder ungünstigen Umgebungsbedingungen ist ein vorzeitiger und zu hoher Wasserentzug aus dem Mörtel durch Vornässen der Steine einzuschränken. Der Füllmörtel muss fließfähig nach 5.3.2 sein.

Transportanker sind mittig im Vergusskanal einzubauen. Der Mörtel ist während des Füllvorgangs z. B. durch Stochern zu verdichten.

*Der Nachweis der Tragfähigkeit der Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen ist durch Eignungsprüfung zu erbringen.**

**Hinweise enthält dieser DGUV Grundsatz 301-003 „Prüfung und Beurteilung der Transport- und Montage-sicherheit von Fertigbauteilen aus Mauerwerk“, Ausgabe Juni 2024.*

Für diese Art der Aufhängung müssen Steine mit besonderer Formgebung (z. B. Mauertafelziegel) verwendet werden und spezielle Rundstäbe (Mauerwerksanker), die in vertikal durchlaufende Kanäle des vorgefertigten Mauerwerks eingelassen und mit Füllmörtel vergossen werden (Abb.10), so dass nach ausreichender Erhärtungsdauer (je nach Mörtelart 24 h, 2 Tage oder länger) Hebezeuge daran angeschlagen werden und die Mauertafel transportiert und montiert werden kann.

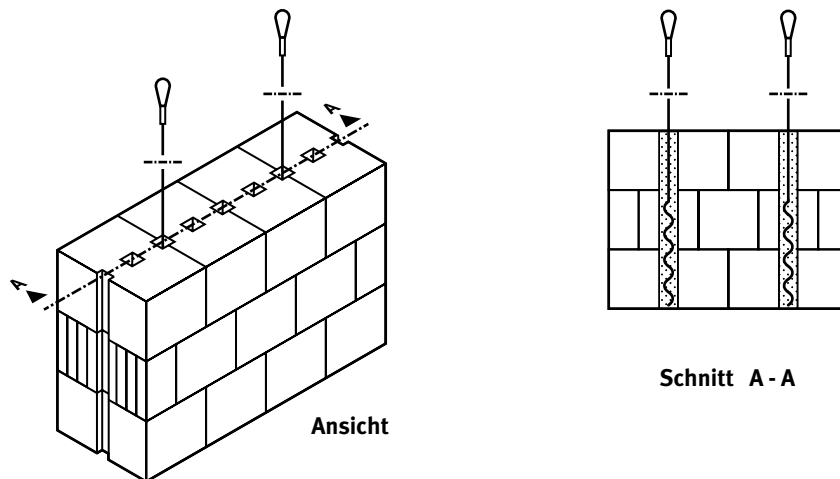


Abb. 10 Mauertafel mit Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen

Nachweise zur Bemessung der Tragkräfte von eingemörtelten Mauerwerksankern wurden vom Güteschutz Ziegelmontagebau e. V. in Zusammenarbeit mit Mörtel- und Ankerherstellern geführt und vom Sachverständigenrat „Fertigbauteile aus Mauerwerk“ im AK 7 der BG Bau für die praktische Anwendung freigegeben (siehe DGUV Grundsatz 301-003 [1] Abs. 5).

Zur Bestimmung der zulässigen Tragfähigkeit des Transportankers, abgeleitet aus den Versagenlasten wurde ein globaler Sicherheitsbeiwert mit $\gamma = 3,0$ festgelegt.

Damit ergeben sich die in der Tabelle 6 zusammengestellten zulässigen Tragkräfte für geschosshoch ($\geq 2,50$ m) einbindende Anker. Es ist zu beachten, dass sämtliche Nachweise mit den in der Tabelle angegebenen Mörtelprodukten und mit Mauerwerksankern der Firma Pfeifer geführt wurden, so dass die Übertragbarkeit auf andere Produkte im Einzelfall festzustellen ist.

Tabelle 6 Zulässige Ankerkräfte für geschosshohe Verankerung in Ziegelmauerwerk in Abhängigkeit von der Art und Festigkeit des Füllmörtels

Mörtel	Anker-Ø in mm	Mörtel-festigkeit in N/mm ²	Anker-Tragkraft in kN
NM IIa (quick-mix)	8	≤ 1,0	9,2
	10,12	≤ 1,5	14,4
LM 21 (Schwenk)	8	≤ 3,5	9,2
	10,12	≤ 5,6	14,4
LM 36 (quick-mix)	8; 10; 12	≤ 1,8	9,2

Mörtel	Alter in Tagen	Festigkeit in N/mm ²
NM IIa (quick-mix)	2	2,4
LM 21 (Schwenk)	2	4,7
	5	6,4
LM 36 (quick-mix)	2	1,4
	4	2,5

Für den Krantransport ist eine Ausgleichstraverse zu verwenden.

2.3 Aufhängungen mit Tragbolzen

DIN 1053-4:2018-05/Abs. 9.2.2.3

Bei Aufhängungen mit Tragbolzen wird der Bolzen als Lastaufnahmemittel durch ein Bohrloch im Fertigbauteil geführt und über zugehörige Aufhängungen mit der Traverse verbunden (siehe Abb. 11).

Steine dürfen nur vor dem Vermauern gebohrt werden. Zeigen sich nach dem Bohren Schäden am Stein, darf dieser nicht vermauert werden.

Stählerne Tragbolzen der Regelausführung haben einen Durchmesser von 28 mm und müssen als Lastaufnahmemittel für eine Tragfähigkeit von mindestens 15 kN bemessen sein.

Beim Heben mit Bolzen muss der Lochleibungsdruck vom Stein sicher aufgenommen werden können. Der Nachweis der Tragfähigkeit bei Lochleibungsbeanspruchung ist nach 9.1 zu führen bzw. muss für diese Steinart vorliegen.*

Bei Verwendung von Bolzen der Regelausführung sind als Randbedingungen zu berücksichtigen:

- a. der Bohrlochdurchmesser muss gegenüber dem Bolzendurchmesser um mindestens 4 mm vergrößert sein;
- b. als lichte Randabstände sind einzuhalten:
 - zur Lagerfuge mindestens 20 mm;
 - zur Stoßfuge mindestens 1/4 der Steinlänge, aber mindestens 60 mm;
 - zum Stirnende einer Mauertafel mindestens 100 mm.

* Hinweise enthält dieser DGUV Grundsatz 301-003 „Prüfung und Beurteilung der Transport- und Montagesicherheit von Fertigbauteilen aus Mauerwerk“, Ausgabe Juni 2024.

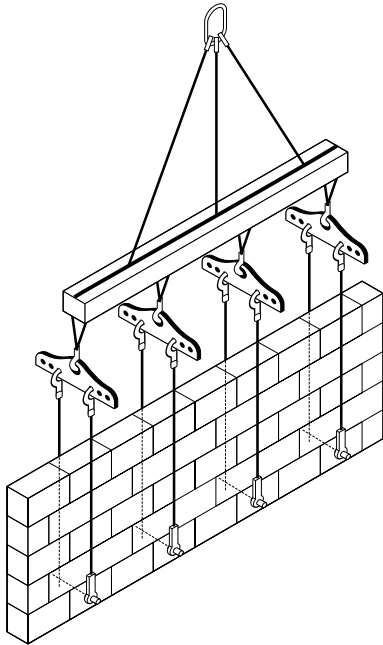


Abb. 11
 nach DIN 1053-4:2018-05/Abs. 9.2.2.3 –
 Aufhängung mit Tragbolzen in der
 untersten Steinschicht

In der Norm sind zunächst nur Anforderungen für dieses System festgelegt, die unmittelbar den Herstellungsprozess betreffen und die für die Lasteinleitung in das Mauerwerk relevant sind.

Zur Lastweiterleitung und zum Anschlagen an die Krantraverse können z. B. Kettengehänge verwendet werden, die an beiden Wandseiten zunächst am Tragbolzen und dann oberhalb des Wandkopfes in „Abstandswippen“ eingehängt werden (Bild 7 aus DIN 1053-4 [2]) oder auch Ankerstäbe mit Seilschlaufen am oberen und unteren Ende, die durch vertikale –für den Transport nicht notwendigerweise vermörtelte- Kanäle gesteckt werden, unten den Bolzen umfassen und oben an die Ausgleichstraverse angeschlagen werden (Abb. 12).

Die Tragfähigkeit der Aufhängung wird im Wesentlichen durch den aufnehmbaren Lochleibungsdruck der Steinwandungen bzw. Ziegelstege in Kontakt mit dem Bolzen bestimmt.

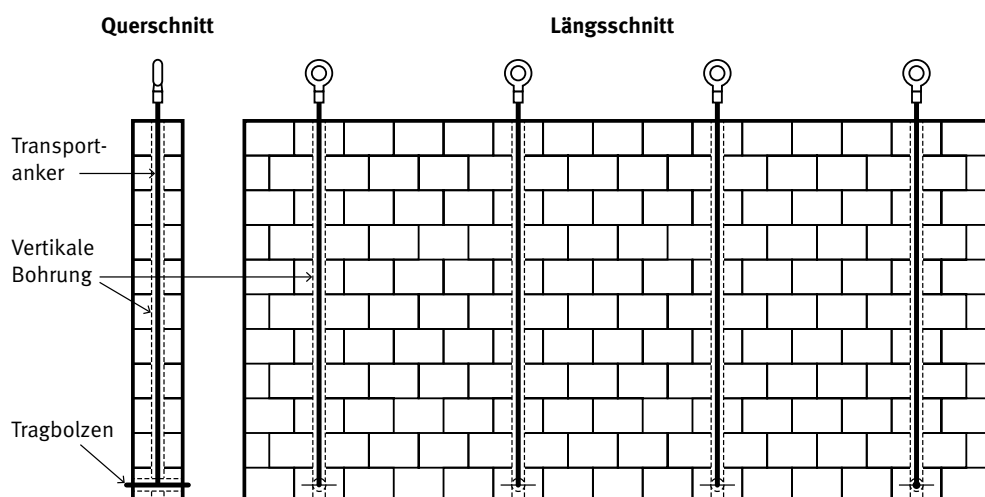


Abb. 12 Mauertafel mit Tragbolzen und Ankerstab

Aus diesem Grund wurden in der Norm insbesondere Festlegungen für eine Regelausführung des Bolzens und für die Geometrie und die Lage der Bohrlöcher in den Steinen -wie oben angegeben – getroffen.

Die dem einzelnen Aufhängepunkt zuzuweisende Einzellast F_L , die sich durch Division der Eigenlast des gesamten Bauteils durch die Anzahl der vorgesehenen Aufhängepunkte ergibt, muss kleiner oder gleich der zulässigen Anhängelast F_A des Steinmaterials sein, darf aber höchstens 15 kN betragen.

Die zulässige Anhängelast ist nach DGUV Grundsatz 301-003 [1], Abs. 4 an mindestens 6 Prüfkörpern je Steinart zu ermitteln.

Nachweise der Tragkräfte für unterschiedliche Steinarten wurden von Mitgliedern des Güteschutz Ziegelmontagebau e. V. geführt und liegen deren Zertifizierungsstelle vor.

2.4 Aufhängungen mit Hebebändern

DIN 1053-4:2018-05/Abs. 9.2.2.4

Bei Aufhängungen mit Hebebändern als Lastaufnahmemittel wird der Fuß des Fertigbauteils durch das Band umfasst.

Dabei muss durch Eignungsprüfung* nachgewiesen sein, dass die auftretenden Beanspruchungen im Lasteinleitungsbereich des Bauteils aufgenommen werden können.

*Hinweise enthält dieser DGUV Grundsatz 301-003 „Prüfung und Beurteilung der Transport- und Montagesicherheit von Fertigbauteilen aus Mauerwerk“, Ausgabe Juni 2024.

2.4.1 Flachstahl- und Kunststoff-Hebebänder mit Kopfformteil

Zum Transport werden die Mauertafeln mit den entsprechenden Hebebändern (metallisch oder nichtmetallisch) vertikal umreift.

Auf dem Wandkopf sind Formteile anzuordnen, über die die Flachstahlbänder geführt werden. Am Wandfuß sind an beiden Wandseiten unterhalb der Hebebänder Kantenschutzwinkel einzubauen, deren Eigenschaften mit den bei Prüfung der Anhängelasten verwendeten Winkel übereinstimmen müssen (s. Abb.13).

