

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
1.1	Problemstellung und Ziel	1
1.2	Übersicht über die Arbeit	2
2	ZUM WASSERHAUSHALT DES BETONS	3
2.1	Porenraum und Wasserbindung	3
2.1.1	Vorbemerkungen	3
2.1.2	Die Porosität des Zementsteins	4
2.1.3	Die Bindung des Wassers im Porenraum	7
2.1.4	Die Sorptionsisotherme	11
2.2	Feuchtetransport im Beton	18
2.2.1	Mechanismen des Feuchtetransports	18
2.2.2	Ansätze zur Beschreibung des Feuchtetransports	21
2.3	Feuchtebedingungen in Betonbauteilen bei erhöhter Temperatur	29
3	STAND DER ERKENNTNISSE ÜBER DEN EINFLUSS ERHÖHTER TEMPERATUR BIS CA. 100 °C AUF DIE BETONEIGENSCHAFTEN	38
3.1	Einaxiale Betondruckfestigkeit bei erhöhter Temperatur	38
3.2	Betonzugfestigkeit bei erhöhter Temperatur	46
3.3	Elastizitätsmodul und Spannung-Dehnungsbeziehung bei erhöhter Temperatur	50
3.4	Thermische Betondehnung	54
3.5	Betonkriechen bei erhöhter Temperatur	57
3.5.1	Einflüsse aus Werkstoffstruktur und -zustand	57
3.5.1.1	Einfluß von Zementart, -menge und Mahlfineinheit	57
3.5.1.2	Einfluß des Wasserzementwertes	59
3.5.1.3	Einfluß der Zuschlagart	60
3.5.1.4	Einfluß des Belastungsalters	61
3.5.1.5	Einfluß der Erhärtingsbedingungen	63
3.5.1.6	Bewertung und offene Fragen	65
3.5.2	Einflüsse aus der Lasteinwirkung	66
3.5.2.1	Einfluß des Belastungsgrades	66
3.5.2.2	Einfluß der Belastungsdauer	67

3.5.2.3	Verzögerte Elastizität bei erhöhter Temperatur	69
3.5.2.4	Bewertung und offene Fragen	70
3.5.3	Einflüsse der thermisch-hygrischen Umgebungsbedingungen	71
3.5.3.1	Einfluß erhöhter, stationärer Temperatur	71
3.5.3.2	Einfluß der Feuchtebedingungen bei erhöhter Temperatur	73
3.5.3.3	Einfluß erhöhter, instationärer Temperatur	77
3.5.3.4	Bewertung und offene Probleme	80
4	PROGRAMM UND TECHNIK EIGENER VERSUCHE	81
4.1	Versuchsprogramm	81
4.1.1	Überblick über das Versuchsprogramm	81
4.1.2	Konditionierungs- und Versuchsklimata	82
4.1.3	Versuchsprogramm zum Festigkeits- und Kurzzeitverformungsverhalten	83
4.1.4	Versuchsprogramm zur thermischen Betondehnung	84
4.1.5	Versuchsprogramm zum Kriechen und Schwinden	84
4.1.6	Programm der Strukturuntersuchungen	85
4.2	Baustoffe und Probekörper	86
4.2.1	Verwendete Baustoffe	86
4.2.2	Geometrie und Herstellung der Probekörper	87
4.3	Eingesetzte Versuchstechnik	90
4.3.1	Versuchstechnik für das Festigkeits- und Kurzzeitverformungsverhalten	90
4.3.2	Kriechversuchseinrichtungen	91
5	VERSUCHSERGEBNISSE UND DISKUSSION	95
5.1	Versuchsergebnisse zur thermischen Betondehnung	95
5.1.1	Einfluß der Zuschlagart und der Bindemittelart	95
5.1.2	Einfluß der Betonfeuchte	96
5.1.3	Einfluß zyklischer Temperierung	97
5.1.4	Diskussion der Versuchsergebnisse zur thermischen Betondehnung	99
5.1.5	Zusammenfassung	102

