

Zusammenfassung

zum Forschungsvorhaben

Prüfverfahren für Mauerwerk Bestimmung der Haftscherfestigkeit

ZP 52-5-15.65-1152/06

Stand : 30.01.2009

Kontakt:

(Sekretariat)
Universität Hannover, Institut für Baustoffe
Appelstraße 9 A, Raum MZ 430

Tel.: +49 (0)511.762-3722
Fax: +49 (0)511.762-4736
E-Mail: institut@baustoff.uni-hannover.de

1 Einführung

Nach DIN 1053-1 ist die Haftscherfestigkeit an Mauermörteln gemäß DIN 18555-5 an Prüfkörpern (Zweisteinkörper) aus Referenzsteinen zu bestimmen. Die so ermittelte Haftscherfestigkeit bildet u. a. die Grundlage für die Bemessung von Mauerwerk auf Biegung und Schub. Die europäisch harmonisierte Norm für Mauermörtel DIN EN 998-2 sieht die Prüfung der Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 vor. Die Prüfung nach dieser Norm unterscheidet sich von der Prüfung nach DIN 18555-5. Nach DIN EN 1052-3 erfolgt die Prüfung unter Einbeziehung unterschiedlicher Auflasten an Dreisteinkörpern. Weiterhin kann die Prüfung unter gewissen Voraussetzungen auch mit großformatigen Steinen durchgeführt werden. DIN EN 1052-3 wurde seit ihrer Entstehung mehrfach überarbeitet, so dass derzeit eine gesicherte Korrelation zwischen den Ergebnissen der beiden Prüfnormen nicht bekannt ist.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, durch ergänzende Versuche mit Normal-, Leicht- und Dünnbettmörtel die vorhandenen Lücken hinsichtlich der nach den beiden Prüfnormen ermittelten Haftscherfestigkeiten zu schließen. Letztlich soll das in DIN V 18580 bzw. DIN V 20000-412 festgelegte Verhältnis der Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 zur Haftscherfestigkeit nach DIN 18555-5 von 0,5 überprüft werden.

2 Stand der Forschung

Die Haftscherfestigkeit ist definiert als Verbundfestigkeit zwischen Mörtel und Stein bei einachsiger Scherbeanspruchung parallel zur Mörtelfuge ohne Auflast. Bei vorhandener Auflast spricht man von Scherfestigkeit, die sich aus der Haftscherfestigkeit und einem Anteil aus Reibung infolge Auflast zusammensetzt. Wenn die Haftscherfestigkeit maßgebend wird, versagt gemäß Definition der Verbund zwischen Mörtel und Stein. Bei geringen Auflasten kann das Versagen auch im Mörtel auftreten.

Die Nachweisführung auf Schub erfolgt nach DIN 1053 auf der Basis der Mann/Müllerschen Schubtheorie. Es wird dabei zwischen dem Reibungsversagen in der Fuge, dem Steinzugversagen und dem Druckversagen unterschieden. Beim Nachweis des Reibungsversagens geht direkt die Haftscherfestigkeit ein.

Nach Glitza et al. hat die Größe der Haftscherfestigkeit folgende Einflussfaktoren:

- Zusammensetzung der Mauermörtels
- Fugendicke
- Oberflächenstruktur des Steines bis hin zur Lochung / Lochanteil
- Sauberkeit der Lagerfuge
- kapillare Wasseraufnahme der Steine
- Umgebungsbedingungen beim Erhärten

In Deutschland erfolgt die Prüfung der Haftscherfestigkeit gemäß DIN 1053-1 nach DIN 18555-5. Hierbei kommen ein symmetrischer Zweisteinkörper mit einer Lagerfuge und ein Gegenkörper zur Anwendung. Durch diesen Versuchsaufbau soll eine möglichst momentenfreie Belastung des Prüfkörpers erreicht werden. Bei der Prüfung muss ein Referenzstein-Kalksandstein DIN 106 – KS 12 – 2,0 – NF mit einer Eigenfeuchte von 3 bis 5 M.-% verwendet werden. Die Wahl des Referenzsteines beruht auf den Erfahrungen, dass durch die glatte Oberfläche des KS-Steins und deren relativ hohes Saugvermögen (Wasseraufnahmefähigkeit) die geringsten Haftscherfestigkeiten verglichen mit anderen Steinarten ermittelt werden. Die Prüfung kann mit Steinen im Format NF (Normalformat), DF (Dünformat) und 2DF durchgeführt werden. Weiterhin zeichnet sich dieses Verfahren durch eine einfache Prüfkörperherstellung aus.

In der europäischen Mörtelnorm DIN EN 998-2 wird die Prüfung der Haftscherfestigkeit gemäß DIN EN 1052-3 gefordert. Die Prüfung erfolgt an einem symmetrischen Dreisteinkörper mit zwei Fugen. Dieses Prüfverfahren bietet den Vorteil, dass auch vom Format NF bzw. DF abweichende Steinformate verwendet werden können. Bei der normativen Bearbeitung der DIN EN 1052-3 kam es aufgrund von Schwierigkeiten mit der Versuchsdurchführung bereits zu mehreren Änderungen der Norm. Aktuell gilt die Fassung DIN EN 1052-3:2007-06. In der letzten Änderung wurde im Wesentlichen die Prüfung ohne Vorlast aufgenommen.