Die zulässigen Anhängelasten der Hebebänder müssen dem Hersteller für jede Materialkombination (Steinbreite, Steifigkeit, Rohdichteklasse, Lochbild und Kantenschutz) zur Verfügung stehen.

Für die Ermittlung der Lasten gilt der DGUV Grundsatz 301-003 [1] Abs. 6: „Prüfung und Beurteilung von Mauerwerkskörpern beim Einsatz von metallischen und nicht-metallischen Hebebändern beim Transport von Fertigbauteilen aus Mauerwerk“.

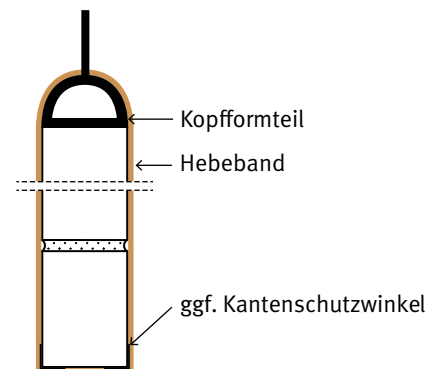


Abb. 13 Hebeband mit Kopfformteil

Bei Bemessung der Bandabstände ist zu beachten, dass Vorspannkkräfte und Eigenlasten der Wände sich überlagern.

Eignungsprüfungen sind erfolgt unter Verwendung von Flachstahlbändern

- SIGNODE Magnus 31,75 × 0,79 und 31,75 × 1,12 PW USLM und
- TITAN Hochleistungsband-Spezial 31,75 × 0,80 und 31,75 × 1,12 sowie dem Kunststoffband SIGNODE TENAX 2625 (32 × 1,27).

Der Umreifungsabstand darf höchstens 1,25 m betragen, die zulässigen Abstände an den Mauertafelrändern rechts und links betragen mindestens 100 mm und höchstens 250 mm. Die Bänder sind vorzuspannen.

Für den Krantransport ist eine Ausgleichstraverse zu verwenden.

2.4.2 Flachstahl- und Kunststoff-Hebebänder mit Kopf-Traverse

Für den Krantransport wird in diesem Fall ein spezielles Traversensystem, bestehend aus Kopf- und Krantraverse verwendet (s. Abb. 14).

Zum Transport werden die Mauertafeln mit Hebebändern (metallisch oder nichtmetallisch) wie in Abs. 2.4.1 beschrieben vertikal umreift. Auf dem Wandkopf wird aber hier anstelle des punktuell angeordneten Kopf-Formteils eine durchlaufende Kopf-Traverse zum Anschlag an die Krantraverse verwendet. Dabei muss jeder Haken der Krantraverse in die Anschlagpunkte der Kopf-Traverse eingehängt sein. Die Enden der Kopf-Traverse müssen die außen liegenden Hebebänder um mindestens 100 mm überragen.

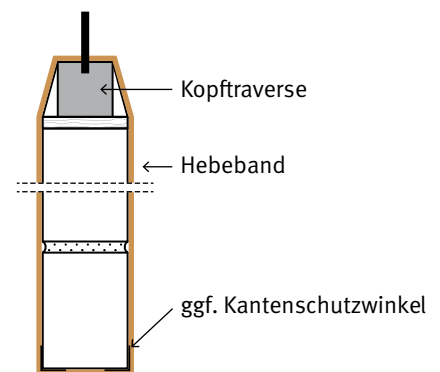


Abb. 14 Hebebänder mit Kopf-Traverse

Am Wandfuß sind – sofern nach Eignungsprüfung erforderlich – an beiden Wandseiten unterhalb der Hebebänder Kantschutzwinkel einzubauen, deren Abmessungen mit den bei Prüfung der Anhängelasten verwendeten Winkel übereinstimmen müssen.

Die zulässigen Anhängelasten der Hebebänder müssen dem Hersteller für jede Materialkombination (Steinbreite, Steinfestigkeit, Rohdichteklasse, Lochbild und Kantschutz) zur Verfügung stehen.

Für die Ermittlung der Lasten gilt hier ebenfalls der DGUV Grundsatz 301-003 [1] Abs. 6 (siehe Abs. 2.4.1).

Bei Bemessung der Bandabstände ist zu beachten, dass Vorspannkkräfte und Eigenlasten der Wände sich überlagern.

Eignungsprüfungen sind erfolgt unter Verwendung der RIMATEM-Vario-Traverse und den unter 2.4.1 benannten Flachstahlbändern.

Die angeordneten Hebebänder müssen die Kopf-Traverse vollständig umschließen. Der Umreifungsabstand darf höchstens 1,25 m betragen, die zulässigen Abstände an den Mauertafelrändern rechts und links betragen mindestens 100 und höchstens 250 mm. Die Bänder sind vorzuspannen.

2.4.3 Chemiefaser-Hebebänder

Zum Transport der Mauertafeln dürfen alternativ zu Flachstahl und Kunststoffhebebändern nach Abs. 2.4.1 auch Chemiefaser-Hebebänder nach DIN EN 1492-1 verwendet werden (s. Abb. 15).

Die Hebebänder und Bandschlingen müssen eine lesbare Kennzeichnung aufweisen, aus der die zulässige Traglast der Bänder hervorgeht. Bei Bemessung der Bandabstände ist zu beachten, dass neben der Traglast der Bänder auch die Beanspruchung der Steine am Wandfuß berücksichtigt werden muss. Insofern gilt auch hier für die Ermittlung der zulässigen Anhängelasten der vorgenannte DGUV Grundsatz 301-003, Abs. 6.

Die zulässigen Anhängelasten müssen dem Hersteller für jede Materialkombination (Steinbreite, Steifigkeit, Rohdichteklasse, Lochbild und Kantenschutz) zur Verfügung stehen.

Der Abstand der Hebebänder darf höchstens 1,25 m betragen, die zulässigen Abstände an den Mauertafelrändern rechts und links betragen mindestens 100 und höchstens 250 mm.

Für den Krantransport ist eine Ausgleichstraverse zu verwenden.

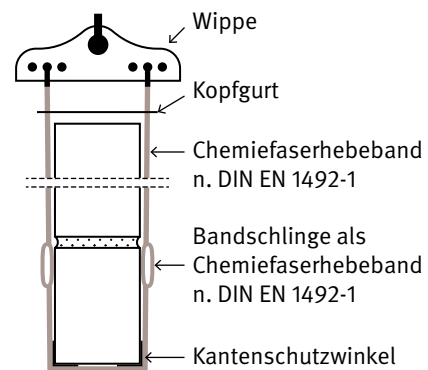


Abb. 15 Transport mit Chemiefaser-Hebebänder

2.5 Transport auf Sockelelement

Die Mauertafeln werden auf einem biegesteifen über die gesamte Mauertafellänge durchgehenden, bewehrten Sockelelement vorgefertigt. Dieses System ist in der Norm DIN 1053-4 [2] nicht explizit benannt. Es handelt sich um eine Erweiterung der Aufhängungssysteme mit Tragbolzen (Abs. 9.2.2.3 der Norm [2]) bzw. mit Hebebändern (Abs. 9.2.2.4), wobei die unterste Steinschicht der Mauertafel durch ein biegesteifes Tragelement ersetzt wurde.

Das Sockelelement besteht aus Stahlbeton oder aus Ziegelschalen, die bewehrt und mit Beton verfüllt werden (Abb. 17). Für Außenwände werden Sockel mit mittig angeordnetem Dämmkern oder alternativ mit außenliegendem Dämmkern verwendet (z. B. Thermo-Sockel gem. Abb. 18).

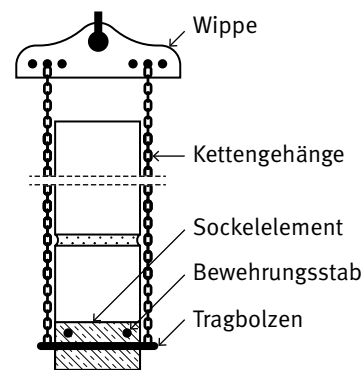


Abb. 16 Mauertafel auf Sockelelement mit Tragbolzen und Kettengehänge

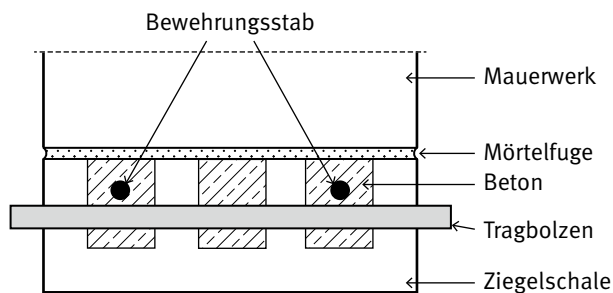


Abb. 17 Sockelelement für Innenwände

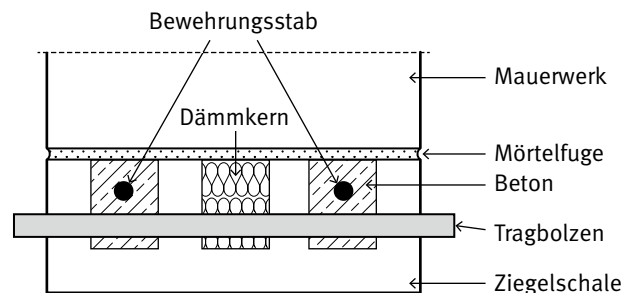


Abb. 18 Thermo-Sockel

Der Transport erfolgt durch Aufhängung der Sockelelemente mittels Tragbolzen $\varnothing 28$ mm entsprechend Abs. 2.3 und Abb. 16. Zur Aufnahme von Hüllrohren, deren Lage unterhalb der Längsbewehrung vorzusehen ist, werden Kernbohrungen in die Sockelelemente eingebracht. Für den Transport werden Tragbolzen in die Hüllrohre gesteckt und zur Lastweiterleitung bzw. zum Anschlagen an die Krantraverse können z. B. Kettengehänge verwendet werden, die an beiden Wandseiten zunächst am Tragbolzen und dann oberhalb des Wandkopfes in „Abstandswippen“ eingehängt werden (Abb. 16).

Die Tragfähigkeit der Aufhängung ist gemäß DGUV Grundsatz 301-003 [1], Abs. 4 für den aufnehmbaren Lochleibungsdruck des Betons bzw. der Ziegelwandungen in Kontakt mit dem Bolzen zu prüfen und der Abstand der Aufhängungen ist zu bemessen.

Der Höchstabstand beträgt 1,50 m und die dem einzelnen Aufhängepunkt zuzuweisende Einzellast F_L , die sich durch Division der Eigenlast des gesamten Bauteils durch die Anzahl der vorgesehenen Aufhängepunkte ergibt, muss kleiner oder gleich der zulässigen Anhängelast F_A nach Lochleibungsprüfung sein, darf aber höchstens 15 kN betragen.

3 Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen

3.1 Allgemeines

Die Funktionsfähigkeit und ausreichende Tragsicherheit der unter Abs. 2 beschriebenen Transportsysteme ist insbesondere bei Fertigbauteilen aus Mauerwerk für die Beurteilung der Transportsicherheit ein notwendiges aber für sich allein betrachtet kein hinreichendes Kriterium. Im Hinblick auf eine mögliche Stoßbeanspruchung beim Transportvorgang muss auch gewährleistet sein, dass keine Teile herunterfallen, die eine besondere Gefährdung darstellen. Als kritisch zu betrachten sind dabei die untersten Steinlagen der Mauertafeln, insbesondere an den Wandecken. Die Norm DIN 1053-4 [2] verweist auch in diesem Zusammenhang auf Eignungsprüfungen, die im DGUV Grundsatz 301-003 [1] veröffentlicht sind. Die Ergebnisse durchgeführter Prüfungen und daraus hervorgegangener zwischenzeitlich zugelassener und erprobter Sicherungsmaßnahmen zur Vermeidung derartiger Gefährdungen sind in den folgenden Abschnitten zusammengestellt.

3.2 Transportbewehrung

3.2.1 Bewehrung in den Lagerfugen

Der Zusammenhalt einer Mauertafel bei Einwirkung horizontaler Lasten durch Stoßbeanspruchung wird einerseits durch den Mauerwerksverband, d. h. durch den Versatz der Stoßfugen übereinanderliegender Schichten bewirkt und kann im Falle von Dickbettfugen durch eingebaute Bewehrung in den Lagerfugen zusätzlich verbessert werden. Die Norm DIN 1053-4 [2] fordert derartige Bewehrungen und zwar mindestens jeweils ein Bewehrungsstab $\varnothing 6$ mm im Fuß- und Kopfbereich einer Mauertafel (Abs. 8.2.1 der Norm).

