

Einfluß der Streubreiten von
Stein- und Mörtelqualität bei der
Festigkeitsbestimmung von bestehen-
dem Mauerwerk, insbesondere bei his-
torischen Bauten

T 2602

T 2602

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

PROF. DR.-ING. LUTZ FRANKE
LEITER DES LEHR- UND FORSCHUNGSBEREICHS
BAUPHYSIK
WERKSTOFFE IM BAUWESEN

TU HAMBURG-HARBURG

Einfluß der Streubreiten von Stein- und
Mörtelqualität bei der Festigkeitsbestimmung
von bestehendem Mauerwerk, insbesondere
bei historischen Bauten

L. Franke; G. Deckelmann; W. Goretzky

Juni 1993

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel und Programm	1
2 Stand der Forschung	4
2.1 Modelle zur Vorhersage der Mauerwerksfestigkeit	4
2.1.1 Empirische und geschlossene Ansätze	4
2.1.2 Numerische Modelle	10
2.1.2.1 Finite Element-Methode in der Mauerwerksmechanik	10
2.1.2.1.1 Mikro-Modelle	11
2.1.2.1.2 Makro-Modelle	21
2.1.2.2 Diskrete Element-Methode in der Mauerwerksmechanik	22
2.2 Studien zum Einfluß der Materialstreuung	22
3 Materialprüfungen	28
3.1 Festigkeits- und Verformungsbestimmungen am Einzelmaterial	29
3.1.1 Druckfestigkeits- und Verformungsprüfungen am Stein	29
3.1.1.1 Druckfestigkeitsprüfungen nach DIN	29
3.1.1.2 Druckfestigkeits- und Verformungsprüfungen am Prisma aus halben Steinen	32
3.1.1.3 Druckfestigkeitsprüfungen am Prisma aus ganzen Steinen	34
3.1.2 Druckfestigkeits- und Verformungsprüfungen am Mörtel	37
3.1.2.1 Prüfungen am Mörtelprisma (DIN-Lagerung)	37
3.1.2.2 Festigkeitsprüfungen am Fugenmörtel und Vergleichs- untersuchungen	37
3.1.3 Zugfestigkeitsprüfungen am Ziegel	40
3.1.3.1 Planmäßig zentrische Zugfestigkeitsprüfungen	40
3.1.3.2 Biegezugfestigkeitsprüfungen am Ziegel	41
3.1.3.3 Bewertung der Zugfestigkeitsprüfungen	42
3.2 Festigkeits- und Verformungsbestimmungen am Mauerwerksprisma	46
3.3 Festigkeitsbestimmungen am RILEM-Körper	54
3.3.1 Zusammensetzung der RILEM-Körper	54

3.3.1.1	Statistische Grundlagen	54
3.3.1.2	Festlegung der Zielfestigkeiten und Steinverteilungen in den RILEM-Körpern	55
3.3.1.2.1	RILEM-Körper aus Vollsteinen	55
3.3.1.2.2	RILEM-Körper aus Lochsteinen	60
3.3.1.3	Zerstörungsfreie Überprüfung der festgesetzten Materi- aleigenschaften	62
3.3.1.3.1	Einleitende Bemerkungen zum Ultraschall-Meß- verfahren	62
3.3.1.3.2	Versuchsbeschreibung	63
3.3.1.3.3	Durchschallung in Lastrichtung	64
3.3.1.3.4	Durchschallung in Querrichtung	65
3.3.1.3.5	Korrelationen zwischen Schallgeschwindigkeit, $E_{St;dyn}$ -Moduln und Druckfestigkeit	65
3.3.2	Durchführung der Versuche an den RILEM-Körpern	70
4	Vergleich der numerischen Nachrechnungen mit den experimentellen Ergebnissen	73
4.1	Theoretische Hintergründe des verwendeten Finiten Element-Modells . .	73
4.1.1	Notwendige Vereinfachungen für die Anwendung des Rechenmodells	73
4.1.2	Modellierung des dreidimensionalen Bruchkriteriums	74
4.1.2.1	Mathematische Formulierung einer geschlossenen Bruch- fläche	74
4.1.2.2	Abschnittsweise formulierte Bruchfläche in ANSYS . .	77
4.1.2.3	Kontrolle der im Finiten Element-Programm verwende- ten Bruchfigur	81
4.1.2.4	Beispiele für das in ANSYS formulierte Bruchverhalten	83
4.2	Verwendete Materialkennwerte für die Finiten Element-Berechnungen .	88
4.2.1	Verformungskennlinien von Stein und Mörtel	88
4.2.1.1	Verformungskennlinien des Mörtels	88
4.2.1.2	Verformungskennlinien der Steine	103
4.2.2	Kennwerte für die Beschreibung der Bruchfigur	103
4.3	Nachrechnung von Mauerwerksprüfkörpern aus Vollsteinen	104
4.3.1	Vergleich von zweidimensionalen und dreidimensionalen Berech- nungen	104
4.3.2	Gewähltes Finites Element-Modell	109
4.3.3	Ergebnisse der numerische Berechnungen und Vergleich mit den experimentellen Bruchspannungen	109

4.3.4	Vergleich der experimentellen Bruchfiguren mit dem rechnerischen Versagensmechanismus	109
4.3.5	Diskretisierung und Fehlerabschätzung	118
5	Mauerwerkstragfähigkeit bei streuenden Materialien	123
5.1	Vergleich verschiedener Ansätze zur Bestimmung der Mauerwerkstragfähigkeit	123
5.2	Ergebnisse von numerischen Simulationsrechnungen	126
5.2.1	Variation des Mittelwerts der Druckfestigkeit der Steine bei konstanter Nenndruckfestigkeit	126
5.2.2	Variation der Nenndruckfestigkeit der Steine bei konstantem Mittelwert	128
5.2.3	Einfluß der Anordnung der Steine auf das Tragverhalten	134
5.2.4	Einfluß der Steifigkeiten der Steine	136
5.2.5	Einfluß von Querspannungen auf die Tragfähigkeit	138
5.2.6	Vergleich der lokalen mit der globalen Spannung	142
5.2.7	Einfluß von Steinbiegung und Rissen quer zur Mauerwerksebene auf das Tragverhalten von Mauerwerk aus streuendem Material .	143
5.2.7.1	Biegespannungen am Beispiel eines RILEM-Körpers . .	143
5.2.7.2	Modellentwicklung zur Erfassung der Biegespannungen	143
6	Zusammenfassung	146
	Literaturverzeichnis	150
	Anhang	157
	A Biegelinien und Risse aus Biegung	
	B Einzelergebnisse von Festigkeitsuntersuchungen	