5.2	Ergebnisse der Strukturuntersuchungen an Beton	104
5.2.1	Porositätsmessungen mittels Quecksilberdruckporosimetrie	104
5.2.2	Strukturuntersuchungen mittels Differentialthermoanalyse	108
5.2.3	Diskussion der Ergebnisse der Strukturuntersuchungen	110
5.2.4	Zusammenfassung	114
5.3	Versuchsergebnisse zum Festigkeits- und Kurzzeitverformungsverhalten	114
5.3.1	Einflüsse auf die Druckfestigkeit	114
5.3.1.1	Einfluß der Temperaturhöhe und -einwirkungsdauer	114
5.3.1.2	Einfluß der Betonfeuchte	116
5.3.1.3	Einfluß zyklischer Temperierung	118
5.3.1.4	Einfluß der Zuschlagart	118
5.3.1.5	Einfluß der Bindemittelart	121
5.3.2	Einflüsse auf die Spaltzugfestigkeit	121
5.3.3	Einflüsse auf den Elastizitätsmodul und die Spannung-Dehnungsbeziehung	124
5.3.4	Diskussion der Versuchsergebnisse zum Festigkeits- und Kurzzeitverformungsverhalten	127
5.3.5	Zusammenfassung	133
5.4	Versuchsergebnisse zur Betontrocknung	134
5.4.1	Einfluß der Temperaturhöhe und der Umgebungsfeuchte	134
5.4.2	Einfluß zyklischer Klimatisierung	134
5.4.3	Einfluß der Zuschlagart und der Bindemittelart	136
5.4.4	Beschreibung der zeitlichen Trocknungsentwicklung	137
5.4.5	Zusammenfassung	140
5.5	Versuchsergebnisse zum Betonschwinden	140
5.5.1	Einfluß der Temperaturhöhe und der Umgebungsfeuchte	140
5.5.2	Einfluß zyklischer Temperierung	143
5.5.3	Einfluß der Zuschlagart und der Bindemittelart	144
5.5.4	Zusammenfassung	144

5.6	Versuchsergebnisse zum Betonkriechen	144
5.6.1	Phänomenologische Beschreibung der Versuchsergebnisse	144
5.6.2	Einfluß der Temperaturhöhe und der Umgebungsfeuchte	146
5.6.3	Einfluß der Abfolge von Temperatur und Last	148
5.6.4	Verzögert elastische Verformung	150
5.6.5	Einfluß zyklischer Temperierung	151
5.6.6	Einfluß der Zuschlagart und der Bindemittelart	152
5.6.7	Zusammenfassung	153
6	ZUR BESCHREIBUNG UND VORHERSAGE DES SCHWINDENS UND KRIECHENS VON BETON BEI ERHÖHTER TEMPERATUR	154
6.1	Schwinden	154
6.1.1	Mechanismen und Beschreibung des Schwindens bei Normaltemperatur	154
6.1.2	Vorhersage des Schwindens bei erhöhter Temperatur	159
6.1.3	Zusammenfassung	165
6.2	Kriechen	166
6.2.1	Mechanismen und Komponenten des Kriechens	166
6.2.2	Funktionen zur Beschreibung des zeitlichen Kriechverlaufs	169
6.2.3	Erfassung des Einflusses erhöhter Temperatur auf das Betonkriechen	174
6.2.4	Bestehende Ansätze zur Kriechvorhersage für erhöhte Temperatur	176
6.2.5	Überprüfung der Eignung der Kriechvorhersagemethode nach CEB/FIP für erhöhte Temperatur	178
6.2.6	Erweiterung der Kriechvorhersagemethode von Müller für erhöhte Temperatur	186
6.2.7	Zusammenfassung	193
7	FOLGERUNGEN FOR PRAXIS UND FORSCHUNG	194
8	ZUSAMMENFASSUNG	197
9	LITERATUR	200