Falls Plansteine verwendet werden, d. h. im Falle von Dünnbettfugen kann z. B. eine Gewebebewehrung als Alternative gewählt werden. Weil der Wandaufbau durch diese Maßnahme verändert wird, ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich. Derartige Nachweise wurden für Mauertafeln aus Ziegeln geführt. Einzubauen ist in diesem Fall ein gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung/allgemeiner Bauartgenehmigung festgelegtes Glasgittergewebe.

3.2.2 Horizontale Umreifung mit Spannbändern

Zur Kompensation von Stoßbeanspruchungen und zur Erhöhung der Transportsicherheit stellt die horizontale Umreifung der untersten Steinschicht einer Mauertafel mit einem oder zwei Spannbändern (siehe Abb. 19) einen gleichwertigen Ersatz der unter Abs. 3.2 beschriebenen Lagerfugenbewehrung dar. Bei Steinen mit Großlochung und geringer Dicke der Außenwandung ist erfahrungsgemäß die Anordnung von zwei Bändern sinnvoll, um zusätzlich das Herabfallen von größeren Bruchstücken beim Anprall zu verhindern.

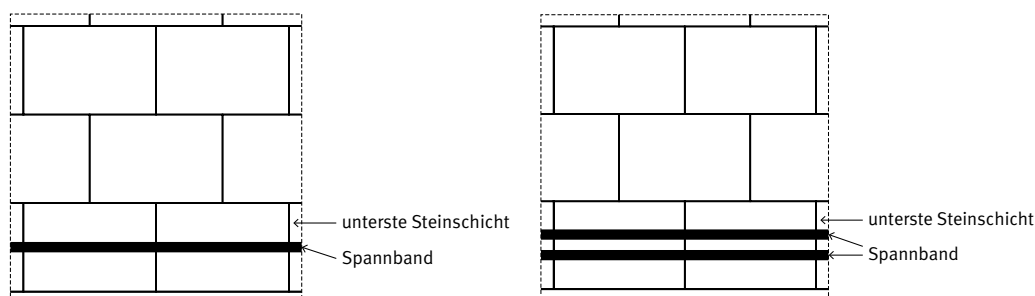


Abb. 19 a Umreifung mit einem Spannband

Abb. 19 b Umreifung mit 2 Spannbändern

Abb. 19 Horizontale Spannbänder um die unterste Steinschicht

Nachweise zur ausreichenden Funktionssicherheit und Verwendbarkeit dieser horizontalen Spannbänder als alternative Sicherungsmaßnahme im Sinne von DIN 1053-4 [2], Abs. 8.2.1 wurden durchgeführt mit folgenden Bandarten:

Metallische Bänder:

Flachstahlband SIGNODE MAGNUS 31,75 × 0,79 und 31,75 × 1,12 PW USLM

- Flachstahlband TITAN Lashing (U-H) Hochleistungsband-Spezial 31,75 × 0,80 und 31,75 × 1,12.

Nichtmetallische Bänder:

- Kunststoffband SIGNODE Tenax 2625 (32 × 1,27).

3.3 Sicherung der Wandecken

Die Ecksteine in der untersten Schicht der Mauertafeln werden nur durch den Haftverbund in der 1. Lagerfuge gehalten, wenn die Stirnseite der Mauertafel frei liegt. Eine zusätzliche Halterung der Ecksteine wird durch folgende Maßnahmen bewirkt:

- Anordnung von horizontalen Spannbändern um die unterste Steinschicht (siehe Abs. 3.2.2, Abb. 19).
- Bei bestimmten Steinarten kann es sinnvoll sein, unter dem Spannband ein Stirnbrett anzuordnen (Abb. 20). Dadurch werden beim Anprall Bruchstücke gehalten und zusätzlich auch die Steinkanten geschützt.
- Sofern die Gefahr besteht, dass sich ganze Steine lösen können und eine durchlaufende Gewebbahn nach Abs. 3.5 am Wandfuß angeordnet wird, kann diese Bahn auch an der Stirnseite der Wand über mindestens 2 Steinschichten hochgeführt und verspachtelt, oder in eine Lagerfuge eingebunden werden (Abb. 21).

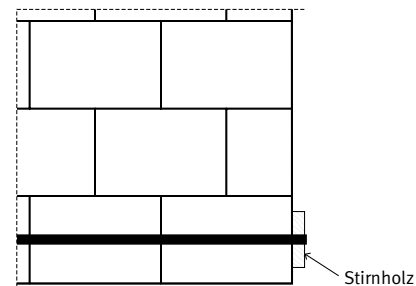


Abb. 20 Horizontales Spannband mit Stirnholz

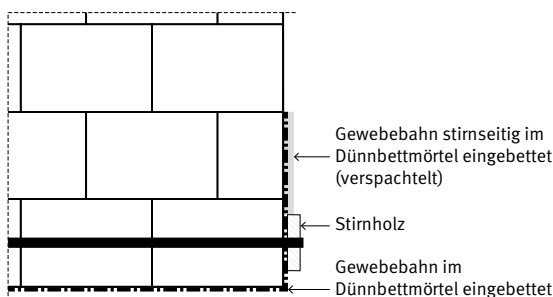


Abb. 21 a Gewebe verspachtelt

Abb. 21 Sicherung der untersten Steinschicht durch Gewebe

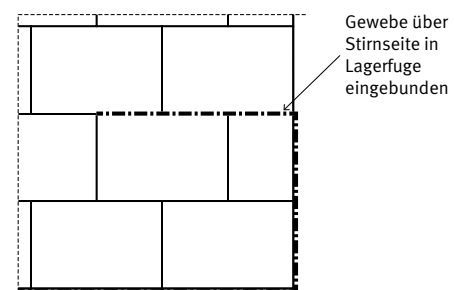


Abb. 21 b Gewebe eingebunden

3.4 Zusätzliche Sicherung der untersten Steinschicht

In bestimmten Fällen hat sich gezeigt, dass eine zusätzliche Halterung von Steinen der untersten Schicht erforderlich ist, weil der Haftverbund in der ersten Lagerfuge allein nicht die erforderliche Sicherheit gegen Herabfallen einzelner Steine gewährleisten kann. Dies gilt insbesondere für geringe Wanddicken, großformatige Steine und Steine hoher Rohdichte.

Diese zusätzliche Sicherung kann durch Anordnen einer Gewebe- oder Bitumenbahn erfolgen (Abb. 22) und mit der Sicherung der Ecksteine sinnvoll kombiniert werden (Abb. 20, Abb. 21a und 21b). Sofern es sich um Steine handelt, bei denen die Gefahr der Ablösung von Bruchstücken weitestgehend ausgeschlossen werden kann, sollte lediglich die Aufhängung so erfolgen, dass die Abstände der Halterung möglichst gering sind (siehe Abb. 23).

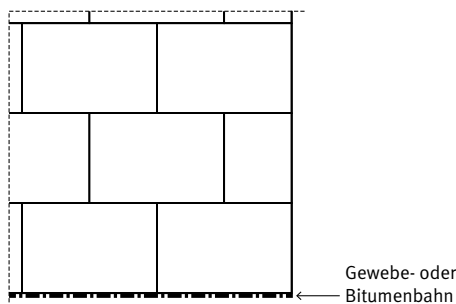


Abb. 22 Gewebe- oder Bitumenbahn am Wandfuß

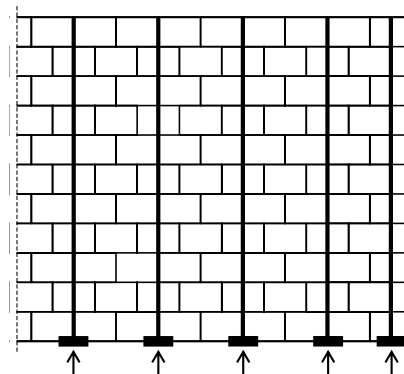


Abb. 23 Sicherung der Steine durch Hebebänder mit Kantenschutzwinkel

Bei Anordnung der Kantenschutzwinkel unter den Stoßfugen der untersten Steinschicht können je Aufhängung mindestens 2 Steine gegen Herabfallen gesichert werden, d. h. wenn die Hebebänder am Wandfuß in jeder 2. Stoßfuge angeordnet sind, ist jeder Stein der untersten Schicht gehalten.

In besonderen Fällen, in denen der Haftverbund der Steine untereinander besonders gut ist (z. B. durch Einsatz eines 2-Komponenten-Klebers) und wenn bei der mittigen Stoßbeanspruchung nach [1] Abs. 3.3 Trennrisse entstehen, ohne dass sich ganze Steine oder große Teile lösen und herunterfallen können, darf auf eine horizontale Umreifung der Mauertafeln verzichtet werden.

Voraussetzung ist dann allerdings, dass Bruchstücke mit unzulässig hohem Gewicht durch zusätzliche Maßnahmen gegen Herabfallen gesichert sind. Eine Sicherungsmöglichkeit ist das Umwickeln des Wandfußbereiches mit einer PE-LD-Stretchfolie (Abb. 24).

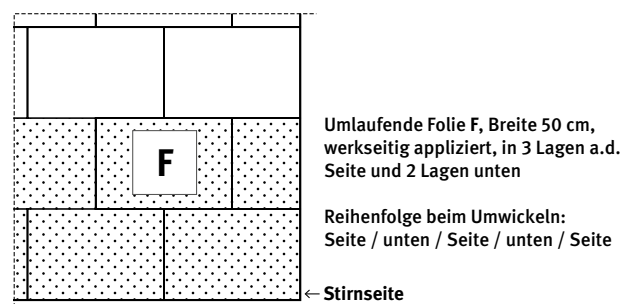


Abb. 24 Sicherung mit Stretchfolie

Umlaufende Folie F, Breite 50 cm, werkseitig appliziert, in 3 Lagen a.d. Seite und 2 Lagen unten
Reihenfolge beim Umwickeln: Seite / unten / Seite / unten / Seite

← Stirnseite

4 Literaturnachweis Beiblatt

- [1] DGUV Grundsatz 301-003 „Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln“
- [2] DIN 1053-4:2018-05 Mauerwerk; Teil 4: Fertigbauteile
- [3] DGUV Regel 109-017 „Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb“

Anhang 1

Zusammenstellung zugelassener und erprobter Mauertafeln mit Transport- und Sicherungsmaßnahmen

Tabelle 7 Mauertafeln hergestellt aus Ziegeln, mit Lagerfugen aus mineralischen Mörteln

Mauertafel Typ-Nr.	Mauersteine Ziegel	Transportsystem nach Beiblatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Technische Spezifikation
			Transportbewehrung	Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	Dicke [mm]	max. Länge [mm]	
Zi 1	Mauertafelziegel	Ausgleichstraverse und Aufhängebewehrung <i>Beiblatt 2.2 / Abb. 10</i>	Stabstahl Ø 6	Nachweis nach DGUV Grundsatz 301-003 erforderlich	entspr. Produkt- norm	nicht be- grenzt	DIN 1053- 4 [1]
Zi 2	Blockziegel	Ausgleichstraverse und Tragbolzen <i>Beiblatt 2.3 / Abb. 11</i>					
Zi 3	Blockziegel Kleinlochung	Sockel mit Dämmkern und Tragbolzen <i>Beiblatt 2.5 / Abb. 16 u. 18</i>	ohne		300–425	7.000	Z-17.1-631 [2]
Zi 4	Planziegel Kleinlochung	Sockel ohne Dämmkern mit Tragbolzen <i>Beiblatt 2.5 / Abb. 16 u. 17</i>			240–300		
Zi 5		Sockel mit Dämmkern und Tragbolzen <i>Beiblatt 2.5 / Abb. 16 u. 18</i>			300–425		
Zi 6	Block- und Plan- verfüll- ziegel werkseitig verfüllt	Sockel ohne Dämmkern mit Tragbolzen <i>Beiblatt 2.5 / Abb. 16 u. 17</i>			240–300		
Zi 7	Mauertafelziegel	Ausgleichstraverse und Aufhängebewehrung <i>Beiblatt 2.2 / Abb. 10</i>	Stabstahl Ø 6		300–425		Z-17.1-761 [3]
				300–365	Z-17.1-899 [4]		

