

Probekapitel

Mauerwerk – Bemessung nach DIN 1053-100

Autoren: Wolfram Jäger, Gero Marzahn

Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-01832-3

BiP

Mauerwerk

Bemessung nach DIN 1053-100

Wolfram Jäger, Gero Marzahn

Bauingenieur-Praxis



Ernst & Sohn
A Wiley Company

Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de

Ernst & Sohn
A Wiley Company

5 Mechanische Festigkeit von Mauerwerk

5.1 (Zentrische) Druckfestigkeit

5.1.1 Bruchmechanismus von zentrisch gedrücktem Mauerwerk

Das Tragverhalten von Mauerwerk hat man für alle Lastabtragungen lange Zeit nur empirisch betrachtet. Erfahrungsgemäß wurden bei Einhaltung von geometrischen Parametern genügend Sicherheiten eingebaut, sodass kein Versagen unter üblichen Belastungen zu erwarten war. Erst durch die international wegweisenden Forschungsarbeiten von *Hilsdorf* [5.1] wurden die Grundlagen einer ingenieurwissenschaftlichen Betrachtung, vor allem von Mauerwerk unter Druckbeanspruchung, geschaffen.

Mauerwerk erreicht eine verhältnismäßig hohe Druckfestigkeit. Sie bildet die wichtigste Grundlage für die Bemessung von Mauerwerkswänden und -pfeilern. Aus vielen Versuchen ist bekannt, dass im Lastabtrag dem Lagerfugenmörtel zwei Aufgaben zukommen: zum einen stellt er den Formschluss zwischen den Mauersteinschichten her, sodass der vertikale Druckspannungsverlauf uniformer gestaltet wird, und zum anderen verbindet er die Steinschichten kraftschlüssig miteinander. Der Spannungszustand von Mauerwerk unter Druckbeanspruchung lässt sich am anschaulichsten am zentrisch gedrückten Körper erläutern (Bild 5-1).

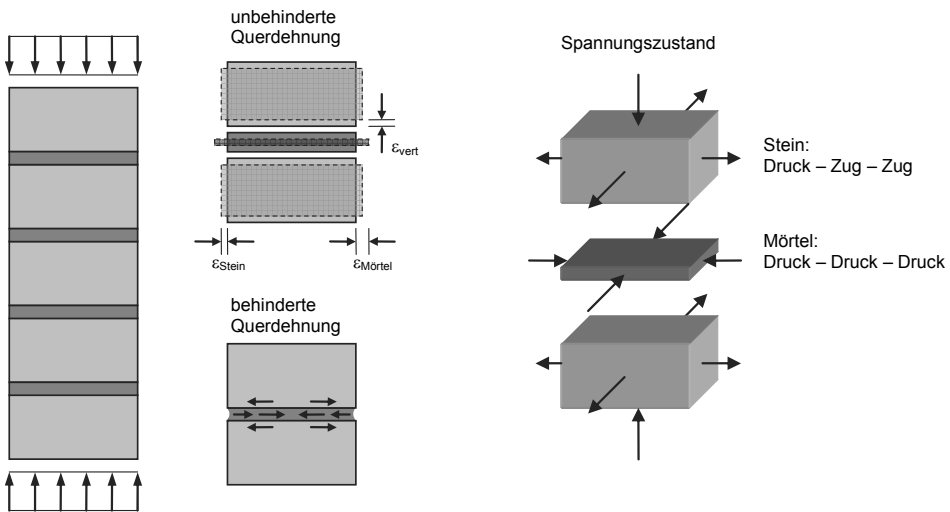


Bild 5-1 Schematische Darstellung des Spannungszustandes von zentrisch gedrücktem Mauerwerk (nach [5.19])

Bei einer vertikalen Druckbeanspruchung werden die Steine und Mörtelfugen in vertikaler Richtung um den Wert $\varepsilon_{\text{vert}}$ gestaucht und in Querrichtung um das Maß $\varepsilon_{\text{Stein}} = -\mu \cdot \varepsilon_{\text{vert}}$ gedehnt. Das Maß der Seitenverformung ist von verschiedenen Parametern, am deutlichsten jedoch vom Querdehnungsmodul E_q bzw. der Querkontraktionszahl μ abhängig. Der im Allgemeinen weichere Mörtel will zwischen den Steinen herausquellen (unbehinderte Querdehnung), wird daran jedoch durch die Reibung zum angrenzenden Stein gehindert (behinderte Querdehnung). Das bedeutet, der freie Verformungszustand kann sich nicht einstellen, weil durch die Annahme eines vollen Verbundes ein Zwangszustand aufgebaut wird, der gleichmäßige Verformungen von Mauersteinen und Mörtel in Querrichtung erzwingt. Dadurch stellt sich ein dreidimensionaler Spannungszustand ein, der bewirkt, dass der Mauerstein zusätzliche Querkzugspannungen aufnehmen muss und früh zerrißt. Dabei bilden sich kleinere Scheiben und Schalen im Mauersteingefüge, die bei Laststeigerung mehr oder weniger spröde nach außen ausknicken. Dieser Vorgang kann immer an der Schmalseite der Versuchskörper beobachtet werden, weil hier der Einfluss der Lasteinleitungsplatten am geringsten ist und sich die notwendigen Verformungen im Steingefüge einstellen können (Bild 5-2).