Bei der Prüfung wird zwischen dem Verfahren A und B unterschieden. Beim Verfahren A erfolgt die Prüfung bei 3 Vorlaststufen mit jeweils mindestens 3 Prüfkörpern. Die Vorlast ist bei den einzelnen Stufen im Bereich von +/- 2 % zu halten. Beim Verfahren B wird die Prüfung an mindestens 6 Probekörpern bei einer Vorlast von 0 geprüft.

Die Prüfverfahren nach DIN 18555-5 und DIN EN 1052-3 unterscheiden sich durch den Spannungszustand in der Fuge und damit sind die Messwerte nicht direkt miteinander vergleichbar. Schon früher durchgeführte Versuche von Stöckl haben gezeigt, dass die Prüfeinrichtung die Prüfergebnisse maßgebend beeinflusst, so dass eine Kalibrierung zwischen Anforderungs- und Rechenwerten vorgenommen werden muss. Die Prüfergebnisse zwischen den genannten Prüfverfahren sind somit nicht direkt umrechenbar.

Die Haftscherfestigkeit wird stark von der Mörtelart, -zusammensetzung, Steinart und dem Feuchtezustand der Steine beeinflusst. Gesicherte Anhaltswerte für die Größe Prüfergebnisse der Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 sind der Literatur nicht zu entnehmen. Die DIN V 18580 enthält Angaben zur Haftscherfestigkeit für die unterschiedlichen Mörtelarten, unabhängig von der Steinart. In DIN V 18580 sind Anforderungswerte bei Prüfung nach DIN 18555-5 für die Haftscherfestigkeit bei einer Eignungsprüfung für die unterschiedlichen Mörtelarten angegeben.

In der deutschen Restnorm DIN V 18580 ist die Prüfung der Haftscherfestigkeit für Mauermörtel vorgeschrieben, wobei die Prüfung sowohl nach DIN 18555-5 als auch nach DIN EN 1052-3 erfolgen kann. Die maßgebende Haftscherfestigkeit bei der Prüfung sowohl nach DIN 18555-5 als auch nach DIN EN 1052-3 ergibt sich aus dem Prüfwert multipliziert mit dem Faktor 1,2.

Bisherige Vergleichsuntersuchungen z. B. von Kirtschig zwischen den Prüfverfahren zeigen, dass sich die Prüfwerte deutlich unterscheiden. Neuere umfangreiche Vergleichsversuche und Auswertungen wurden am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen durchgeführt. Die Auswertungen zeigten starke Streuungen der Versuchsergebnisse, wobei die Ursachen hierfür sehr vielfältig waren. Trotz Ausschluss diverser Einflussfaktoren ergaben sich keine gesicherten Festlegungen für unterschiedliche Mauerstein-Mauermörtel-Kombinationen. Bei Berücksichtigung aller erfassten Vergleichsuntersuchungen ergab sich ein Verhältniswert von Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 zu DIN 18555-5 von rd. 0,50. Dieses Verhältnis ist in die Normvorgaben nach DIN V 18580 eingeflossen.

3 Eigene Versuche

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, durch ergänzende Versuche mit Normal-, Leicht- und Dünnbettmörtel die vorhandenen Lücken hinsichtlich der Vergleichbarkeit der nach den beiden Prüfnormen ermittelten Haftscherfestigkeiten zu schließen. Letztlich soll das in DIN V 20000-412 bzw. DIN V 18580 festgelegte Verhältnis von Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 zu Haftscherfestigkeit nach DIN 18555-5 von 0,5 überprüft werden.

Folgende Versuche wurden durchgeführt:

- jeweils eine Versuchsserie Prüfung der Haftscherfestigkeit nach DIN 18555-5 und eine Serie nach DIN 1052-3 sowohl mit Verfahren A als auch mit Verfahren B
- zur Reduzierung der Versuchsparameter nur Format NF
- Stein- / Mörtelkombinationen nach Tabelle 1
- Begleitende Prüfungen an Mauersteinen und Mauermörtel

Tabelle 1: Übersicht Versuchsserien

	MG II	MG IIa	MG III	LM 21	DM
KS-Referenzsteine	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4a Serie 4b	Serie 5 Serie 6
KS-Lochstein	---	Serie 7	---	---	---
Porenbeton	---	---	---	---	Serie 8a Serie 8b
Mauerziegel	---	Serie 9a Serie 9b	Serie 10	---	---
Hochlochziegel	---	Serie 11	---	---	---
Planziegel	---	---	---	---	Serie 12
Leichtbetonsteine	---	Serie 13	---	Serie 14	---

Zu jeder Steinsorte wurden Steinprüfungen an ganzen eingelieferten Mauersteinen durchgeführt. Alle Versuchsserien wurden mit Steinen im Format NF durchgeführt.

