

Thermomechanik hydratisierenden Betons **– Theorie, Numerik und Anwendung –**

von

Jens Huckfeldt

Bericht Nr. 93-77

aus dem Institut für Statik
der Technischen Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Heinz Duddeck
Prof. Dr.-Ing. Hermann Ahrens

Braunschweig 1993

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Bezeichnungen	III
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Annahmen und Voraussetzungen	2
1.3 Stand des Wissens	5
1.4 Ziele der Arbeit	7
2 Reaktionskinetik des hydratisierenden Betons	9
2.1 Chemische und physikalische Grundlagen	9
2.2 Phänomenologische Beschreibung	16
3 Thermomechanik des hydratisierenden Betons	25
3.1 Geometrische Linearisierung	25
3.2 Bilanzgleichungen	26
3.3 Hauptsätze der Thermodynamik	27
4 Materialgleichungen des hydratisierenden Betons	37
4.1 Zugfestigkeit	37
4.2 Ribbildung	43
4.3 Hypoelastizität	51
4.4 Viskosität	56
5 Übergang zur finiten Formulierung	67
5.1 Problembeschreibung	68
5.2 Konsistente Linearisierung	71
5.3 Navier'sche Formulierung	74
5.4 Integrale Formulierung	76
5.5 Finite Raum-Zeit-Übersetzung	79
5.6 Wahl der Wichtungsfunktionen	83

6	Zeitschrittsteuerung	87
6.1	Stabilität und Genauigkeit	87
6.2	Alternative zur p-h-Adaption	89
6.3	Testbeispiel	94
7	Verifikation von Theorie und Berechnungsmodell	101
7.1	Stoffgesetzvariation	101
7.2	Kriechen und Relaxation	105
7.3	Weggesteuerter Bruch	111
7.4	Langandauernder Zwang im Zugbereich	116
8	Anwendungen	119
8.1	Zeitvariante thermische Parameter	119
8.2	Betonierfortschritt	121
8.3	Rohrinnenkühlung	127
8.4	Wandausschnitt	135
8.5	Wand auf Fundament	143
8.6	Fundamentplatte	149
8.7	Maßnahmen zur Rißvermeidung	160
9	Zusammenfassung	177
	Literaturverzeichnis	181
A	Beschreibung der betrachteten Betone	193
A.1	Betonzusammensetzung	193
A.2	Zementzusammensetzung	194
A.3	Modellparameter	195
B	Linearisierung der Evolutionsgleichungen	197
B.1	Temperaturgradienten	197
B.2	Spannungsgradienten	202
C	Numerische Aspekte des Rißöffnungsverhaltens	205
C.1	Existenz und Eindeutigkeit	205
C.2	Stabilität	206
D	Mathematische Grundlagen	209
D.1	Tensoralgebra	209
D.2	Invarianten	212
D.3	Differentialoperatoren	214
D.4	Integraloperatoren	216