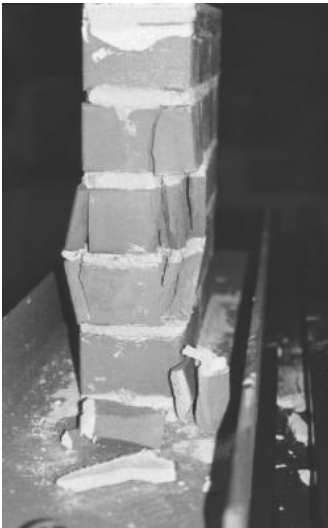


Bild 5-2 Mauerwerk im Bruchzustand im zentrischen Druckversuch

Folglich wird der Bruch des Mauerwerks unter lotrechter Druckbeanspruchung im Wesentlichen durch die Zugfestigkeit der Mauersteine bestimmt. Der Mörtel dagegen wird durch den allseitigen Druck gestützt, und es entsteht eine Umschnürungswirkung, welche die Tragfähigkeit des Fugenmörtels gegenüber seiner Prismenfestigkeit erhöht. Aus diesem Grunde liegt die Mauerwerksdruckfestigkeit oberhalb der Mörteldruckfestigkeit und unterhalb der Steindruckfestigkeit. Demzufolge sollten Steine und Mörtel gut auf-

einander abgestimmt sein. Kombinationen aus hochfesten Steinen und weichem Mörtel, oder umgekehrt, sind nicht zweckmäßig.

Unter der Voraussetzung gleicher Dehnungen in den Kontaktflächen zwischen Stein und Mörtel leitet *Hilsdorf* in [5.1] den elastizitätstheoretischen Wert der im Stein wirkenden Querkzugspannung ab:

$$\sigma_{y,s} = \sigma_{z,s} = -\sigma_{x,s} \cdot \frac{\frac{\mu_{m\ddot{o}}}{E_{m\ddot{o}}} - \frac{\mu_s}{E_s}}{\frac{1 - \mu_{m\ddot{o}}}{E_{m\ddot{o}}} - \frac{1 - \mu_s}{E_s}} \cdot \frac{t}{h} \quad (5.1)$$

$E_s, E_{m\ddot{o}}$ E-Modul für Stein und Mörtel, wobei $E_s \gg E_{m\ddot{o}}$

$\sigma_{y,s}, \sigma_{z,s}$ Querkzugspannung im Stein

$\sigma_{x,s}$ lotrechte Druckspannung im Stein

$\mu_s, \mu_{m\ddot{o}}$ Querdehnzahlen für Stein und Mörtel

t, h Dicke der Lagerfuge und Steinhöhe.

Berndt baut auf dieses Modell auf und formuliert in [5.22] den dreiachsigen Druckspannungszustand des Mörtels in der Lagerfuge:

$$\sigma_{y,m\ddot{o}} \approx \sigma_{z,m\ddot{o}} \approx \sigma_{x,m\ddot{o}} \cdot \frac{\mu_{m\ddot{o}}}{1 - \mu_{m\ddot{o}}}, \quad (5.2)$$

der sich im Inneren der Lagerfuge einstellt und zur Außenfläche des Mauerwerks abnimmt. Durch das Ausbröckeln der Fugen am Rand erhält der Stein einen weiteren Zugspannungsanteil in Querrichtung, der von *Berndt* als Spaltzugbeanspruchung (σ_{spz}) wegen der Umlenkung der Vertikalkräfte im Stein bezeichnet wird:

$$\max \sigma_{spz} \approx \sigma_x \cdot 0,5 \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{d}{h} \quad (5.3)$$

d, h Steinlänge und -höhe

d' Summe der beidseitig ausgebröckelten Fugenbereiche.

Die Druckfestigkeit des Mauerwerks fällt umso geringer aus, je stärker sich die Querdehnungsmodule und vor allem die Querdehnzahlen von Mauerstein und Lagerfugenmörtel unterscheiden und je dicker die Lagerfugen sind. *Kirtschig* [5.3] stellte diesbezüglich in- und ausländische Versuchsergebnisse zusammen, die den Einfluss der Lagerfugendicke d_f auf die Mauerwerkdruckfestigkeit f widerspiegeln (Bild 5-3).

