

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 4

Bauingenieurwesen

Dipl.-Ing. Rainer Wiesner,
Hameln

Nr. 184

**Beanspruchungen von
massigen Betonsohlen
unter frühem
Temperaturzwang**

HLuHB Darmstadt



15396407

VDI Verlag

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Bezeichnungen	X
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Stand der Forschung.....	3
1.2.1 Experimentelle Methoden zur Ermittlung der Beanspruchungen.....	4
1.2.2 Mechanische Modelle zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens	5
1.2.3 Numerische Rechenverfahren.....	6
1.3 Zielsetzung und Inhalt der Arbeit	6
2 Hydratation des Betons	9
2.1 Allgemeines.....	9
2.2 Ablauf der Hydratation.....	10
2.3 Verfahren zur Ermittlung der Hydratationswärme.....	12
2.4 Wirksames Betonalter – Reifefunktion.....	14
2.5 Hydratationsgrad.....	17
2.6 Zusammenfassung	19
3 Werkstoffeigenschaften des jungen Betons	20
3.1 Allgemeines.....	20
3.2 Thermische Eigenschaften des Betons.....	21
3.2.1 Spezifische Wärmekapazität	21
3.2.2 Wärmeleitzahl.....	21

3.3	Mechanische Eigenschaften des Betons	22
3.3.1	Spannungs-Dehnungs-Beziehungen	22
3.3.2	Zugbruchdehnung	24
3.3.3	Druckfestigkeit	25
3.3.4	Zugfestigkeit	28
3.3.5	Elastizitätsmodul	30
3.3.6	Querdehnzahl	31
3.3.7	Wärmedehnzahl	32
3.4	Schwinden und Quellen	35
3.5	Viskoelastisches Verhalten	37
3.6	Zusammenfassung	40
4	Messtechnik und Ergebnisse eigener Versuche	42
4.1	Allgemeines	42
4.2	Eigenschaften des Bauwerksbetons	43
4.2.1	Betonzusammensetzung	43
4.2.2	Adiabatische Wärmeentwicklung	44
4.2.3	Betondruckfestigkeit	46
4.2.4	Betonzugfestigkeit	48
4.2.5	Elastizitätsmodul	50
4.3	Messtechnik der in-situ Untersuchungen	51
4.3.1	Temperaturmesselemente	51
4.3.2	Betondehnungsmesselemente	54
4.3.3	Berechnung von Betonspannungen aus gemessenen Dehnungen	60
4.4	Berechnung von Rissbreiten aus gemessenen Dehnungen	64
4.5	Durchgeführte in-situ Untersuchungen	66
4.5.1	Baubeschreibung der Schifffahrtsschleuse	66
4.5.2	Planung der in-situ Untersuchungen	67
4.5.3	Ablauf der in-situ Untersuchungen	72

4.6	Ergebnisse der in-situ Untersuchungen	74
4.6.1	Temperaturmessungen.....	74
4.6.2	Messung der Betondehnungen	80
4.7	Zusammenfassung	88
5	Berechnung der Temperatur- und Erhärtungsfelder während der Hydratation	89
5.1	Allgemeines.....	89
5.2	Berechnung von Temperaturfeldern	91
5.2.1	Wärmeleitungsgleichung	92
5.2.2	Wärmeübergangsbedingungen	93
5.2.3	Hydratationswärmeentwicklung	94
5.3	Berechnung von Erhärtungsfeldern.....	95
5.4	Verifikation des Berechnungsmodells	96
5.4.1	System- und Materialeigenschaften	96
5.4.2	Randbedingungen.....	100
5.4.2.1	Anfangstemperaturen.....	100
5.4.2.2	Wärmeübergangszahlen.....	101
5.4.2.3	Umgebungstemperatur	102
5.4.3	Ergebnisse.....	103
5.5	Zusammenfassung	109
6	Berechnung der Verschiebungs- und Spannungsfelder während der Hydratation	110
6.1	Allgemeines.....	110
6.2	Erhärtung des Betons.....	110
6.3	Viskoelastisches Verhalten	113
6.4	Berechnungsmodell.....	114

6.5	Verifikation des Berechnungsmodells	114
6.5.1	Elementierung und Randbedingungen	115
6.5.2	Einwirkungen	117
6.5.3	Ergebnisse	117
6.5.3.1	Unbehinderte Temperaturdehnungen.....	117
6.5.3.2	Elastische Dehnungen.....	118
6.5.3.3	Gesamtdehnungen	121
6.5.3.4	Betonspannungen im Bauteil.....	123
6.5.3.5	Risszeitpunkt.....	128
6.6	Spannungsentwicklung in der Schleusensole	131
6.7	Zusammenfassung	135
7	Ermittlung von Beanspruchungen in massigen Fundamenten während der Hydratation.....	136
7.1	Allgemeines	136
7.2	Berechnung der Zwangsschnittgrößen.....	136
7.3	Schnittgrößenverläufe an der Schifffahrtsschleuse	137
7.4	Variation der Berechnungsparameter	140
7.4.1	Frischbetontemperatur.....	141
7.4.2	Herstellzeitabstand des letzten Bauabschnitts.....	144
7.4.3	Entfernen der Wärmedämmung	144
7.4.4	Bauteildicke	146
7.4.5	Bauteilbreite.....	150
7.4.6	Jahreszeit beim Betonieren	151
7.5	Zusammenfassung	155

8	Bemessungsmodell für die Rissbreitenbegrenzung	156
8.1	Allgemeines	156
8.2	Aktuelle normative Anforderungen.....	156
8.2.1	Begrenzung der Rissbreiten durch direkte Berechnung.....	157
8.2.2	Vergleich der Bemessungsergebnisse	163
8.3	Bemessung nach DIN 1045-1	166
8.3.1	Erforderliche Bewehrung aus den beobachteten Risszeitpunkten.....	166
8.3.2	Erforderliche Bewehrung aus der Spannungsberechnung	168
8.3.3	Berücksichtigung der weiteren Sohlenabkühlung	170
8.4	Bemessungsvorschlag für massige Betonsohlen bei Temperaturzwang- beanspruchungen durch abfließende Hydratationswärme	171
8.5	Zusammenfassung	174
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	175
	Anlagen.....	179
	Literaturverzeichnis	245