Mauertafel Typ-Nr.	Mauersteine Ziegel	Transportsystem nach Beiblatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Technische Spezifikation		
			Transportbewehrung	Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	Dicke [mm]	max. Länge [mm]			
Zi 8	Blockziegel Kleinlochung	Ausgleichstraverse und Tragbolzen <i>Beiblatt 2.3 / Abb. 11</i>	Stabstahl Ø 6	Gewebe am Wandfuß mit Einbindung <i>Beiblatt 3.3 / Abb. 21 b)</i>	115–500	7.000	17.1-1190 [5] Anlage 1-1		
Zi 9	Planziegel Kleinlochung		Gewebe				17.1-1190 [5] Anlage 2-1		
Zi 10	Blockziegel Kleinlochung	Ausgleichstraverse mit Hebebändern und Kopfformteil <i>Beiblatt 2.4.1 / Abb. 13</i>	Stabstahl Ø 6	Gewebe am Wandfuß mit Einbindung <i>Beiblatt 3.3 / Abb. 21 b)</i> oder alternativ 1 Spannband mit Stirnbrett <i>Beiblatt 3.2.2 Abb. 19 a) und 3.3 Abb. 20</i>	115–500		17.1-1190 [5] Anlage 1-2		
Zi 11	Planziegel Kleinlochung		Gewebe				17.1-1190 [5] Anlage 2-2		
Zi 12	Planziegel Kleinlochung	Ausgleichstraverse mit Hebebändern und Kopfformteil <i>Beiblatt 2.4.1 / Abb. 13</i> oder mit Textil- Hebebändern <i>Beiblatt 2.4.3 / Abb. 15</i>	ohne	Gewebe am Wandfuß ohne Einbindung und 1 Spannband mit Stirnbrett <i>Beiblatt 3.2.2 Abb. 19 a) und 3.3 Abb. 21 a)</i>	115–500	6.000	17.1-1190 [5] Anlage 3		
Zi 13	Planziegel Großlochung und int. Wädä							240–500	17.1-1190 [6]
	PFZ (Planfüllziegel) unverfüllt							175–300	
Zi 14	SZ (Schalungsziegel) unverfüllt			<i>3.3 Abb. 21 a)</i>	175–300		17.1-1190 [6]		
Zi 15	PFZ teilverfüllt	Ausgleichstraverse mit Hebebändern und Kopfformteil <i>Beiblatt 2.4.1 Abb. 13</i>	ohne	Gewebe am Wandfuß mit Einbindung und 1 Spannband ohne Stirnbrett <i>Beiblatt 3.2.2 Abb. 19 a) und 3.3 Abb. 21 b)</i>	145–300	6.000	17.1-1190 [5] Anlage 4		
Zi 16	PFZ unverfüllt						Gewebe am Wandfuß ohne Einbindung und 1 Spannband ohne Stirnbrett <i>Beiblatt 3.3. Abb. 19 a) und 3.4 Abb. 21 a)</i>	175–300	4.000

Mauertafel Typ-Nr.	Mauersteine Ziegel	Transportsystem nach Beiblatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Technische Spezifikation
			Transportbewehrung	Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	Dicke [mm]	max. Länge [mm]	
Zi 17	Planziegel Kleinlochung	Hebebänder mit RIMATEM Vario Traverse <i>Beiblatt 2.4.2 Abb. 14</i>	ohne	1 Spannband und R 500 am Wandfuß <i>Beiblatt 3.2.2 / Abb. 19 a) und 3.4 / Abb. 22</i>	115–240	9.000	17.1-1190 [6]
Zi 18	Planziegel Kleinlochung			1 Spannband <i>Beiblatt 3.2.2 / Abb. 19 a)</i>	300–500	8.900	
Zi 19	Planziegel Großlochung und int. Wädä			2 Spannänder und R 500 am Wandfuß <i>Beiblatt 3.2.2 Abb. 19 b) und 3.4 Abb. 22</i>	240–500	8.900	
	PFZ unverfüllt			175–300	8.800		
	SZ unverfüllt			175–300	8.800		

Liste der technischen Spezifikationen

^[1] DIN 1053-4:2018-05; Mauerwerk, Teil 4: Fertigbauteile; Ausgabe 2018-05

^[2] Z-17.1-631 – Mauerwerk aus Mauertafeln mit THERMOPOR-Ziegeln und THERMY-Sockel; Ausgabe 25.08.2015

^[3] Z-17.1-761 – Mauerwerk aus Mauertafeln mit ZMB-Mauertafelziegeln, Ausgabe 09.01.2023

^[4] Z-17.1-899 – Mauerwerk aus Mauertafeln mit Englert MT-Ziegeln, Ausgabe 12.12.2022

^[5] Z-17.1-1190 – Mauerwerk aus Mauertafeln, hergestellt unter Verwendung von Block-, Plan-Füll- oder Planziegeln mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung bzw. allgemeiner Bauartgenehmigung, Ausgabe 28.02.2019

^[6] Z-17.1-1190 – Ergänzungsantrag in Bearbeitung

Tabelle 8 Mauertafeln hergestellt aus Ziegeln, mit Lagerfugen aus PU-Kleber

Mauertafel Typ-Nr.	Mauersteine Ziegel	Transportsystem nach Beiblatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Technische Spezifikation
			Transportbewehrung	Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen	Dicke [mm]	max. Länge [mm]	
RB 1	Planziegel Klein- lochung				115-240	6.000	Z-17.1-1121 [1]
					365-490		Z-17.1-1124 [3]
					365-490		Z-17.1-1182 [9]
					300-425		Z-17.1-1183 [10]
					365-490		Z-17.4-1245 [12]
					365-490		Z-17.4-1246 [13]
RB 2	Planziegel	Redbloc- Systemwand	ohne		365-490	6.000	Z-17.1-1123 [2]
					300-490		Z-17.1-1135 [4]
	Groß- lochung und int. Wädä	Ausgleichstraverse und Ankerstab mit Tragbolzen <i>Beiblatt 2.3 / Abb. 12</i>	300-490	Z-17.1-1136 [5]			
			240-490	Z-17.1-1157 [6]			
RB 3	PFZ unverfüllt				365-490	6.000	Z-17.1-1158 [7]
					175-300		Z-17.1-1159 [8]
RB 4	SZ unverfüllt				175-300		Z-15.20-334 [11]

Liste der technischen Spezifikationen

^[1] Z-17.1-1121 Redbloc Systemwand (Typ PHLzB); Ausgabe 19.05.2020

^[2] Z-17.1-1123 Redbloc Systemwand (Typ T7 MD); Ausgabe 05.10.2020

^[3] Z-17.1-1124 Redbloc Systemwand (Typ U9/ U10/ U11);
Ausgabe 19.05.2020

^[4] Z-17.1-1135 Redbloc Systemwand (Typ T8); Ausgabe 22.10.2020

^[5] Z-17.1-1136 Redbloc Systemwand (Typ T9); Ausgabe 14.10.2022

^[6] Z-17.1-1157 Redbloc Systemwand (Typ S8); Ausgabe 04.08.2022

^[7] Z-17.1-1158 Redbloc Systemwand (Typ S9); Ausgabe 17.07.2017

^[8] Z-17.1-1159 Redbloc Systemwand (Typ S-PZ); Ausgabe 14.07.2022

^[9] Z-17.1-1182 Redbloc Systemwand (Typ S9 MV); Ausgabe 20.10.2020

^[10] Z-17.1-1183 Redbloc Systemwand (Typ T10);
Ausgabe 19.05.2020

^[11] Z-15.20-334 Antrag

^[12] Z-17.4-1245 Redbloc Systemwand (UNIPOR W07 CORISO);
Ausgabe 24.11.2021

^[13] Z-17.4-1246 Redbloc Systemwand (UNIPOR W07 SILVACOR);
Ausgabe 24.11.2021

^[14] Z-17.4-1263 Redbloc Systemwand (Typ S8-MV-A1);
Ausgabe 08.08.2022

Tabelle 9 Mauertafeln hergestellt aus Kalksandsteinen

Mauertafel Typ-Nr.	Mauersteine Kalksandsteine	Transportsystem nach Beiblatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Technische Spezifikation
			Transport- Bewehrung	Zusätzliche Sicherungsmaß- nahmen	Dicke [mm]	max. Länge [mm]	
KS 1	KS- Plansteine	Ausgleichstraverse mit Hebebändern und Kopfformteil <i>Beiblatt 2.4.1, Abb. 13</i>	ohne	1 Spannband um die unterste Stein- schicht ohne Stirn- brett <i>Beiblatt 3.2.2 Abb. 19 a)</i>	115-365	6.000	Z-17.1-1167 [1] Anlage 3
KS 2	KS- Planelemente		ohne		115-365	6.000	Z-17.1-1167 [1] Anlage 4
KS 3	KS-Plansteine mit durchge- henden Loch- kanälen	Ausgleichstraverse und Aufhänge- bewehrung <i>Beiblatt 2.2 / Abb. 10</i>	Gewebe	Gewebe am Wand- fuß mit Einbindung <i>Beiblatt 3.3 / Abb. 21 b)</i>	115-365	6.000	Z-17.1-608 [2] Anlage 1
KS 4	KS- Plansteine	Ausgleichstraverse und Tragbolzen <i>Beiblatt 2.3 / Abb. 11</i>	Gewebe		115-365	6.000	Z-17.1-608 [2] Anlage 2

Liste der technischen Spezifikationen

^[1] Z-17.1-1167 Mauertafeln aus Kalksand-Plansteinen und Kalksand-Planelementen, Ausgabe 07.04.2022

^[2] Z-17.1-608 Vorgefertigte Mauertafeln aus Kalksandstein-Plansteinen; Ausgabe 25.09.2019

Tabelle 10 Mauertafeln hergestellt aus Leichtbeton- und Betonsteinen

Mauer- tafel Typ-Nr.	Mauersteine Leichtbeton- und Betonsteine	Transport- system nach Bei- blatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Tech- nische Spezi- fikation
			Trans- portbe- wehrung	Zusätzliche Dicke Sicherungsmaßnahmen [mm]	max. Länge [mm]		
LB 1	Leichtbeton- und Beton- Planvoll- blöcke RDK < 1,8 und Planhohl- blöcke	Hebe- bänder mit RIMATEM- Vario- Traverse Beiblatt 2.4.2 Abb. 14	ohne	1 Spannband mit Stirnbrett <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20</i>	150-240 300-490	6.000 7.000	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 1
LB 2	Leichtbeton- und Beton- Planvoll- blöcke RDK ≥ 1,8			1 Spannband mit Stirnbrett und R500 am Wandfuß <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20 und 3.4 Abb. 22</i>	150-240 300-490	6.000 7.000	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 2
LB 3	Leichtbeton- und Beton- Plan- Hohlblöcke			1 Spannband mit Stirnbrett; je- der Stein der untersten Schicht (mit Ausnahme der Ecksteine) muss an mindestens einer Stoß- fuge gehalten sein <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20 und 3.4 Abb. 23</i>	175	6.000	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 3
LB 4	Leichtbeton- und Beton- Planhohl- blöcke mit int. Wädä			1 Spannband mit Stirnbrett; Hebebänder (mit Ausnahme der Bänder an den Mauertafel- rändern) nur an den Stoßfugen der untersten Schicht anordnen <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20 und 3.4 Abb. 23</i>	240 300-490	6.000 7.000	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 4
LB 5	Leichtbeton- und Beton- Planele- mente bzw. Plangroßblöcke			1 Spannband mit Stirnbrett; jeder Stein der untersten Schicht (mit Ausnahme der Eckstei- ne) muss an mindestens einer Stoßfuge gehalten sein <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20 und 3.4 Abb. 23</i>	115-240	6.250	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 5
LB 6	KLB-SK Plan (MW)-Plansteine mit int. Wädä	Ausgleichs- traverse und Hebe- bänder mit Kopfform- teil auf Holzbohle <i>Beiblatt 2.4.1 Abb. 13</i>	ohne	1 Spannband mit Stirnbrett und R500 am Wandfuß <i>Beiblatt 3.4 Abb. 20 und 3.4 Abb. 22</i>	365-490	6.500	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 6
LB 7	KLB-Quadro- Planelemente			1 Spannband mit Stirnbrett; jeder Stein der untersten Schicht (mit Ausnahme der Eckstei- ne) muss an mindestens einer Stoßfuge gehalten sein <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20 und 3.4 Abb. 23</i>	150-175	6.250	Z-17.4- 1224 [1] Anlage 7