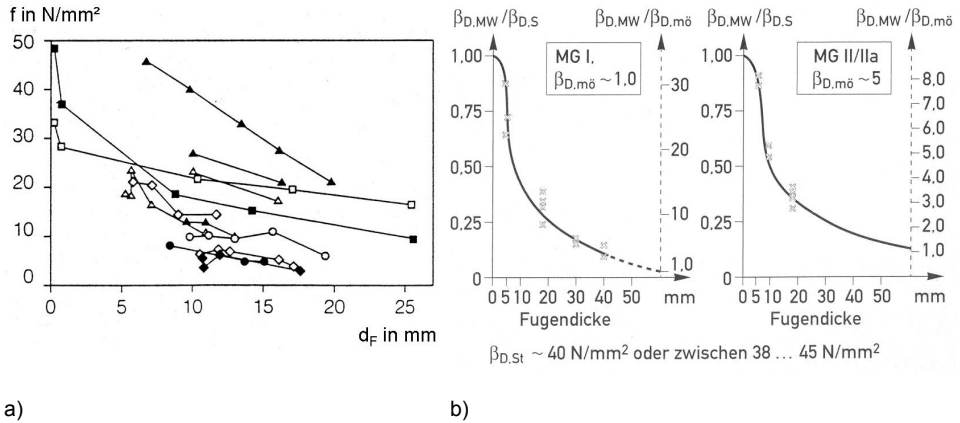


Bild 5-3 Mauerwerksdruckfestigkeit f in Abhängigkeit von der Lagerfugendicke d_F . a) nach [5.3] und b) nach [5.22] – in b) mit Berücksichtigung der Mörtelqualität und noch mit β_D bezeichnet)

Je dicker die Lagerfuge ist, desto eher versagt das Mauerwerk auf Druck (vgl. *Kirtschig* [5.3] und *Purtak* [5.23]). Demzufolge steigt bei abnehmender Fugendicke die Druckfestigkeit an, was beim Dünnbettmauerwerk ausgenutzt wird. Wie von *Berndt* aus [5.22] bekannt ist, nimmt sie bis zu einer Grenzfugendicke moderat zu und steigt dann erheblich an (s. Bild 5-3,b). Zu analogen Aussagen kamen auch *Francis/Horman/Jerremis* [5.4], bei der Auswertung von Druckversuchen an Ziegelwänden. Die Festigkeit des Fugenmörtels hat nach Erreichen der Grenzfugendicke keinen Einfluss mehr auf die Festigkeit des Mauerwerks.

Hilsdorf [5.1] untersuchte als einer der ersten den Versagensmechanismus von Mauerwerk unter zentrischem Druck. Er konnte zeigen, dass nicht allein die Fugendicke maßgebend ist, sondern vielmehr das Verhältnis von Steinhöhe zu Fugendicke entscheidenden Einfluss auf die Höhe der zum Versagen führenden Querkzugspannungen im Stein hat.

Darüber hinaus haben weitere Faktoren, wie z. B. das Verhältnis der Querdehnung zur Längsdehnung des Mörtels, das Verhältnis der Zug- zur Druckfestigkeit des Steins, das Steinformat und die Steinlochung Einfluss auf das Bruchverhalten [5.5].

5.1.2 Bestimmung der Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit von Mauerwerk ist nach DIN 1053-100 definiert als Festigkeit, die im Kurzzeitversuch an zentrisch belasteten Prüfkörpern nach DIN 18554-1 [5.11] gewonnen und als untere 5 %-Quantile ausgewertet ist. Sie wird auf die theoretische Schlankheit¹ Null bezogen. In dieser Form ist sie als charakteristische Druckfestigkeit f_k

¹ Im Mauerwerksbau wird im Gegensatz zur klassischen Festigkeitslehre das Verhältnis der Knicklänge zur Wanddicke als Schlankheit bezeichnet.

der Bemessung zu Grunde zu legen. Es wird dabei auf DIN 18554-1 verwiesen, da in DIN 1053-100 die in der Vergangenheit durchgeführten Versuche zu Grunde gelegt worden sind. Heute gilt für die Durchführung von Druckversuchen an Mauerwerksprüfkörpern DIN EN 1052-1 [5.13].

Sowohl DIN 18554-1 als auch DIN EN 1052-1 definieren die Prüfkörpergröße mit einer Schlankheit zwischen 3 und 5. Wie der Bezug auf die theoretische Schlankheit von 0 zu erfolgen hat, ist in diesen beiden Normen und auch in DIN 1053-100 nicht angegeben (s. hierzu Abschn. 5.1.3).

Bestimmung der Druckfestigkeit durch statistische Versuchsauswertung

Aus einer Vielzahl von Versuchen kann bei statistischer Auswertung von Versuchsergebnissen folgender allgemeiner Zusammenhang für die Mauerwerksdruckfestigkeit in Form einer Potenzfunktion in Abhängigkeit von der Steindruckfestigkeit und der Mörteldruckfestigkeit angegeben werden:

$$f = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad (5.4)$$

f_b mittlere Steindruckfestigkeit,
 f_m mittlere Mörteldruckfestigkeit,
 α, β Exponenten sowie
 K Koeffizient.

K, α und β sind von Steinart und Mörtelgruppe abhängig.

Die Schreib- und Vorgehensweise wurde erstmals von *Mann* [5.2] verwendet und ist prinzipiell mit der nach Eurocode 6 (s. [5.27] und [5.28]) identisch. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass eine allgemeine Anwendung von Gl. (5.5) bauaufsichtlich nicht zulässig ist.

