

# **Risse im Mauerwerk**

**Verformungsverhalten von Mauerwerkswänden  
infolge Temperatur und Schwinden**

Von  
Dipl.-Ing. Salim Al Bosta

**Werner-Verlag**



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Allgemeines</b>	<b>5</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	5
1.2 Rißarten und Rißursachen in Mauerwerkswänden	6
1.3 Zur Beurteilung von Rissen in Mauerwerksaußenwänden	12
1.4 Wirkungsweise der transparenten Wärmedämmung (TWD)	15
<b>2 Stand der Forschung / Bisherige Arbeiten</b>	<b>17</b>
2.1 Temperaturbelastungen für die statischen Berechnungen	17
2.2 Spannungszustände in Wänden	19
2.3 Rechenansätze für Mauerwerkswände unter Zwangbeanspruchung	20
2.3.1 Zentrischer Zwang bei kurzzeitiger (täglich) Temperaturbeanspruchung	20
2.3.2 Zentrischer Zwang durch langsam ablaufende Verformungsdifferenzen (Langzeitverhalten)	22
2.4 Verbundverhalten zwischen Mauerwerksaußenwand und Stahlbetondecken	24
<b>3 Beschreibung der mechanischen Eigenschaften und Versagenskriterien von Mauerwerk</b>	<b>28</b>
3.1 Verformungseigenschaften von Mauerwerk, Allgemeines	28
3.1.1 Zum Kriechen und zur Relaxation von Mauerwerk bei Zwang	29
3.2 Mauerwerk unter einachsiger Druckbeanspruchung	31
3.2.1 Druckfestigkeit	31
3.2.2 Druck-Elastizitätsmodul	33
3.3 Mauerwerk unter einachsiger Zugbeanspruchung	35
3.3.1 Zugfestigkeit	35
3.3.1.1 Zentrische Zugfestigkeit des Mauerwerks	37
3.3.1.2 Biegezugfestigkeit des Mauerwerks, Allgemeines	38
3.3.1.3 Eigene experimentelle Ermittlung der Biegezugfestigkeit von Mauerwerk	40
3.3.1.4 Biegezugfestigkeit parallel zur Lagerfuge von Mauerwerk mit offenen Stoßfugen	42
3.3.1.5 Biegezugfestigkeit parallel zur Lagerfuge von Mauerwerk mit vermörtelten Stoßfugen	44

3.3.2 Zug-Elastizitätsmodul	49
3.4 Mauerwerk unter zweiachsiger Beanspruchung	49
3.4.1 Versagenskriterien für Mauerwerk unter zweiachsiger Beanspruchung	49
3.4.2 Elastizitätsmodul von Mauerwerk bei zweiachsiger Beanspruchung	56
3.5 Verbundverhalten von Mauerwerk, Schubspannungs-Schlupf-Beziehung	60
<b>4 Einwirkungen</b>	<b>63</b>
4.1 Tägliche und jahreszeitliche Temperaturschwankungen	63
4.2 Ermittlung der Temperaturverteilung im Wandquerschnitt	67
4.3 Schwinden	68
4.4 Zusammenwirken von Temperatur- und Feuchtedehnung	71
4.5 Zusammenfassung der Einwirkungen für die Berechnungen	74
<b>5 Beanspruchungen in Mauerwerkswänden infolge Temperatur und Schwinden</b>	<b>75</b>
5.1 Wandsysteme	75
5.2 Eigenspannungen	78
5.3 Zwangspannungen	80
5.3.1 Zwangspannungen aus Scheibenwirkung	80
5.3.2 Einfluß der Anisotropie des Mauerwerks auf die Zwangbeanspruchungen	87
5.3.3 Zwangspannungen aus Plattenwirkung (Biegung)	91
5.3.4 Zusammenfassung der Spannungsanteile in zweiseitig gelagerten Wänden	96
5.3.5 Behinderung der Scheiben- und Plattenverformungen durch die Decken	97
5.4 Auswirkung der Zwangbeanspruchung aus Außenwänden auf die anschließenden Bauteile	103
5.4.1 Auswirkung auf Stahlbetondecken	103
5.4.2 Beanspruchungen in den Querwänden	104
5.5 Zwangspannungen und Rißbildung in Wänden mit Öffnungen	106