Liste der technischen Spezifikationen

[1] Z-17.4-1224 Mauertafeln, hergestellt aus Mauerwerk aus Leichtbeton- und Beton-Planblöcken und -Planelementen, Ausgabe 10.06.2022

Tabelle 11 Mauertafeln hergestellt aus Porenbetonsteinen

Mauertafel Typ-Nr.	Mauer- steine Poren- beton- steine	Transportsystem nach Beiblatt Abs. 2	Form und Ausbildung der Mauertafel einschl. Transportsicherung				Technische Spezi- fikation
			Trans- port- be- weh- rung	Zusätzliche Sicherungs- maßnahmen	Dicke [mm]	max. Län- ge [mm]	
PB 1	PB- Plansteine	Hebebänder mit RIMATEM Vario- Traverse <i>Beiblatt 2.4.2</i> <i>Abb. 14</i>	ohne	1 Spannband mit Stirn Brett <i>Beiblatt 3.3 Abb. 20</i>	115	5.000	Z-17.1-1199 [1] Anlage 3
					150-240	6.000	
PB 2	PB- Plan- elemente				115	5.000	Z-17.1-1199 [1] Anlage 4
					150-240	6.000	
					300-480	7.000	

Liste der technischen Spezifikationen

^[1] Z-17.1-1199: Mauerwerk aus Mauertafeln, hergestellt aus Porenbeton-Plansteinen und Porenbeton-Planelementen, Ausgabe 20.03.2019

Anhang 2

Grundlagen der Eignungsprüfungen nach DGUV Grundsatz 301-003

1 Herleitung einer Ersatzbeanspruchung für Kleinprüfkörper

Vorgefertigte Mauertafeln können beim Krantransport z. B. beim Einschwenken während der Montage auf der Baustelle unbeabsichtigt gegen ein Hindernis stoßen. Besonders gefährdet sind dabei – unabhängig vom gewählten Transportsystem – die Ecksteine in der untersten Steinschicht. Durch geeignete zusätzliche Sicherungsmaßnahmen muss deshalb im Hinblick auf derartige Stoßbeanspruchungen gewährleistet sein, dass keine Steine oder Bruchstücke herunterfallen, die für Personen, die sich im Schwenkbereich aufhalten, eine besondere Gefährdung darstellen.

Zur Überprüfung der Handhabung und Funktion von Transportsystemen und zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen wurden im Zuge der Normungsarbeiten zu DIN 1053-4 [1], umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und aus den Erkenntnissen letztlich auch Empfehlungen zur Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauertafeln erarbeitet und im BG-Grundsatz 964 [2] bereitgestellt.

In den Untersuchungen wurden zunächst geschosshohe Mauertafeln aus Ziegeln und Kalksandsteinen mit Wanddicken von 17,5 cm bis 36,5 cm und Längen bis 7,5 m hergestellt. Die Wände wurden dann mit vorgegebener Krangeschwindigkeit gegen ein starres Hindernis gefahren (Abb. 25). Als Hindernis diente ein halbkugelförmiger Anpralldorn mit festgelegtem Durchmesser. Die Anstoßpunkte lagen im Bereich der untersten Steinschicht an den Wandecken und in Wandmitte.



Abb. 25 Prüfung der Stoßbeanspruchung im Großversuch an einer geschosshohen Wand

Die Fahrgeschwindigkeit des Kranes wurde als gleichförmige Bewegung mit 40 m/min festgelegt. Dieser Wert entspricht dem Maximum einer beim Krantransport von Mauertafeln als gerade noch sicherheitsgerecht angesehenen Fahrgeschwindigkeit auf Baustellen und in Fertigungsbetrieben.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung waren so konzipiert, dass die Situation auf der Baustelle praxisgerecht abgebildet wurde, so dass auch die bei sicherheitsgerechter Arbeitsweise vorkommenden ungünstigen Fälle berücksichtigt waren.

Diese reale Stoßbeanspruchung an geschosshohen Wänden wurde als Eignungsprüfung zur Beurteilung der Transportsicherheit in dem BG-Grundsatz 964 [2] unter Abs. 1.2 „Großversuche“ beschrieben. Das im Hinblick auf die Größe und Anzahl der Prüfkörper sowie die Prüfdurchführung (erforderlich sind Portalkran und Hallen-

bereich mit Anfahrtsweg von ca. 15 m) sehr aufwändige Prüfverfahren kann zukünftig durch das „Standardprüfverfahren“ nach DGUV Grundsatz [3], Abs. 3.2, weitestgehend ersetzt werden.

Grundlage für das Standardprüfverfahren ist die messtechnische Erfassung eines realen Stoßes im Rahmen eines Großversuches wie oben beschrieben (Impulsmessung nach DGUV Grundsatz [3], Abs. 3.3.4, Versuch 1, siehe Abb. 26) und die daraus entwickelte Ersatzbeanspruchung von Kleinprüfkörpern.

Das im o. g. Versuch 1 anzufahrende Hindernis für die Impulsmessung besteht auf der Anprallseite ebenfalls aus einem halbkugelförmigen Anpralldorn der auf einer Stahlplatte verankert ist. An der Rückseite dieser Platte sind drei Kraftmessdosen mit einer Nennlast von jeweils 50 kN angeordnet. Die Messdosen stützen sich auf der Gegenseite an einer weiteren Stahlplatte ab, die mit einem unverschieblichen Widerlager (z. B. Betonblock) verbunden ist.

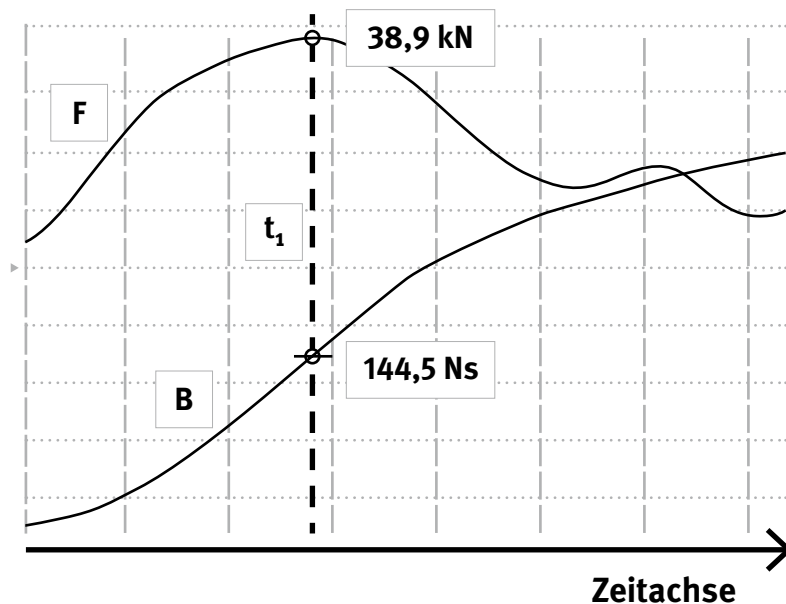


Abb. 26 Impulsmessung nach DGUV Grundsatz [3], Abs. 3.3.4, Versuch 1. Rechts: Anprallvorrichtung mit Kraftmessdose

Die Daten der Druckmessdosen werden in einem Rechner gespeichert und für die weitere Auswertung aufbereitet (siehe Abb. 27). Der Mittelwert für die jeweils einwirkende Kraft F wird über der Zeitachse t aufgetragen. Aus der Integration des Kraftverlaufes F im Intervall zwischen dem Nullpunkt und dem Zeitpunkt t_1 beim Erreichen des Kraftspitzenwertes ergibt sich der Rechenwert des Bewegungsimpulses B nach Gleichung (1) zu

$$(1) B = \int_{t_0}^{t_1} F dt$$

Der Bewegungsimpuls wird nach dem zweiten Newtonschen Axiom in dieser Form auch Kraftstoß genannt.



F Eingeleitete Kraft als Funktion über die Zeit

B Integralkurve (Impuls)

t₁ Ende der Kompressionsphase mit Spitzenkraft

	Spannung	Skalierung	Messergebnis
Spitzenkraft	7,78V	5,0	38,9 kN
Impuls	28,90 V	5,0	144,5 Ns

Abb. 27 Impulsmessung, Aufzeichnung und Auswertung

Aus der Betrachtung heraus wird unterstellt, dass sich zum Zeitpunkt t_0 die Wand mit einer Geschwindigkeit $< v_0$ bewegt, die der Fahrgeschwindigkeit des Transportmittels (40 m/min bzw. 0,67 m/s) entspricht, während zum Anprallzeitpunkt t_1 die Wand kurzzeitig zum Stillstand gekommen ist, die Geschwindigkeit demnach $v_1 = 0$ beträgt. Über den Impulssatz erhält man die Beziehung nach Gleichung (2)

$$(2) = \int_{t_0}^{t_1} F dt = m (v_1 - v_0)$$

und daraus nach Gleichung (3) den Rechenwert B des Bewegungsimpulses in Abhängigkeit von der Masse m und der Geschwindigkeit v_0

$$(3) B = -m \cdot v_0$$

Die darin enthaltene Masse m ist im Allgemeinen nicht die gesamte Masse der Mauertafel, sondern lediglich die am Stoß beteiligte Teilmasse m_{eff} . Sie kann aus der zuletzt erhaltenen Gleichung ermittelt werden, da der Bewegungsimpuls B und die Fahrgeschwindigkeit $v_0 = 40$ m/min des Transportmittels bekannt sind. Eine Erhöhung der Geschwindigkeit im Sinne eines Sicherheitszuschlages erscheint hier nicht gerechtfertigt, da Hindernisse nur am Einbauort zu erwarten sind. In dieser Situation wird das Bauteil aber mit deutlich reduzierten Geschwindigkeiten gefahren.

Daraus ergibt sich die beteiligte Masse nach Gleichung (4) wie folgt:

$$(4) m_{eff} = \frac{-B}{v_0}$$

Bei Übertragung der realen Stoßbeanspruchung auf Kleinprüfkörper soll ein äquivalentes Maß an Energie auf die Kleinprüfkörper einwirken. Auszugehen ist dabei nach Gleichung (5) von der Bewegungsenergie beim realen Stoß in Höhe von

$$(5) E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Mit der Masse $M = m_{eff}$ nach Gleichung (4) und einer festgelegten Fahrgeschwindigkeit v_0 ergibt sich bei Erreichen der Spitzenkraft zum Zeitpunkt t_1 die absorbierte Energie $E_{kin\ eff}$ in Abhängigkeit vom Messwert des Kraftstoßes und der Geschwindigkeit zu

$$(6) E_{kin\ eff} = \frac{1}{2} B \cdot v_0$$

Dabei wird weiterhin vorausgesetzt, dass v_1 zum Anprallzeitpunkt Null ist.

Die absorbierte Energie nach Gleichung (6) wird durch Kugelschlag in den Kleinprüfkörper eingeleitet. Dabei wird eine Prüfkugel der Masse m_k , die an einem Seil vor der zu prüfenden Wand hängt, so ausgelenkt dass sich eine Differenzhöhe ergibt mit der die Kugel eine potentielle Energie E_{pot} nach Gleichung (7) besitzt, die beim Lösen der Kugel in Bewegungsenergie gleicher Größe umgesetzt wird

$$(7) E_{pot} = m_k \cdot g \cdot \Delta z$$

Die in Abb. 28 dargestellte Versuchsanordnung ermöglicht das Anschlagen der Kugel gegen einen beliebigen Stein, der sich im zu prüfenden Wandbereich befindet. Dabei hängt der Kleinprüfkörper einseitig frei an dem auch in der Praxis vorgesehenen Transportsystem, wird aber an der gegenüberliegenden Seite durch zwei senkrechte Führungsbalken – die ein nur geringes Spiel zulassen – gegen Auslenkungen gehalten, so dass dadurch eine größere Masse simuliert wird.

