

Tragfähigkeit überwiegend horizontal beanspruchter Aussteifungsscheiben aus unbewehrtem Mauerwerk

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Thomas Kranzler
aus Koblenz / Rheinland-Pfalz

D 17
Darmstadt 2008

INHALTSVERZEICHNIS

FORMELZEICHEN UND VARIABLEN	V
1 EINLEITUNG	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung	3
1.3 Vorgehensweise	4
2 AUSGANGSSTOFFE UND TRAGVERHALTEN VON MAUERWERK.....	7
2.1 Einführung.....	7
2.2 Ausgangsstoffe.....	7
2.2.1 Mauersteine.....	7
2.2.2 Mörtel.....	9
2.2.3 Verbundeigenschaften.....	9
2.3 Tragverhalten von Mauerwerk unter Druckbeanspruchung.....	12
2.3.1 Druckbeanspruchung senkrecht zur Lagerfuge.....	12
2.3.2 Druckbeanspruchung parallel zur Lagerfuge.....	14
2.4 Tragverhalten von Mauerwerk unter Zug- und Biegezugbeanspruchung	15
2.4.1 Zug- und Biegezugbeanspruchung senkrecht zur Lagerfuge.....	15
2.4.2 Zug- und Biegezugbeanspruchung parallel zur Lagerfuge	16
2.5 Tragverhalten von Mauerwerk unter Schubbeanspruchung.....	17
2.5.1 Versagensarten von überwiegend horizontal beanspruchten Aussteifungsscheiben aus unbewehrtem Mauerwerk	18
2.5.2 Historische Entwicklung der Berechnung von schubbeanspruchtem Mauerwerk	21
2.6 Zusammenfassung.....	30

3	KRITISCHE ANALYSE AUSGEWÄHLTER SCHUBFESTIGKEITSMODELLE	33
3.1	Einführung.....	33
3.2	Modelle unter Vernachlässigung der Spannungsübertragung über die Stoßfugen	33
3.2.1	Schubfestigkeit nach Mann & Müller	34
3.2.2	Schubfestigkeit nach Graubner & Simon	37
3.2.3	Schubfestigkeit nach Simon	39
3.2.4	Schubfestigkeit nach Jäger & Schöps	45
3.2.5	Gegenüberstellung der Schubfestigkeitsmodelle	54
3.2.6	Auswertung vorliegender Messwerte zur Schubfestigkeit.....	57
3.3	Modelle unter Berücksichtigung der Spannungsübertragung über die Stoßfugen	61
3.3.1	Erweitertes Schubfestigkeitsmodell von Mann & Müller	61
3.3.2	Erweitertes Schubfestigkeitsmodell von Simon	64
3.3.3	Schubfestigkeit nach Ganz	65
3.3.4	Gegenüberstellung der Schubfestigkeitsmodelle	72
3.3.5	Auswertung vorliegender Messwerte zur Schubfestigkeit.....	75
3.4	Zusammenfassung.....	76
4	ANALYTISCHE BERECHNUNG DER TRAGFÄHIGKEIT VON AUSSTEIFUNGSSCHEIBEN.....	77
4.1	Einführung.....	77
4.2	Rechnerische Tragfähigkeit nach Navier'scher Biegelehre	78
4.2.1	Grundlagen	78
4.2.2	Kippen der Aussteifungsscheibe	79
4.2.3	Biegeversagen	80
4.2.4	Horizontales Gleiten entlang der Lagerfugen	82
4.2.5	Schubversagen.....	83
4.2.6	Gegenüberstellung der rechnerischen Tragfähigkeiten.....	95
4.3	Berechnung der Tragfähigkeit auf Basis der Plastizitätstheorie.....	96
4.3.1	Grundlagen	96

4.3.2	Materialdruckfestigkeit in Abhängigkeit des Neigungswinkels	97
4.3.3	Ermittlung der rechnerischen Tragfähigkeit	98
4.3.4	Gegenüberstellung mit den rechnerischen Tragfähigkeiten nach Navier'scher Biegelehre.....	102
4.4	Normative Bemessungsverfahren.....	103
4.4.1	Allgemeines	103
4.4.2	Deutsche Normen DIN 1053-1 und DIN 1053-100.....	104
4.4.3	Europäische Normen Eurocode 6 Teil 1 und Teil 3.....	112
4.4.4	Britische Norm BS 5628-1.....	114
4.4.5	Kanadische Norm CSA S 304-1	116
4.4.6	Australische Norm AS 3700	120
4.4.7	Schweizer Norm SIA 266	123
4.4.8	Gegenüberstellung der normativen Bemessungsverfahren.....	124
4.5	Einfluss des Teilsicherheitskonzeptes auf die horizontale Tragfähigkeit	129
4.6	Zusammenfassung.....	131
5	BERECHNUNGSMODELL FÜR DIE TRAGFÄHIGKEIT VON AUSSTEIFUNGSSCHEIBEN	133
5.1	Einführung.....	133
5.2	Tragfähigkeitsermittlung mit Hilfe der Finite Elemente Methode.....	133
5.2.1	Vereinfachte diskrete Modellierung mittels ATENA (2006).....	133
5.2.2	Kalibrierung der FE-Parameter	137
5.2.3	Parameterstudie	140
5.3	Entwicklung eines Berechnungsmodells.....	145
5.3.1	Biegedruckversagen im Eckbereich.....	145
5.3.2	Horizontales Gleiten entlang der Lagerfugen	149
5.3.3	Schubversagen – Kippen der Einzelsteine	150
5.3.4	Schubversagen – Steinzugversagen	157
5.3.5	Schubversagen – Versagen des Ecksteins nach Reibungsversagen in Wandscheibenmitte.....	168
5.4	Zusammenfassung.....	170

6	VERIFIKATION UND KALIBRIERUNG DES BERECHNUNGSMODELLS	173
6.1	Einführung.....	173
6.2	Versuche im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens ESECMaSE.....	173
6.3	Weitere Versuche an geschosshohen Wandscheiben	176
6.3.1	Versuche mit Wandscheiben aus Porenbetonmauerwerk in Anlehnung an ESECMaSE	177
6.3.2	Auswertung weiterer Forschungsarbeiten	178
6.4	Kalibrierung des Berechnungsmodells	179
6.5	Zusammenfassung.....	184
7	BEMESSUNGSVORSCHLAG	185
7.1	Einführung.....	185
7.2	Approximation für das Steinzugversagenskriterium	185
7.3	Semiprobabilistisches Teilsicherheitskonzept	188
7.4	Bemessungsvorschlag auf Basis des neuen Berechnungsmodells	191
7.5	Vergleich mit der deutschen Normung	194
7.6	Zusammenfassung.....	198
8	RESÜMEE UND AUSBLICK.....	201
	LITERATURVERZEICHNIS.....	207
	ANHANG.....