<b>6 Verformungsverhalten von Außenwänden bei Zwang</b>	<b>109</b>
6.1 Allgemeines	109
6.2 Zur Übertragbarkeit des Rißverhaltens dicker Stahlbetonbauteile auf Mauerwerkswände zwischen Massivdecken	110
6.3 Ansätze zur Erfassung der Rißbildung	112
6.3.1 Einleitung	112
6.3.2 Lineare elastische Bruchmechanik (LEBM)	113
6.3.3 Nichtlineare Bruchmechanik (NLBM)	115
6.3.4 Übertragbarkeit des Betonzugspannung–Rißöffnungsmodells auf das Mauerwerk	116
6.4 Rißbildung infolge Eigenspannungen	118
6.5 Rißbildung in Außenwänden infolge Zwangsspannungen	123
6.5.1 Rißmechanismuns von Außenwänden bei zentrischem Zwang	123
6.5.1.1 Vertikale Rißbildung infolge Überschreitung der Zugfestigkeit	124
6.5.1.2 Horizontale Rißbildung infolge Überschreitung der Festigkeit gegen Abscheren	127
6.5.2 Rißabstand in Wänden bei kurzzeitigem zentrischem Zwang	130
6.5.3 Reiner Biegezwang	133
6.5.4 Biegezwang überlagert mit zentrischem Druckzwang	135
6.5.5 Abschätzung der Rißbreite $\max w$	137
6.5.6 Rißauslösende Temperatur	141
6.5.7 Rißbildung infolge Eigen- und Zwangsspannungen	142
6.6 Ermittlung des Verformungsverhaltens in Mauerwerkswänden unter Berücksichtigung der physikalischen Nichtlinearität mit Hilfe von FE-Berechnungen	144
6.6.1 Vertikale Rißbildung in Wandmitte durch Überschreiten der Zugfestigkeit	144
6.6.1.1 Wandsysteme für vertikale Rißbildung	144
6.6.1.2 Materialgesetze	146
6.6.1.3 Verformungen bei vertikaler Rißbildung	148
6.6.1.4 Spannungsumlagerung und Systemwechsel durch die Rißbildung	151
6.6.1.5 Trennrißabstände und Rißbreiten infolge vertikaler Rißbildung	156
6.6.1.6 Verallgemeinerung für anderes Material	158

6.6.1.7 Vergleich der Ergebnisse aus linearer und nichtlinearer Rechnung	159
6.6.1.8 Einfluß der Auflast auf die vertikale Rißbildung	161
6.6.1.9 Einfluß der Kerbwirkung auf die Rißbildung	163
6.6.2 FE-Berechnung des Gleitens der Dachdecke auf Mauerwerkswand	167
6.6.2.1 Wandsysteme für das Gleiten der Dachdecke auf Mauerwerkswand	167
6.6.2.2 Materialgesetze; Kontaktelemente zum Simulieren des Verbundes	169
6.6.2.3 Horizontale Rißbildung durch Überschreitung der Wandfestigkeit gegen Abscheren bei Wanderwärmung	170
6.6.2.4 Horizontale Rißbildung durch Wanderwärmung und vertikale Rißbildung in Wandmitte durch anschließende Abkühlung	182
6.6.2.5 Vergleich zwischen ebenen und räumlichen Systemen	185
<b>7 Anwendungsbeispiele und Konstruktive Maßnahmen</b>	<b>189</b>
7.1 Vorgehensweise zur Ermittlung der Wärmespannungen bzw. -dehnungen in geschlossenen Wänden	189
7.2 Rechenbeispiele	195
7.3 Konstruktive Maßnahmen	204
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>206</b>
<b>Literatur</b>	<b>214</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>255</b>