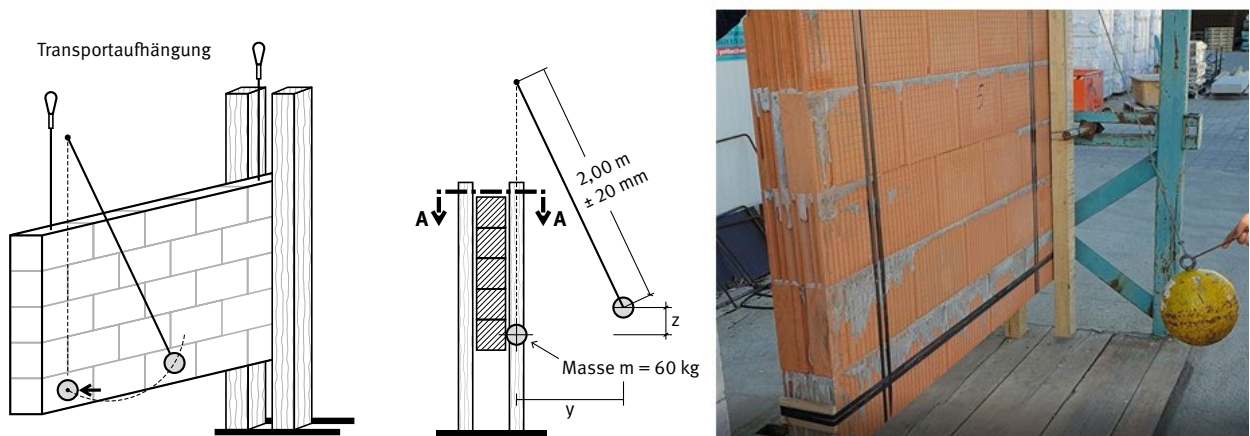


Abb. 28 Stoßprüfung mit Standardprüfverfahren nach DGUV Grundsatz [3] Abs. 3.2, Abb. 2

Das Maß der Kugelauslenkung folgt aus der Äquivalenzbedingung, wonach die im Großversuch ermittelte Energie, die beim Anprall absorbiert wurde, auch von den Kleinprüfkörpern aufgenommen werden muss. Um bei diesem Verfahren die Fehlerquellen möglichst gering zu halten, die sich aus den unterschiedlichen Modellen ergeben, wurde als Nebenbedingung angestrebt, die Auftreffgeschwindigkeit der Prüfmasse der Fahrgeschwindigkeit des Transportmittels bei den Großversuchen anzugleichen.

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden zunächst für den Anprall an die Kleinprüfkörper Prüfmassen von $m_k = 18 \text{ kg}$ und $m_k = 100 \text{ kg}$ eingesetzt. Schließlich konnten bei einer Prüfmasse vom $m_k = 60 \text{ kg}$ – wie nunmehr vorgesehen – die Randbedingungen als etwa gleichwertig angesehen werden.

Für die Umrechnung gilt also, dass die aufzubringende Energie E_{pot} der absorbierten Energie $E_{\text{kin eff}}$ entsprechen soll. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass nach DGUV Grundsatz [3], Abs. 3.3.4 (Versuch 1), nur zwei auswertbare Impulsmessungen erforderlich sind, von denen der Maximalwert für die Berechnung der Kugelauslenkung zu berücksichtigen ist.

Aus vorliegenden Erkenntnissen durchgeführter Untersuchungen müssen dabei Abweichungen von $\pm 30\%$ vom Mittelwert der Grundgesamtheit unterstellt werden, so dass ein Korrekturfaktor $K = \frac{1}{0,7} = 1,43$ bei Festlegung der potentiellen Energie zu berücksichtigen ist; daraus ergibt sich $E_{\text{pot}} = 1,43 \cdot E_{\text{kin eff}}$.

Sofern Stoßimpulse B auf der Grundlage einer statistischen Auswertung von Impulsmessungen vorliegen, sind diese Abweichungen bereits in die Auswertung eingeflossen, so dass der Korrekturfaktor mit $\kappa = 1,0$ angesetzt werden kann und $E_{\text{pot}} = 1,0 \cdot E_{\text{kin eff}}$ beträgt.

Die Berechnung der erforderlichen Auslenkung Δ_z im Ersatzversuch kann damit nach Gleichung (8) erfolgen:

$$(8) \quad \Delta_z = K \cdot \frac{E_{\text{kin eff}}}{m_k \cdot g}$$

Bei der relativ großen Masse von $m_k = 60 \text{ kg}$ ergeben sich kleine Zahlenwerte für Δ_z . Aus messtechnischen Gründen ist es deshalb erforderlich, über die Kreisgleichung die horizontale Koordinate y zu berechnen. Unter der Annahme, dass der Koordinatennullpunkt mit dem Anschlagpunkt des Pendelsystems zusammenfällt, gilt dann

$$(9) \quad y = \sqrt{r^2 - (r - \Delta_z)^2}$$

Für das Standardprüfverfahren mit Kleinprüfkörpern nach DGUV Grundsatz 301-003 [3] Abs. 3.2, Abb. 2, wurde das Maß r festgelegt mit $r = 2,00 \text{ m} \pm 20 \text{ mm}$. Das Maß ergibt sich aus der Seillänge und dem Radius der Prüfkugel.

Als Arbeitshilfe wurde die Tabelle 1 in den BG-Grundsatz 964, Fassung 2004 [2] aufgenommen. Danach kann für eine bestimmte Impulsgröße B die Auslenkung y der Prüfkugel mit der Masse 60 kg unmittelbar abgelesen werden.

Der Tabelleninhalt und deren Herleitung ergeben sich aus den oben beschriebenen Grundlagen. Im Folgenden werden die Berechnungswerte nochmals erläutert und in Tabelle 12 (Werte entsprechen denen der Tabelle 1 aus BG-Grundsatz 964, Fassung 2004 [2]) und Tabelle 13 (neue Tabelle für Impulse mit Eingangsgrößen aus statistischer Auswertung) zur Verwendung im überarbeiteten DGUV Grundsatz 301-003 [3] ergänzt.

Tabelle 12 für Ersatzbeanspruchung der Wanddeckbereiche (Eckanstoß)

Bei Prüfung durch Impulsmessung nach Versuch 1 / Abs. 3.3.4 DGUV Grundsatz 301-003 [3] wird als Eingangswert B, in Spalte 1 der Tabelle 12, der Maximalwert der beiden gemessenen Impulse gewählt.

In Spalte 2 ist die die potentielle Energie angegeben, die sich aus dem Kraftstoß nach Gleichung (6) ergibt, unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors $\kappa = 1 / 0,7$.

Tabelle 12 Ersatzbeanspruchung für Impulse B nach Versuch 1 / Abs. 3.3.4 DGUV Grundsatz 301-003 [3]

1	2	3		4	5	6
		Eckanstoß			Mittenanstoß	
B	E_{pot} $\kappa = 1,43$	Δz für $y = 2,0$	Δy für $y = 2,0$		$2 \cdot \Delta z$	Δy für $2 \cdot \Delta z$
Ns	Nm	mm	m		mm	m
10	4,79	16	0,25		33	0,36
20	91,58	33	0,36		65	0,51
30	14,37	49	0,44		98	0,62
40	19,16	65	0,51		130	0,71
50	23,95	81	0,56		163	0,79
60	28,74	98	0,62		195	0,86
70	33,53	114	0,67		228	0,93
80	38,32	130	0,71		260	0,99
90	43,11	146	0,75		293	1,04
100	47,91	163	0,79		326	1,09
110	52,70	179	0,83		358	1,14
120	57,49	195	0,86		391	1,19
130	6,2,28	212	0,90		423	1,23
140	67,07	228	0,93		456	1,27
150	71,86	244	0,96		488	1,31
160	76,65	260	0,99		521	1,35
170	81,44	277	1,02		5,53	1,38
180	86,23	293	1,04		586	1,41
190	91,02	309	1,07		619	1,45
200	95,81	326	1,09		651	1,48
210	100,60	342	1,12		684	1,51
220	105,39	358	1,14		716	1,53
230	110,18	374	1,17		749	1,56
240	114,97	391	1,19		781	1,59
250	119,76	407	1,21		814	1,61
260	124,55	423	1,23		846	1,63
270	129,34	439	1,25		879	1,66
280	134,13	456	1,27		912	1,68
290	138,92	472	1,29		944	1,70
300	143,72	488	1,31		977	1,72

Vorliegende statistische Auswertungen von Messdaten aus Großversuchen mit einem Vertrauensniveau von 95% (siehe BIA-Bericht [4] und Abb. 29) haben gezeigt, dass die aus Einzelversuchen nach Abs. 3.3.4 des DGUV Grundsatz 301-003 [3] angesetzten Messwerte der potentiellen Energie (gestrichelte rote Linie **MW** in Abb. 29) und die Rechenwerte **B** nach statistischer Auswertung (schwarze Kurve in Abb. 29) zusätzlich zum Korrekturfaktor κ mit einem Sicherheitsbeiwert von $Y = 2,0$ zu multiplizieren sind, um ein näherungsweise gleiches Sicherheitsniveau zu erhalten. In der Abb. 29 ist beispielhaft anhand der Tafel 1 aus dem BIA-Bericht [4] für Ziegelmauerwerk mit Dünnbettmörtel der Massengruppen I und II die notwendige Verschiebung der Kurven gezeigt.

Daraus ergibt sich für die Auslenkung der Prüfkugel eine Höhendifferenz nach Spalte 3 der Tabelle 7. Die Berechnung von Δ_z erfolgt nach Gleichung (8).

Die horizontale Auslenkung $y = \sqrt{r^2 - (r - \Delta_z)^2}$ der Kugel zum Erreichen der Höhendifferenz kann in der Spalte 4 abgelesen werden.

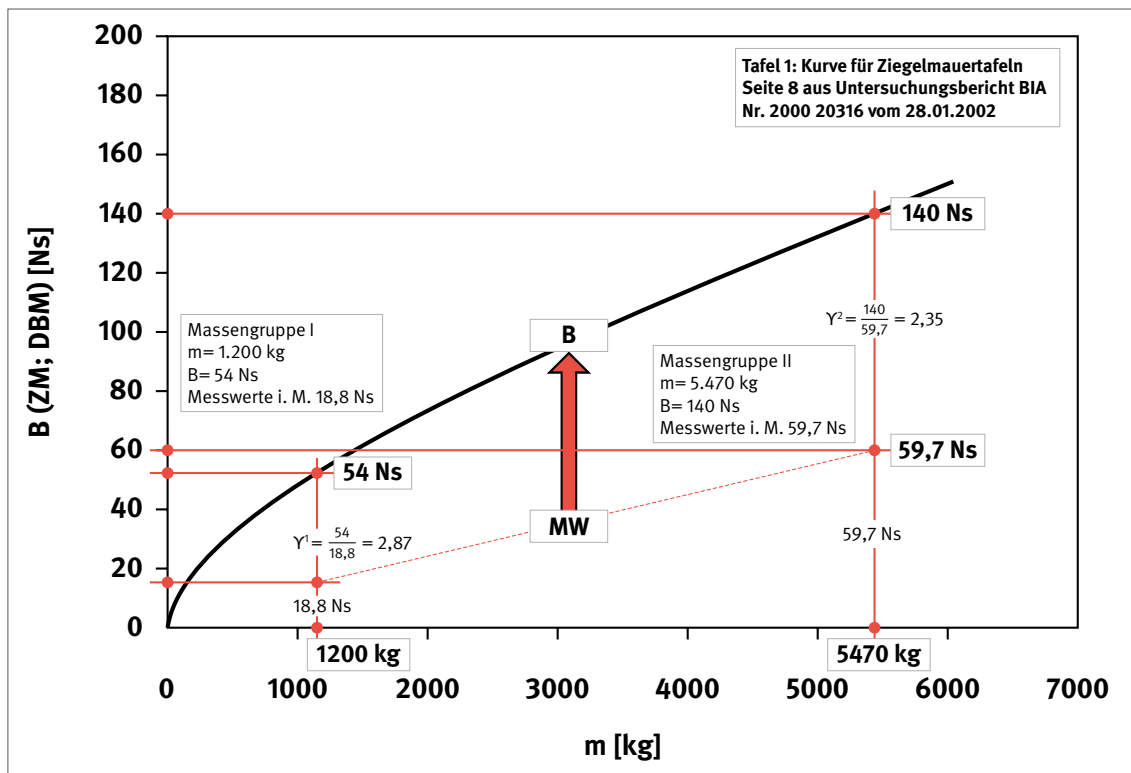


Abb. 29 Angleichung des Sicherheitsniveaus für Messwerte nach DGUV Grundsatz [3] Abs. 3.3.4 / Versuch 1 und statistischer Auswertung mit Vertrauensintervall 95 %

Tabelle 13 für Ersatzbeanspruchung der Wanddeckbereiche

Sofern Impulsgrößen B als Ergebnis einer statistischen Auswertung von Messdaten aus Großversuchen mit einem Vertrauensniveau von mindestens 95% (z. B. nach BIA-Bericht [4]) zur Verfügung stehen, betragen die Faktoren κ und Y 1,0, d. h. die durch Kugelschlag in den Kleinprüfkörper einzuleitende potentielle Energie E_{pot} (Spalte 2 der Tabelle) entspricht der statistisch abgesicherten kinetischen Energie $E_{kin\ eff}$. Die Fallhöhen bzw. Auslenkungen der Kugel werden – wie oben bereits dargestellt – berechnet; die Werte können den Spalten 3 und 4 der Tabelle 13 entnommen werden.