Eine Übersicht der Ergebnisse kann der Tafel 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Prüfergebnisse nach Mörtelarten

Serie	Steine	Mörtel	DIN 18555-5		DIN EN 1052-3			Verhältnis EN zu DIN		mit/ohne
			Prüfwert N/mm ²	Anforderung	Prüfwert ohne Vorlast	Prüfwert mit Vorlast N/mm ²	Anforderung	ohne Auflast	mit Auflast	Auflast
1	KS-Referenz	MG II	0,16	0,08	0,09	0,11	0,04	0,56	0,69	1,22
2	KS-Referenz	MG IIa	0,32	0,17	0,17	0,20	0,08	0,53	0,63	1,18
7	KSL	MG IIa	0,47	0,17	0,12	0,22	0,08	0,26	0,47	1,83
9b	Vollziegel	MG IIa	0,61	0,17	0,22	0,23	0,08	0,36	0,38	1,05
11	Hochlochziegel	MG IIa	0,43	0,17	0,18	0,26	0,08	0,42	0,60	1,44
13	V4-0,8 Leichtbeton	MG IIa	0,95	0,17	0,41	0,36	0,08	0,43	0,38	0,88
3	KS-Referenz	MG III	0,47	0,21	0,22	0,25	0,10	0,47	0,53	1,14
10	Vollziegel	MG III	0,57	0,21	0,27	0,35	0,10	0,47	0,61	1,30
5	KS-Referenz	DM (mit Stützkorn)	0,33	0,42	0,18	0,17	0,21	0,55	0,52	0,94
6	KS-Referenz	DM (ohne Stützkorn)	0,51	0,42	0,34	0,44	0,21	0,67	0,86	1,29
8a	Porenbeton PP2	DM	0,84	0,42	0,42	0,47	0,21	0,50	0,56	1,12
8b	Porenbeton PP4	DM	0,91	0,42	0,35	0,40	0,21	0,38	0,44	1,14
12	Planhochlochziegel	DM	0,48	0,42	0,22	0,31	0,21	0,46	0,65	1,41
4a ¹⁾	KS-Referenz	LM 21 Referenz	0,40	0,17	0,31	-	0,08	0,78	-	-
4b	KS-Referenz	LM 21 Referenz	0,53	0,17	0,22	0,25	0,08	0,42	0,47	1,14
14	V4-0,8 Leichtbeton	LM 21 Referenz	0,98	0,17	0,51	0,53	0,21	0,52	0,54	1,04
								0,49	0,55	1,21

¹⁾ Prüfung mit Vorlast gemäß DIN EN 1053-3 nicht auswertbar

4 Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden vergleichende Versuche zur Haftscherfestigkeit nach DIN 18555-5 und DIN EN 1052-3 durchgeführt. Die aus den Versuchen abgeleiteten Aussagen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Prüfung der Haftscherfestigkeit ist mit großen Streuungen behaftet.
- Die in den Normen angegebenen Anforderungen für die Haftscherfestigkeit werden in den allermeisten Fällen sowohl bei der Prüfung nach DIN 18555-5 als auch bei der Prüfung nach DIN EN1052-3 sowohl mit und ohne Auflast erfüllt.
- Der Dünnbettmörtel mit Stützkorn in Verbindung mit dem KS-Referenzstein hat die Anforderungen nicht erfüllt.
- Die größten Haftscherfestigkeiten werden bei Normal- und Leichtmauermörtel mit dem Leichtbetonstein gemessen.
- Die größten Haftscherfestigkeiten bei Dünnbettmörtel werden mit den Porenbetonsteinen gemessen.
- Die Prüfung mit dem Verfahren A der DIN EN 1052-3 ergibt ca. 10 % höhere Werte als die Prüfung nach dem Verfahren B.

- Die Prüfung der Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 nach dem Verfahren A mit Vorlast von Mauersteinen mit geringer Längsdruckfestigkeit liefert unter Umständen falsche Ergebnisse, da bei der Prüfung nicht die Haftscherfestigkeit sondern die Längsdruckfestigkeit der Mauersteine maßgebend ist.
- Über alle durchgeführten Versuchsserien ergeben sich beim Vergleich der Prüfverfahren folgende Verhältniswerte:
 - DIN EN 1052-3 Verfahren B zu DIN 18555-5 ==> rd. 0,5
 - DIN EN 1052-3 Verfahren A zu DIN 18555-5 ==> rd. 0,55

Die Schwankungsbreite des Verhältniswerts liegt mit wenigen Ausnahmen bei etwa 0,4 bis 0,6. Die normative Festlegung des Verhältniswerts zwischen DIN EN 1052-3 und DIN 18555-5 scheint für alle gängigen Stein-/Mörtelkombinationen praktikabel zu sein.