Mann beschreibt in [5.2] ausführlich die Vorgehensweise der Auswertung von Versuchen im Hinblick auf die Ermittlung der charakteristischen Werte der Druckfestigkeit. Auf der Basis der bis dahin veröffentlichten Versuchsdaten gibt er die mittlere Mauerwerksdruckfestigkeit für Mauerwerk mit Normalmörtel für alle Steinarten mit festen Exponenten zu

$$f = 0,83 \cdot f_b^{0,66} \cdot f_m^{0,18} \quad (5.5)$$

an. Ziel war dabei, eine für Mauerwerk einheitlich geltende Formel bereit zu stellen. Auswertungen von *Schubert* zeigten jedoch, dass eine alle Mauerwerksarten umfassende Darstellung wirtschaftlich gesehen nicht sinnvoll ist, weshalb für bestimmte Stein-Mörtel-Kombinationen K, α und β seitdem tabelliert angegeben werden (vgl. *Schubert* [5.26]).

Da die Mörtelfestigkeit bei Dünnbettmauerwerk keinen Einfluss auf die Mauerwerksfestigkeit hat, gilt nach [5.26]:

$$f = K \cdot f_b^\alpha \quad (5.6)$$

Die Beziehung ist auch für Mauerwerk mit Leichtmörtel anwendbar. Konkrete Zahlenwerte für K , α und β sind von *Schubert* in [5.26] angegeben.

Bestimmung der Druckfestigkeit durch Beschreibung der Bruchmechanismen

In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von Bruchmodellen untersucht, um die Druckfestigkeit von Mauerwerk unter zentrischer Belastung analytisch zu ermitteln und entsprechende Berechnungsformeln abzuleiten (z. B. *Berndt* [5.22], *Schöne/Sabha* [5.21], *Warnecke* [5.24]).

Dabei gehen elastische und plastische Eigenschaften von Stein und Mörtel in unterschiedlicher Weise in die Modelle ein. Aus Experimenten werden die Versagensarten abgeleitet, welche dann die Basis für die Ermittlung der Bruchlast bilden. Weitere Angaben sind in der Literatur zu finden (Übersichten z. B. in [5.23] und [5.25]).

Die Vorgehensweise hat sich leider bisher noch nicht allgemein durchgesetzt, wenngleich sie für wissenschaftliche und gutachterliche Zwecke schon zur Anwendung kommt.

5.1.3 Normative Regelungen zur Druckfestigkeit von Mauerwerk

Hinsichtlich der Angaben zur Druckfestigkeit unterscheidet die Normenreihe DIN 1053 zwischen Rezeptmauerwerk und Mauerwerk nach Eignungsprüfung.

Der Regelfall ist die Anwendung von Rezeptmauerwerk, bei dem je nach Kombination von Mauersteinen und Mauermörteln bestimmte Mauerwerksdruckfestigkeiten in der Norm angegeben werden. Sie gelten bei regelgerechter Ausführung und Verwendung einer bestimmten Steinfestigkeitsklasse und Mörtelgruppe bzw. -art als gesichert (Definition s. DIN 1053-1 [5.6], Anwendung s. DIN 1053-100 [5.7]).

Bei Mauerwerk nach Eignungsprüfung erfolgt die Einstufung des Mauerwerks in Festigkeitsklassen anhand von Versuchen nach DIN 18554-1 und deren Auswertung, wobei die ansetzbare Festigkeitserhöhung auf 50 % gegenüber dem Rezeptmauerwerk beschränkt wird. Es wird in dieser Norm davon ausgegangen, dass Steine nach Eignungsprüfung, d.h. nicht genormte Steine zum Einsatz kommen, die für bestimmte Anwendungsfälle entwickelt und hergestellt werden (Definition s. DIN 1053-1 [5.6], zugehörige Norm DIN 1053-2 [5.12]). Es sei bereits an dieser Stelle vermerkt, dass die DIN 1053-2:1996-11, die das Mauerwerk nach Eignungsprüfung regelt, bauaufsichtlich nicht eingeführt ist.

Rezeptmauerwerk (RM)

Rezeptmauerwerk ist ein Mauerwerk, welches aus Steinen einer bestimmten Festigkeitsklasse mit einer bestimmten Mörtelart und Mörtelgruppe hergestellt wird. Je nach Kom-

bination von Mauersteinen und Mauermörteln können die Druckfestigkeiten des daraus errichteten Mauerwerks der Norm entnommen werden.

Ein Umbruch gegenüber der bisherigen Vorgehensweise bei der Ermittlung der Druckfestigkeit ergab sich bezüglich des Schlankheitseinflusses, weil jetzt, in Anlehnung an DIN EN 1996-1-1 [5.8], die charakteristische Druckfestigkeit auf die theoretische Schlankheit Null ($h/d = 0$) bezogen wird. Diese Tendenz wurde bereits bei der Einführung eines ersten Traglastverfahrens im Mauerwerksbau auch in Deutschland erkannt. 1984 wurde in DIN 1053-2 [5.29] erstmals die Rechenfestigkeit β_R als Festigkeit von Mauerwerk mit der theoretischen Schlankheit 0 definiert.

Der Bezug auf die Schlankheit 0 bedeutet, dass die Behandlung des Knickproblems von der Schlankheit Null ausgehen muss und ggf. diese Einflüsse bei der Versuchsdurchführung gesondert zu betrachten sind. Bisher waren im Grundwert der zulässigen Spannungen σ_0 nach DIN 1053-1 Schlankheitseinflüsse bis $h/d \leq 10$ versuchsbedingt enthalten [5.9].