Tabelle 13 Ersatzbeanspruchung für Impulse B nach statistischer Auswertung (z. B. [4])

1	2	3		4	5	6
		Eckanstoß			Mittenanstoß	
B	$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin eff}}$ ($\kappa = 1,0$)	Δz für $y = 1,0$	Δy für $y = 1,0$		$2 \cdot \Delta z$	Δy für $2 \cdot \Delta z$
Ns	Nm	mm	m		mm	m
10	3,35	6	0,15		11	0,21
20	6,70	11	0,21		23	0,30
30	10,05	17	0,26		34	0,37
40	13,40	23	0,30		46	0,42
50	16,75	28	0,34		57	0,47
60	20,10	34	0,37		68	0,52
70	23,45	40	0,40		80	0,56
80	26,80	46	0,42		91	0,60
90	30,15	51	0,45		102	0,63
100	33,50	57	0,47		114	0,67
110	36,85	63	0,50		125	0,70
120	40,20	68	0,52		137	0,73
130	43,55	74	0,54		148	0,75
140	46,90	80	0,56		159	0,78
150	50,25	85	0,58		171	0,81
160	53,60	91	0,60		182	0,83
170	56,95	97	0,61		194	0,86
180	60,30	102	0,63		205	0,88
190	63,65	108	0,65		216	0,90
200	67,00	114	0,67		228	0,93
210	70,35	120	0,68		239	0,95
220	73,70	125	0,70		250	0,97
230	77,05	131	0,71		262	0,99
240	80,40	137	0,73		273	1,01
250	83,75	142	0,74		285	1,03
260	87,10	148	0,75		296	1,05
270	90,45	154	0,77		307	1,07
280	93,80	159	0,78		319	1,08
290	97,15	165	0,80		330	1,10
300	100,50	171	0,81		341	1,12

Ersatzbeanspruchung durch Mittenanstoß

Während die Spalten 3 und 4 der Tabellen 12 und 13 aus den Stoßimpulsen im Wandebereich hergeleitet wurden, gelten die Werte der Spalten 5 und 6 für den Mittenanstoß. Die dabei beteiligte höhere Masse der Wand (links und rechts des Anstoßpunktes) wird vereinfachend durch Verdoppelung der potentiellen Energie bzw. der Fallhöhen der Kugel nach Spalte 3 berücksichtigt.

2 Vergleichsuntersuchungen zum Standardprüfverfahren

Für Nachweise zur Transportsicherheit von Mauertafeln stehen grundsätzlich 2 Verfahrensweisen zur Verfügung:

- Das Standardprüfverfahren nach DGUV Grundsatz 301-003 [3], Abs. 3.2
- Der Großversuch nach DGUV Grundsatz 301-003 [3], Abs. 3.3.

Umfangreiche Großversuche wurden in der Vergangenheit an Mauertafeln aus Ziegeln, Kalksandsteinen, Porenbetonsteinen sowie Beton- und Leichtbetonsteinen im Rahmen verschiedener bauaufsichtlicher Zulassungsverfahren durchgeführt.

Die daraus hervorgegangenen zugelassenen und zwischenzeitlich auch weitgehend praxiserprobten Systeme sind im Anhang 1 des Beiblattes zusammengestellt.

Mit dem Standardprüfverfahren können nach überarbeiteter Fassung des DGUV Grundsatz 301-003 [3] mit sehr viel geringerem Aufwand ähnliche Nachweise an Kleinprüfkörpern geführt werden. Die theoretische Herleitung der Ersatzbeanspruchung durch Kugelschlag nach Abb. 2 in DGUV Grundsatz 301-003 [3] wurde in diesem Anhang beschrieben.

Um die Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse des Standardverfahrens und deren Beurteilung im Vergleich zum Großversuch zu überprüfen wurden Vergleichsuntersuchungen durchgeführt.

Auf dieser Grundlage konnte eine vergleichende Betrachtung und eine fachlich fundierte Aussage zur Anwendbarkeit und insbesondere zu den Anwendungsgrenzen und möglichen Schwachstellen des Standardprüfverfahrens als Ersatz für Großversuche getroffen werden. Diese Bewertung soll auch als Entscheidungshilfe für das Sachverständigen-gremium (SVG) dienen, um das Vorliegen der Voraussetzungen zur Durchführung des Standardverfahrens zu überprüfen (Schritt ⑤ nach Abb. 1 im DGUV Grundsatz 301-003 [3]).

Als Vergleichswände wurden exemplarisch 6 Wände ausgewählt, die als repräsentativ für Mauertafeln aus Ziegel bzw. Kalksandstein gelten können und für die weitestgehend bereits Nachweise zur Transportsicherheit aus Großversuchen zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse dieser Vergleichsuntersuchungen sind nachfolgend zusammenfassend dargestellt.

Wand 1

Vergleichswand als Beispiel für eine monolithische Ziegel-Außenwand mit der Dicke $d = 30$ bis 50 cm.

Untersucht wurden Mauertafeln unter Verwendung von hochwärmedämmenden Plan-Ziegeln mit Kleinlochung und nebenstehend gezeigtem Querschnitt. Die Ersatzbeanspruchung wurde ermittelt aus einer Wandlänge von $7,76$ m.

Transportsystem:

- Flachstahlhebepänder

Zusätzliche Sicherung:

- 1 horizontales Spannband ohne Stirnbrett.

Vergleichsergebnis:

Großversuch und Standardprüfverfahren haben beim Eckanstoß und beim Mittenanstoß Eindrückungen der Außenschale und Rissbildungen verursacht.

Bruchstücke sind heruntergefallen, die Gewichte lagen unter 150 g.

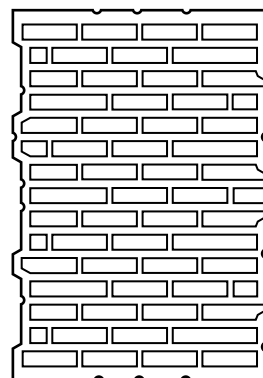


Abb. 30

Querschnitt des exemplarisch für diesen Wandtyp untersuchten Steines mit Dicke $d = 36,5$ cm



Abb. 31 Beispiel für Ergebnisse aus 2 Eckanstoßen am ganzen Stein (Wand 1)

Bewertung:

Beide Prüfungsarten haben zu positiver Beurteilung der Sicherungsmaßnahmen geführt. Die Ergebnisse und Schadensbilder sind gut vergleichbar.

Wand 2

Vergleichswand als Beispiel für eine monolithische Ziegel-Außenwand mit der Dicke $d = 30$ bis 50 cm.

Untersucht wurden Mauertafeln unter Verwendung von hochwärmedämmenden Plan-Ziegeln mit Großlochung und integrierter Wärmedämmung, Querschnitt wie nebenstehend gezeigt. Die Ersatzbeanspruchung wurde ermittelt aus einer Wandlänge von $8,90$ m.

Transportsystem:

- Flachstahlhebebänder

Zusätzliche Sicherung:

- 2 horizontale Spannbänder ohne Stirnbrett
- Bitumenbahn R 500 bzw. Kunststoffbahn am Wandfuß

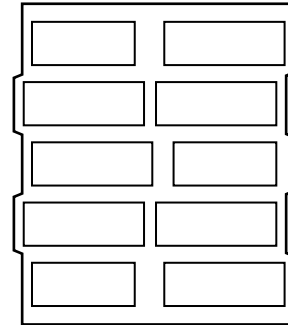


Abb. 32
Querschnitt des exemplarisch für diesen Wandtyp untersuchten Steines mit Dicke $d = 30$ cm

Vergleichsergebnis:

Die Eckanstöße haben zur Zerstörung der Ziegelaußenwandungen im Eckbereich geführt. Nur sehr kleine Bruchstücke mit Gewichten $\ll 150$ g sind heruntergefallen.

Der Mittenanstoß hat kleine Eindrückungen und Rissbildung an den Außenwandungen ergeben.



Abb. 33 Beispiel für Ergebnisse aus 2 Eckanstößen am ganzen Stein (Wand 2)

Bewertung:

Beide Prüfungsarten haben zu positiver Beurteilung der Sicherungsmaßnahmen geführt. Die Ergebnisse und Schadensbilder sind gut vergleichbar.

Wand 3

Vergleichswand als Beispiel für eine Innenwand oder Innenschale einer zweischaligen Außenwand mit der Dicke $d = 11,5$ bis 24 cm.

Untersucht wurden Mauertafeln unter Verwendung von Ziegeln mit Kleinlochung gemäß nebenstehendem Querschnitt. Die Ersatzbeanspruchung wurde ermittelt aus einer Wandlänge von $8,00$ m.

Transportsystem:

- Textilhebebänder

Zusätzliche Sicherung:

- 1 horizontales Spannband ohne Stirnbrett.

Vergleichsergebnis:

Großversuch und Standardprüfverfahren haben beim Eckanstoß keine wesentlichen Schäden am angestoßenen Ziegel selbst erzeugt. Beim Großversuch ist allerdings – anders als beim Standardprüfverfahren – der benachbarte Ziegel heruntergefallen. Die Überprüfung zeigte eine unzureichende Vermörtelung. Das Ergebnis war demnach zufallsbedingt. Die ausreichende Transportsicherheit wird bei derartigen Wänden durch Festlegung einer ergänzenden Maßnahme (Gewebe oder Bitumenbahn am Wandfuß) hergestellt. Der Mittenanstoß hat bei beiden Prüfungsarten kleine Ablösungen der Ziegelaußenwandung erzeugt.

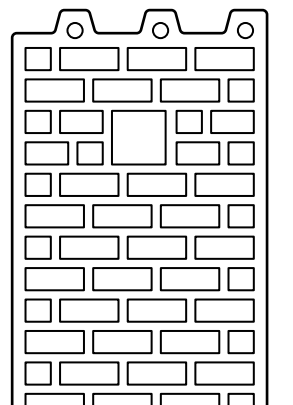
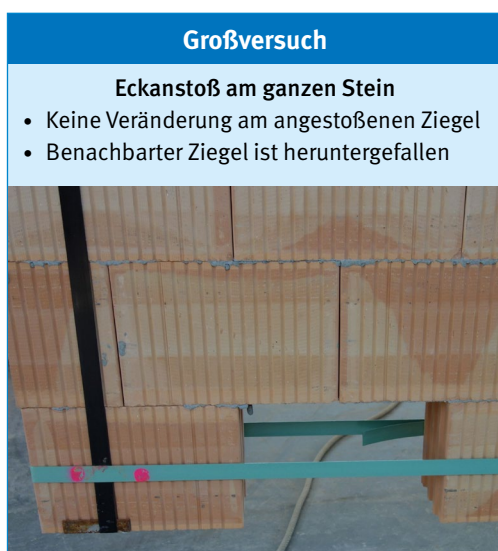


Abb. 34

Querschnitt des exemplarisch für diesen Wandtyp untersuchten Steines mit Dicke $d = 17,5$ cm

**Großversuch****Eckanstoß am ganzen Stein**

- Keine Veränderung am angestoßenen Ziegel
- Benachbarter Ziegel ist heruntergefallen

**Standardprüfverfahren****Eckanstoß am ganzen Stein**

- Keine Veränderungen

Abb. 35 Beispiel für Ergebnisse aus 2 Eckenstößen am ganzen Stein (Wand 3)

Bewertung:

Bei dieser Wand haben beide Prüfverfahren zwar nicht zu gleicher Beurteilung der Sicherungsmaßnahmen geführt. Dennoch sind Ergebnisse und Schadensbilder beider Verfahren gut vergleichbar. Die unterschiedliche Beurteilung ist zufallsbedingt und **nicht** verfahrensabhängig.

