

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung.....	1
1.2 Inhalt und Gliederung der Arbeit.....	2
2 Historisches gipshaltiges Mauerwerk	5
2.1 Vorbemerkungen	5
2.2 Allgemeines	5
2.3 Herstellung und Eigenschaften von Gips.....	6
2.3.1 Herstellung.....	6
2.3.2 Mechanische Eigenschaften	7
2.3.3 Einfluss der Feuchte auf die mechanischen Eigenschaften	9
2.3.4 Verformungseigenschaften	11
2.4 Historische Gipsmörtel.....	11
2.4.1 Definitionen.....	11
2.4.2 Herstellung.....	11
2.4.3 Mechanische Eigenschaften / Verformungseigenschaften	12
2.4.4 Einfluss der Feuchte auf das mechanische Verhalten.....	12
2.4.5 Witterungsbeständigkeit	14
2.4.6 Materialunverträglichkeit.....	14
2.5 Historisches Mauerwerk.....	16
3 Viskoelastisches Verhalten von Gipsmörtel.....	17
3.1 Rheologische Modellansätze für viskoelastisches Materialverhalten	17
3.1.1 Vorbemerkungen	17
3.1.2 Rheologische Grundelemente	17
3.1.3 Rheologische Grundkörper	19
3.1.4 Drei-Elemente-Körper	21
3.1.5 Der BURGERS-Körper	22
3.2 Ansätze zur Beschreibung des Kriechverhaltens	22
3.2.1 Vorbemerkungen	22
3.2.2 Grundlegende Zusammenhänge bei einstufiger Einwirkung	23
3.2.3 Lineare Kriechtheorien bei veränderlicher Spannungsgeschichte.....	25
3.2.4 Rheologische Modelle für lineare Kriechtheorien	26
3.3 Zusammenhang zwischen Kriechen und Relaxieren.....	27
3.4 Lastabhängige Formänderungen von Gips und Gipsmörtel	29
3.4.1 Vorbemerkungen	29
3.4.2 Elastische Formänderung	29

3.4.3	Kriechverformung	30
3.4.4	Ansätze zur Beschreibung von Kriechverformungen von Gipsmörtel	36
3.4.5	Schlussfolgerungen.....	38
4	Dauerhaftigkeit von historischem Mauerwerk	39
4.1	Vorbemerkungen	39
4.2	Beanspruchung des Fugen- bzw. Mauermörtels im Mauerwerk	40
4.2.1	Beanspruchung durch mechanische Einwirkungen.....	40
4.2.2	Beanspruchung durch Witterungseinflüsse	40
4.3	Schädigung des Fugenmörtels und des Stein-Mörtel-Verbundes	43
4.3.1	Mörtelabwitterung.....	44
4.3.2	Rissbildung.....	44
4.3.3	Ausblühungen.....	45
4.4	Anforderungen an den Mörtel.....	46
4.4.1	Verarbeitungseigenschaften.....	47
4.4.2	Feuchtetransporteigenschaften.....	48
4.4.3	Thermische und hygrische Dehnungen	49
4.4.4	Mechanische Eigenschaften.....	50
4.4.5	Dauerhaftigkeitseigenschaften	52
4.5	Feuchte- und Wärmehaushalt von porösen Baustoffen	52
4.5.1	Feuchtespeicherung	52
4.5.2	Feuchtetransport	56
4.5.3	Feuchteübergang	57
4.5.4	Überlagerte Feuchtetransportvorgänge.....	57
4.5.5	Wärmespeicherung	59
4.5.6	Wärmetransport.....	60
4.6	Bestehende Modelle zur Dauerhaftigkeitsbeurteilung von Mauerwerk	61
4.6.1	Vorbemerkungen	61
4.6.2	Empirisches Bewertungsverfahren	62
4.6.3	Lineare Spannungsberechnung im Verbund	64
4.6.4	Modelle auf Basis numerischer Verfahren.....	66
4.6.5	Kombinierte FE- oder RE-Modelle.....	74
4.6.6	Schlussfolgerungen.....	83
5	Experimentelle Untersuchungen.....	85
5.1	Ziele der Versuche	85
5.2	Verwendete Mörtel und Rohstoffe	86
5.2.1	Rezepturen	86
5.2.2	Charakterisierung der verwendeten Rohstoffe	87

5.3	Versuche zur Ermittlung des Druckkriechverhaltens von Gips und Gipsmörtel	89
5.3.1	Vorüberlegungen	89
5.3.2	Versuchsprogramm	90
5.3.3	Versuchsaufbau.....	91
5.3.4	Darstellung der Ergebnisse der Druckkriechversuche und Diskussion	92
5.4	Versuche zur Ermittlung des Zugkriechverhaltens von Gips und Gipsmörtel	100
5.4.1	Vorüberlegungen	100
5.4.2	Versuchsprogramm	100
5.4.3	Versuchsaufbau.....	101
5.4.4	Darstellung der Ergebnisse und Diskussion	103
5.5	Weitere Untersuchungen an Mörteln	105
5.6	Schlussfolgerungen	107
6	Modellierung des viskoelastischen Materialverhaltens von Gips und Gipsmörtel	109
6.1	Vorbemerkungen	109
6.2	Berechnung des Austrocknungsverhaltens der Versuchszylinder mit DELPHIN	109
6.2.1	Zusammenstellung der für die Berechnungen verwendeten feuchtetechnischen Parameter	109
6.2.2	Approximation der Feuchtespeicherfunktionen.....	110
6.2.3	Berechnung der Feuchteverteilung in Gipszylindern während des Austrocknens	111
6.3	Gemessene Austrocknung der Probekörper während der Zugkriechversuche	114
6.4	Feuchteabhängiges Kriechmodell für Gips und Gipsmörtel.....	115
6.4.1	Modellbildung.....	115
6.4.2	Anwendung des Kriechmodells auf durchgeführte Druckkriechversuche.....	120
6.4.3	Anwendung des Kriechmodells auf durchgeführte Zugkriechversuche	123
6.5	Schlussfolgerungen	125
7	Dauerhaftigkeitsprognosen für nachträgliche Gipsverfugungen	127
7.1	Vorbemerkungen	127
7.2	Ingenieurmodell	127
7.2.1	Allgemeines	127
7.2.2	Rissbildung parallel zur Fuge (Flankenabrisse).....	128
7.2.3	Rissbildung senkrecht zur Fuge (Mörtelrisse).....	129
7.2.4	Versuche zur Verifikation des Modells.....	130
7.2.5	Vergleich der Rissbildung mit der Vorhersage und Bewertung des Modells ..	132
7.2.6	Berechnungen mit dem Ingenieurmodell	133
7.2.7	Untersuchungen am Verbund	136

7.2.8	Implementierung von Feuchte- und Frosteinwirkung	139
7.2.9	Kopplung der Berechnung mit einer Datenbank zum „Ingenieurtool“.....	140
7.3	Forschungsmodell	142
7.3.1	Vorbemerkungen.....	142
7.3.2	Struktur des Forschungsmodells	143
7.3.3	Modell zum Wärme- und Feuchtetransport (DELPHIN)	144
7.3.4	Mechanisches Modell (DIANA).....	148
7.3.5	Kopplung von DELPHIN und DIANA	150
7.3.6	Berechnung des Kriechverhaltens austrocknender Gipszylinder	152
7.3.7	Exemplarische Berechnungen am Zweistein-Körper	154
7.4	Schlussfolgerungen	161
8	Zusammenfassung und Ausblick	163
8.1	Zusammenfassung	163
8.2	Ausblick	165
9	Literaturverzeichnis	167
10	Anhang	177