Die Langzeiteinwirkung von Druckkräften auf Mauerwerk führt i. d. R. zu einer gewissen Verringerung der Tragfähigkeit gegenüber einer kurzzeitigen Wirkung. Dieses Phänomen ist auch im Betonbau bekannt. Da die Prüfung der Mauerwerks in einer relativ kurzen Zeit erfolgt, muss der bis zu einer Dauerwirkung sich einstellende Festigkeitsverlust berücksichtigt werden. Bisher wurde dieser Einfluss in der Rechenfestigkeit β_R berücksichtigt. Die Definition der charakteristischen Druckfestigkeit f_k nach DIN 1053-100 geht ebenso wie DIN EN 1996-1-1 von dem Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung am genormten Prüfkörper aus. Demnach sind Zeiteinflüsse, die über die Prüfdauer hinausgehen, in f_k nicht enthalten. Sie sind separat in dem Teilsicherheitsbeiwert für die Materialseite zu berücksichtigen.

Mit der Erarbeitung der auf dem semiprobabilistischen Sicherheitskonzept beruhenden DIN 1053-100 [5.7] wurden die Grundwerte der zulässigen Spannungen σ_0 für Rezeptmauerwerk in charakteristische Werte der Druckfestigkeit f_k umgerechnet. Eine gesonderte Auswertung bisher durchgeführter Versuche, wie etwa in [5.30] oder [5.31], erfolgte nicht. Die Umrechnung wurde auf der Grundlage von prinzipiellen Überlegungen zu den Einzeleinflüssen vorgenommen. In Betracht gezogen mussten dabei werden der Einfluss

- des Zeitstandsverhaltens,
- der Schlankheit,
- der Endplatten und
- der Sicherheit.

Für die einzelnen Einflüsse wurden Umrechnungsfaktoren c_i ermittelt und über ein Mehrfachprodukt multipliziert mit dem globalen Sicherheitsbeiwert nach DIN 1053-1:1996-11 in einem Gesamtumrechnungsfaktor zusammengefasst. [5.9]:

$$f_k = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \gamma_G \cdot \sigma_0 = c_g \cdot \sigma_0 \quad (5.7)$$

- c_1 Einfluss der Langzeitwirkung,
- c_2 Einfluss der Querdehnungsbehinderung infolge der Druckplatten bei der Versuchsdurchführung,
- c_3 Einfluss der Schlankheit für geschosshohe Versuchskörper mit $h/d = 10$,
- γ_G globaler Sicherheitsfaktor und
- c_g Gesamtumrechnungsfaktor.

Der Umrechnung liegen folgende Ansätze zu Grunde:

- Rückrechnung von bisher enthaltenen Langzeiteinflüssen aus dem Dauerstandsverhalten mit dem bisher üblichen Faktor c_1

$$c_1 = \frac{1}{0,85} = 1,176 \quad (5.8)$$

- Berücksichtigung eines eventuellen Einflusses der Endplatten auf das Prüfergebnis mit einem pauschalen Faktor c_2 :

Es gilt seit längerem gegenüber früheren Annahmen als gesichert, dass die Endplatten bei der Versuchsdurchführung einen vernachlässigbar kleinen bzw. keinen Einfluss auf das Ergebnis haben. Daraus folgt

$$c_2 = 1 \quad (5.9)$$

- Umrechnung des Prüfergebnisses von der vorhandenen Prüfkörperschlankheit auf die theoretische Schlankheit $h_k/d=0$, Faktor c_3 :

Die in DIN 1053-1:1996-11 enthaltenen Grundwerte der zulässigen Druckspannung σ_0 waren nunmehr von der Schlankheit $h/d=10$ auf $h/d=0$ umzurechnen. Dafür ist Gl. (11) der DIN 1053-1:1996-11 herangezogen worden, in der bereits der Kriecheinfluss berücksichtigt ist.

$$f = \bar{\lambda} \cdot \left(\frac{1 + \frac{6 \cdot e}{d}}{1800} \right) \cdot h_k \quad (5.10)$$

Für $h/d=10$ ergibt sich bei $6 \cdot e/d=0$

$$\frac{f}{d} = \left(\frac{h}{d} \right)^2 \cdot \frac{1}{1800} = \frac{100}{1800} = \frac{1}{18} \quad (5.11)$$

und mit

$$\begin{aligned}\sigma_0 = \sigma(\lambda = 10) &= \left(1 + \frac{6f}{d}\right) \cdot \frac{N}{A} = \left(1 + 6 \frac{1}{18}\right) \cdot \sigma(\lambda = 0) = \\ &= \frac{4}{3} \cdot \sigma(\lambda = 0) = 1,334 \cdot \sigma(\lambda = 0) = c_3 \cdot \sigma(\lambda = 0)\end{aligned}\quad (5.12)$$

womit c_3 definiert ist zu:

$$c_3 = 1,334 \quad (5.13)$$

Mit den ermittelten Umrechnungsfaktoren und einem globalen Sicherheitsfaktor von $\gamma_G = 2,0$ (DIN 1053-1:1996-11, Abschn. 7.9.1 [5.7]) ergibt sich ein Faktor zwischen dem Grundwert der zulässigen Spannung σ_0 und der charakteristischen Druckfestigkeit f_k nach DIN 1053-100 [5.7] von:

$$\begin{aligned}f_k &= c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \gamma_G \cdot \sigma_0 = 1,176 \cdot 1,0 \cdot 1,334 \cdot 2,0 \cdot \sigma_0 \\ f_k &= c_g \cdot \sigma_0 = 3,14 \cdot \sigma_0\end{aligned}\quad (5.14)$$