Wand 4

Vergleichswand als Beispiel für eine Schallschutz-Trennwand mit der Dicke $d = 17,5$ bis 30 cm aus Schalungsziegeln mit Betonverfüllung.

Untersucht wurden Mauertafeln unter Verwendung von Schalungsziegeln. Diese Mauertafeln werden im Werk vorgefertigt, wobei alle Ziegelschichten im Dünnbettverfahren vermörtelt werden. Nach der Montage an der Baustelle erfolgt die Verfüllung mit Beton. Die Ersatzbeanspruchung wurde ermittelt aus einer Wandlänge von $8,75$ m

Transportsystem:

- Flachstahlhebebänder

Zusätzliche Sicherung:

- 2 horizontale Spannbänder ohne Stirnbrett
- Bitumenbahn R 500 am Wandfuß

Vergleichsergebnis:

Großversuch und Standardprüfverfahren haben beim Eckanstoß zu stark unterschiedlichen Schadensbildern geführt. Auch der Mittenanstoß hat keine vergleichbaren Schadensbilder erzeugt.

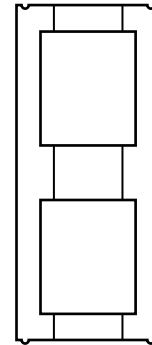


Abb. 36

Querschnitt des exemplarisch für diesen Wandtyp untersuchten Steines mit Dicke $d = 24$ cm

Großversuch	Standardprüfverfahren
<p style="text-align: center;">Eckanstoß am ganzen Stein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Treppenriss im Eckbereich • Eckstein aufgetrennt, Bruchstück 34 g heruntergefallen 	<p style="text-align: center;">Eckanstoß am ganzen Stein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine Veränderungen

Abb. 37 Beispiel für Ergebnisse aus 2 Eckanstoßen am ganzen Stein (Wand 4)

Bewertung:

Trotz gleicher Gesamtbeurteilung kann eine zutreffende Aussage über Art und Umfang notwendiger Sicherungsmaßnahmen aus dem Standardprüfverfahren hier **nicht** abgeleitet werden kann.

Wand 5

Vergleichswand als Beispiel für eine Außen- oder Innenwand aus Kalksand-Plansteinen mit der Dicke $d = 11,5$ bis $36,5$ cm.

Untersucht wurden Mauertafeln unter Verwendung von Kalksand-Plansteinen (Vollsteine gemäß nebenstehender Skizze). Die Ersatzbeanspruchung wurde ermittelt aus einer Wandlänge von $6,00$ m.

Transportsystem:

- Textilhebebänder

Zusätzliche Sicherung:

- 1 horizontales Spannband ohne Stirnbrett.

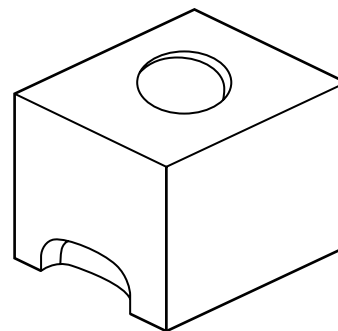


Abb. 38

Abbildung eines exemplarisch für diesen Wandtyp untersuchten KSV-Steines mit der Steinbreite $B = 24$ cm

Vergleichsergebnis:

Die Eckanstöße haben bei beiden Prüfverfahren am angestoßenen Stein zu keinen Veränderungen geführt, allerdings zu Fugenabrissen in angrenzenden Wandbereichen. Ebenso hat der erste Mittenanstoß sowohl beim Großversuch, als auch beim Standardprüfverfahren zu Fugenablösungen geführt; zum besseren Vergleich wurde auch beim Standardprüfverfahren ein zweiter Mittenanstoß ausgeführt. Die Ergebnisse (treppenförmige Rissbildung und Ablösen der untersten Steinschicht) sind bei beiden Verfahren gut vergleichbar.

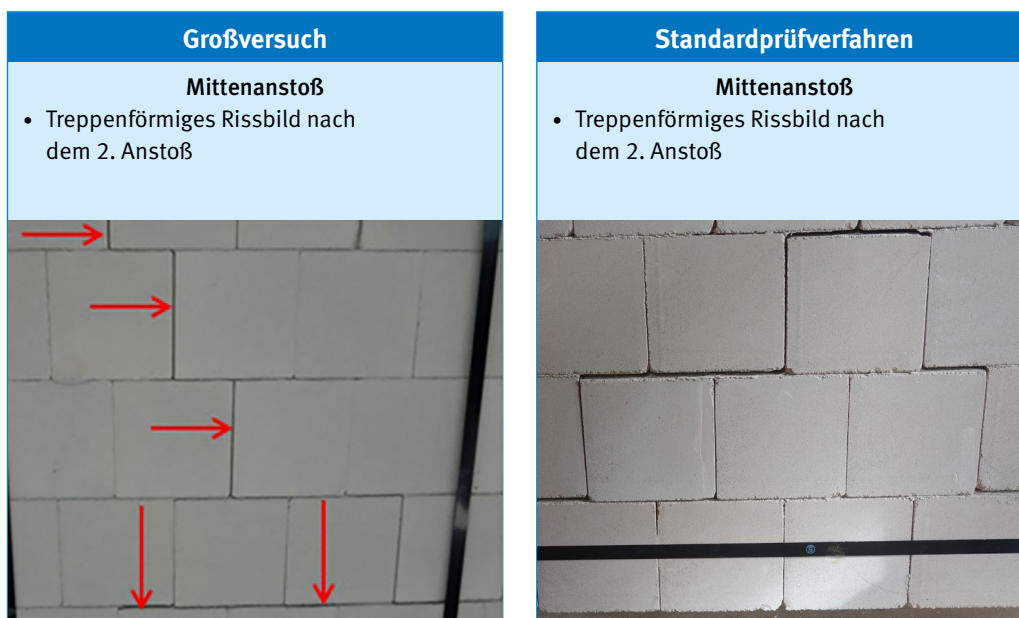


Abb. 39 Beispiel für Ergebnisse aus 2 Mittenanstößen (Wand 5)

Bewertung:

Die Beurteilung der Sicherungsmaßnahmen hat nach beiden Verfahren zu gleichen Ergebnissen geführt. Die Schadensbilder beider Prüfungsarten sind gut vergleichbar.

Wand 6

Vergleichswand als Beispiel für eine Außen- oder Innenwand aus Kalksand-Plansteinen mit der Dicke $d = 11,5$ bis $36,5$ m.

Untersucht wurden Mauertafeln unter Verwendung von Kalksand-Plansteinen (Lochsteine mit nebenstehendem Querschnitt). Die Ersatzbeanspruchung wurde ermittelt aus einer Wandlänge von $6,00$ m.

Transportsystem:

- Textilhebebänder

Zusätzliche Sicherung:

- 1 horizontales Spannband ohne Stirnbrett.

Vergleichsergebnis:

Für diesen Wandtyp liegen bisher keine Prüfergebnisse aus Großversuchen vor.

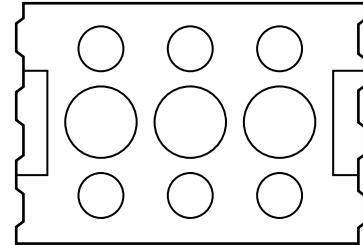


Abb. 40

Abbildung eines exemplarisch für diesen Wandtyp untersuchten KSL-Steines mit der Steinbreite $B = 24$ cm

Großversuch	Standardprüfverfahren
Mittenanstoß	Mittenanstoß
<p>Beispielhafte Ergebnisse für Prüfungen mit Kalksandlochsteinen liegen nicht vor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Treppenförmiger Bruch oberhalb des Anstoßpunktes • 4 Steine sind heruntergefallen 

Abb. 41 Beispiel für Ergebnisse aus einem Mittenanstoß mit Standardprüfverfahren (Wand 6)

Bewertung:

Das bei den Versuchen entstandene Versagensbild ist nach vorliegenden Kenntnissen konstruktions- und materialtypisch. Die Ergebnisse des Standardprüfverfahrens können deshalb als geeignet zur Festlegung zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen (z. B. Gewebe- oder Bitumenbahn am Wandfuß) angesehen werden.

3 Schlussfolgerung und Hinweise zur Anwendung des Standardprüfverfahrens

Aus den Ergebnissen der unter Abs. 2 beschriebenen Vergleichsuntersuchungen kann zusammenfassend von einer zutreffenden Beurteilung der Transportsicherheit von Mauertafeln aus üblichen Steinarten mit dem Standardprüfverfahren ausgegangen werden.

Für besondere Konstruktionsarten – wie unter Abs. 2 am Beispiel einer Wand aus Schalungsziegeln gezeigt – wird bis auf Weiteres empfohlen, Großversuche durchzuführen. Dabei können dann auch Maßnahmen beurteilt werden, die Auswirkungen auf das komplette Wandsystem entfalten sollen. Dies ist allein mit dem Standardverfahren bzw. mit Kleinprüfkörpern nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich; es betrifft Eigenschaften der Wand, die ursprünglich unter dem Begriff „Gesamtsteifigkeit“ nach BG-Grundsatz 964 [2] verankert waren.

Angesprochen sind dabei Maßnahmen, die z. B. ein Auseinanderbrechen der Wand in zwei oder mehrere Wandteile verhindern sollen. Diese Maßnahmen sind dann erforderlich, wenn durch das Auseinanderbrechen der Wand die Gefahr des Absturzes eines Wandteils offensichtlich vorhanden ist.

Die ausreichende Gesamtsteifigkeit einer Wand kann bei vorhandener Bewehrung nach DIN 1053-4 [1] durch zwei Mittenanstöße beim Großversuch nachgewiesen werden. Danach muss die Bewehrung noch ausreichend funktionsfähig sein.

Die Bewehrung der Wand in den Lagerfugen kann nach Norm [1] Abs. 8.2.1 auch ersetzt werden durch alternative Maßnahmen z. B. durch horizontale Spannbänder, wenn ein Verwendbarkeitsnachweis nach DGUV Grundsatz 301-003 [3] vorliegt.

Um auf derartige Nachweise im Großversuch verzichten zu können, enthält das Beiblatt im Anhang 1 für bereits überprüfte Steinarten eine Zusammenstellung von Transportsystemen mit Sicherungsmaßnahmen (Bewehrung oder Spannbänder) in Abhängigkeit von der maximal zulässigen Wandlänge.

Aus diesen Grundlagen können letztlich die Voraussetzungen für einen vollständigen Verzicht auf Eignungsprüfungen oder zur Durchführung des Standardprüfverfahrens abgeleitet werden.

Diese Hinweise entsprechen dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Herausgabe des Beiblattes. Beabsichtigt ist die regelmäßige Anpassung dieses Beiblattes bzw. der Anhänge an den aktuellen Stand unabhängig vom DGUV Grundsatz 301-003 [3].

4 Literaturnachweis Anhang 2

- [1] DIN 1053-4:2004-02 Mauerwerk-Teil 4: Fertigbauteile
- [2] BG-Grundsatz 964 „Prüfung und Beurteilung der Transport- und Montagesicherheit von Fertigbauteilen aus Mauerwerk“, Ausgabe April 2004
- [3] DGUV Grundsatz 301-003 „Prüfung und Beurteilung der Transportsicherheit von vorgefertigten Mauer- tafeln, Ausgabe Juni 2024
- [4] Bericht Nr. 2000 20316: Fertigbauteile aus Mauerwerk unter Stoßbeanspruchung, Statistische Auswertung von Versuchsdaten aus Großversuchen, BIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Dr.-Ing. Karl R. Schories, 28.01.2002

Anhang 3

Fertigbauteile aus Mauerwerk unter Stoßbeanspruchung

Statistische Auswertung von Versuchsdaten aus Großversuchen

Bericht Nr. 2000 20316, Stand 28.08.2002

Zum Download unter: www.dguv.de/publikationen › Webcode: p301003



Manuskript Stand:
28.01.2002-Scho/st-

Fertigbauteile aus Mauerwerk unter Stoßbeanspruchung
Statistische Auswertung von Versuchsdaten
aus Großversuchen

Bericht Nr. 2000 20316

Dr.-Ing. Karl R. Schories

INITIATOR:

Dipl.-Ing. Hermann Kammerer

Fachausschuss Bau

Arbeitskreis Lastaufnahmemittel im Bauwesen, Fertigteilbau

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de