(s. hierzu auch [5.9] und [5.2]). Darüber hinaus wurden bei der Umrechnung der Werte für höhere Steifigkeitsklassen ($\geq 36 \text{ N/mm}^2$) zusätzliche Abminderungen bis zu 17 % vorgenommen, um der erhöhten Sprödbruchgefahr zu begegnen.

Der Dauerstandsfaktor geht in die Umrechnung mit ein, da er nunmehr seit Eurocode 6 und DIN 1053-100 separat zu behandeln, d. h. in der Teilsicherheit auf der Materialseite zu berücksichtigen ist. Bisher war er nach DIN 1053-1:1996-11 in der Rechenfestigkeit β_R enthalten. Hinsichtlich des Einflusses der Endplatten bei der Versuchsdurchführung gab es vor längerer Zeit die Ansicht, dass diese einen Einfluss auf das Ergebnis hätten, was aber nicht der Fall ist (vgl. [5.32]).

Zur Umrechnung des Schlankheitseinflusses haben neuere Untersuchungen von *Jäger* [5.32] ergeben, dass hier eine schärfere Betrachtung zu führen ist. Die Rückrechnung muss mit genaueren Gleichungen erfolgen, als man sie bei der Bemessung verwendet, weil ansonsten die auf die sicheren Seite liegende Abrundung zur Überschätzung bei der Versuchsbeurteilung führen kann (s. ausführlich [5.32]). Sollten zukünftig weitere Reserven erschlossen oder die Materialsicherheiten im Hinblick auf eine Optimierung angepasst werden (vgl. *Nguyen* [5.37]), ist dieses Phänomen zu berücksichtigen. Heute sind die daraus resultierenden Unschärfen mit der Materialsicherheit abgedeckt.

Aufbauend auf den zuvor erfolgten Ausführungen gibt DIN 1053-100 [5.7] für alle Stein-Mörtelkombinationen charakteristische Werte f_k der Druckfestigkeit von Mauerwerk für Normalmörtel, Dünnbett- und Leichtmörtel an (Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1 Charakteristische Werte f_k der Druckfestigkeit von Mauerwerk nach DIN 1053-100

Stein- festigkeits- klasse	Normalmörtel [N/mm ²]					Dünnbett- mörtel [N/mm ²]	Leichtmörtel [N/mm ²]	
	I	II	IIa	III	IIIa		LM21	LM36
2	0,9	1,5	1,5 ^{a)}	–	–	1,8	1,5 (1,2) ^{c)}	1,5 (1,2) ^{c)} (1,8) ^{a)}
4	1,2	2,2	2,5	2,8	–	3,4	2,2 (1,5) ^{d)}	2,5 (2,2) ^{e)}
6	1,5	2,8	3,1	3,7	–	4,7	2,2	2,8
8	1,8	3,1	3,7	4,4	–	6,2	2,5	3,1
10	2,2	3,4	4,4	5,0	–	6,6	2,7	3,3
12	2,5	3,7	5,0	5,6	6,0	6,9	2,8	3,4
16	2,8	4,4	5,5	6,6	7,7	8,5	2,8	3,4
20	3,1	5,0	6,0	7,5	9,4	10,0	2,8	3,4
28	–	5,6	7,2	9,4	11,0	11,6	2,8	3,4
36	–	–	–	11,0	12,5	–	–	–
48	–	–	–	12,5 ^{b)}	14,0 ^{b)}	–	–	–
60	–	–	–	14,0 ^{b)}	15,5 ^{b)}	–	–	–

a) $f_k = 1,8 \text{ N/mm}^2$ bei Außenwänden mit Dicken $\geq 300 \text{ mm}$. Diese Erhöhung gilt jedoch nicht für den Nachweis der Auflagerpressung.

b) Die Werte $f_k \geq 11,0 \text{ N/mm}^2$ enthalten einen zusätzlichen Sicherheitsbeiwert zwischen 1,0 und 1,17 wegen Gefahr von Sprödbruch.

c) Für Mauerwerk mit Mauerziegeln nach DIN V 105-1, DIN V 105-2, DIN 105-3 und DIN 105-4 gilt $f_k = 1,2 \text{ N/mm}^2$

d) Für Kalksandsteine nach DIN V 106-1 der Rohdichteklasse $\geq 0,9$ und Mauerziegel nach DIN V 105-1, DIN V 105-2, DIN 105-3 und DIN 105-4 gilt $f_k \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$

e) Für Mauerwerk mit den in Fußnote d) genannten Mauersteinen gilt $f_k \geq 2,2 \text{ N/mm}^2$

Mauerwerk nach Eignungsprüfung (EM)

Mauerwerk nach Eignungsprüfung setzt immer Druckversuche an Mauerwerksprüfkörpern voraus, die heute allein schon wegen der Kosten und des Zeitbedarfs für die Versuchsdurchführung Sonderkonstruktionen oder Mauerwerk aus unregelmäßigen Produkten vorbehalten sind. Mauerwerk nach Eignungsprüfung ist 1984 im Zusammenhang mit der genaueren Berechnung und Bemessung in die DIN 1053 als Teil 2 [5.29] aufgenommen worden, um schnell und unkompliziert den Einsatz von Neuentwicklungen zu gestatten und das Mauerwerk im Vergleich zum Stahlbetonbau konkurrenzfähig zu halten. Bei Mauerwerk nach Eignungsprüfung lassen sich schon allein aus der Tatsache der treppen-

förmigen Abstufung in DIN 1053-1 bzw. -100 i. d. R. höhere Druckfestigkeiten im Vergleich zum Rezeptmauerwerk nachweisen und nutzen. In der Fassung von 1996 ist das Mauerwerk nach Eignungsprüfung als separater Normenteil DIN 1053-2 [5.12] verblieben, nachdem das genauere Verfahren in den Teil 1 integriert worden ist. Bauordnungsrechtlich darf allerdings eine Anwendung nur über eine Zustimmung im Einzelfall, ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erfolgen, da DIN 1053-2 [5.12] nicht bauaufsichtlich eingeführt wurde.

Mauerwerk nach Eignungsprüfung wird in der Praxis heute im eigentlichen Sinne wegen der fehlenden bauaufsichtlichen Einführung der DIN 1053-2:1996-11 [5.12] nicht angewendet. Obwohl in DIN 1053-100 Mauerwerk nach Eignungsprüfung nicht behandelt wird, soll hier trotzdem der Vollständigkeit halber kurz darauf eingegangen werden, wobei die Bezeichnungen nach DIN 1053-2 verwendet werden.

Die Druckfestigkeit von Mauerwerk nach Eignungsprüfung basiert auf der Nennfestigkeit β_M von Mauerwerk und entspricht ebenfalls etwa einem 5 %-Quantilwert. Die Bezeichnung der Festigkeit erfolgte in der Vergangenheit mit β . Der Index M weist auf das Ergebnis der Prüfung am Mauerwerkskörper hin. Die bei der Bemessung zu verwendende Rechenfestigkeit β_R ergab sich nach DIN 1053-2:1984-7 [5.29] (Tab. 6) durch Multiplikation mit dem Dauerstandsfaktor von 0,85. DIN 1053-1 enthält nur noch eine Tabelle ([5.12], Tab. 4c), mit der die Rückrechnung auf den Grundwert der zulässigen Spannung σ_o , die eine Schlüsselangabe zur Druckfestigkeit in dieser Norm ist, erfolgt. Aus der in den Versuchen festgestellten Nennfestigkeit β_M wird eine Zuordnung zu Mauerwerkfestigkeitsklassen M1 bis M25 vorgenommen. Dafür müssen die Versuchswerte bestimmte Regelungen bezüglich des kleinsten Einzelwertes und des Mittelwertes einhalten. Die Mauerwerkfestigkeitsklassen basieren auf β_M .

Bestimmung der Druckfestigkeit über Versuche

Über die in der DIN 1053-100 angegebenen Tabellen zur Bestimmung der Druckfestigkeit hinaus kann bei der vorgesehenen Verwendung bisher nicht geregelten Mauerwerks die experimentelle Ermittlung notwendig werden, z.B. um eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall zu erlangen.

Die experimentelle Bestimmung der Druckfestigkeit des Mauerwerks erfolgt an Prüfkörpern (allgemein als RILEM-Körper bezeichnet) gemäß DIN 18554-1 [5.11] (Bild 5-4) bzw. heute DIN EN 1052-1 [5.13]. Diese Wandausschnitte bestehen aus Einsteinsmauerwerk, sind zwei Steine lang und fünf Steinschichten hoch. Jede zweite Steinlage enthält Stoßfugen, um den Stoßfugeneinfluss des realen Mauerwerks zu simulieren. Die Versuchssteuerung kann sowohl anhand der eingetragenen Kraft (kraftgesteuert) als auch der eingetragenen Dehnung (weggesteuert) erfolgen. Die Wegsteuerung ermöglicht die Aufnahme des abfallenden Astes der Spannungs-Dehnungslinie im Nachbruchbereich und somit Aussagen über das Nachbruchverhalten.

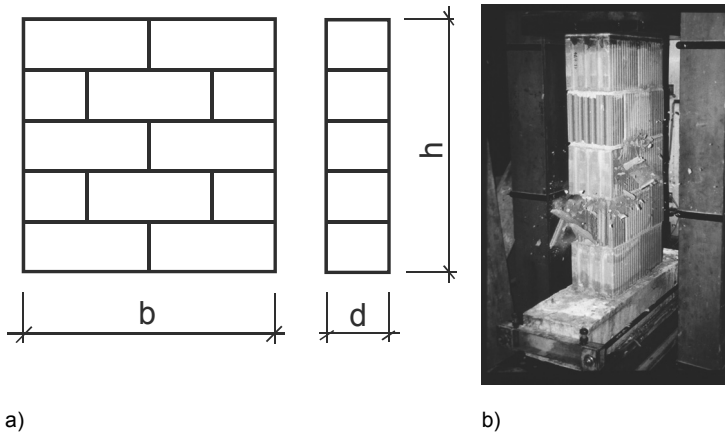


Bild 5-4 Prüfkörper nach DIN 18554-1 [5.11]; a) schematisch, b) im Druckversuch

Auf Grund ihrer üblichen Wandschlankheit ($\lambda = h/d = 3$ bis 5) und des berücksichtigten Stoßfugeneinflusses stellen die Wandprüfkörper nach DIN 18554-1 bzw. DIN EN 1052-1 einen repräsentativen Wandausschnitt realer Konstruktionen dar, sodass sich die Versuchsergebnisse auf wirkliche Wände übertragen lassen.

5.1.4 Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen

Stillschweigend wurde in den obigen Ausführungen immer davon ausgegangen, dass die Druckkräfte vertikal und senkrecht zu den Lagerfugen abzutragen waren. In einzelnen Fällen, z. B. in Druckzonenbereichen von biegebeanspruchtem Mauerwerk, müssen Druckkräfte aber auch in horizontaler Richtung weitergeleitet werden und beanspruchen dementsprechend die Druckfestigkeit des Mauerwerks in Steinlängsrichtung bzw. parallel zu den Lagerfugen.

Die Längsdruckfestigkeit wird analog DIN 18554-1 [5.11] bzw. DIN EN 1052-1 [5.13] ermittelt, wobei die Prüfkörper um 90 Grad zu drehen sind. Die Beanspruchung wird zentrisch und parallel zu den Lagerfugen eingetragen.

Obgleich dieser Kennwert für die Biegebemessung von Mauerwerk eine Bedeutung hat, ist die Kenntnis um die Druckfestigkeit parallel zur Lagerfuge deutlich geringer als um die Druckfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge, sodass, auch wegen des erhöhten Prüfaufwandes, nur wenige Untersuchungen darüber vorliegen. Eine Zusammenfassung veröffentlichter Ergebnisse findet sich in [5.2].

Im Vergleich zur Druckfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge erreicht die Druckfestigkeit parallel zur Lagerfuge Werte zwischen 10 und 90 %. Von entscheidendem Einfluss ist dabei, ob die Stoßfugen vermörtelt sind oder nicht und ob es sich um Hochlochsteine oder Vollsteine handelt (s. [5.20]). Bei unvermörtelten Stoßfugen und dem i. d. R. da-

Jäger, W. / Marzahn, G.

Mauerwerk Bemessung nach DIN 1053-100



Dieses Buch gibt umfassende Erläuterungen zur praktischen Anwendung der Bemessungsnorm für Mauerwerk DIN 1053-100 und über die Hintergründe des semiprobabilistischen Sicherheitskonzeptes. Aufbauend auf den mechanischen Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörteln und Mauerwerk werden die Grundlagen für den Tragwerksentwurf und die Bemessung und Nachweisführung detailliert beschrieben. Auch die Erdbebenbemessung und die Berechnung von Natursteinmauerwerk werden behandelt. Der Festigung des Verständnisses dienen zahlreiche Einzelbeispiele sowie ein vollständig durchgerechnetes Komplexbeispiel.

(541 Seiten, 293 Abb., 88 Tab. Broschur)

Aus dem Inhalt:

- EINFÜHRUNG
- NORMEN
- Vergleich der Normen
- BAUSTOFFE UND IHRE EIGENSCHAFTEN
- MECHANISCHE FESTIGKEIT UND ABLEITUNG VON BEMESSUNGSREGELN FÜR DEN GZ DER TRAGFÄHIGKEIT
- GRUNDLAGEN DER BEMESSUNG
- VEREINFACHTES NACHWEISVERFAHREN
- GENAUES NACHWEISVERFAHREN IM GZ DER TRAGFÄHIGKEIT
- SONDERKAPITEL MIT HINTERGRUNDWISSEN
- NATURSTEINMAUERWERK
- ANWENDUNGSBEISPIELE

Fax-Antwort an +49(0)30 47031 240

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	Einzelpreis
	978-3-433-01832-3	Mauerwerk - Bemessung nach DIN 1053-100	55,- €
	2116	Fachzeitschrift Mauerwerk - 1 Probeheft	kostenlos
	904852	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos

Ja, ich möchte per E-Mail über Neuigkeiten aus dem Verlag informiert werden

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner		Telefon	
UST-ID Nr./VAT-ID No.		Fax	
Straße/Nr.		E-Mail	
Land	-	PLZ	Ort

Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21
10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de

Datum / Unterschrift

*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.
Stand: Oktober 09 (homepage_Leseprobe)

Ernst & Sohn
A Wiley Company