

Inhalt

1	Problem- und Zielstellung	1
2	Stand der Forschung	3
2.1	Baustoffverhalten von Beton bei hohen Temperaturen	3
2.1.1	Gefügeveränderungen von Beton bei instationärer Temperaturbeanspruchung	3
2.1.2	Prüfregime für die Ermittlung des Festigkeits- und Verformungsverhaltens	6
2.1.3	Spannungs-Dehnungs-Linien, Festigkeit, E-Modul und Bruchdehnung	7
2.1.4	Verformungsverhalten von Beton bei instationärer Temperaturbeanspruchung	18
2.1.5	Zerstörungsfreie Charakterisierung der Rissbildung durch Schallemissionsanalyse (SEA) und Ultraschallverfahren (US)	22
2.1.6	Abplatzverhalten von Beton unter Brandbeanspruchung	23
2.2	Bauteilverhalten von Stahlbetonstützen unter Brandbeanspruchung	26
2.3	Bemessungsverfahren für Stahlbetonstützen unter Brandbeanspruchung	28
3	Lösungsansatz	30
4	Baustoffuntersuchungen	32
4.1	Thermomechanischer Prüfstand	32
4.1.1	Vorüberlegungen	32
4.1.2	Prüfeinrichtung	32
4.1.3	Belastungseinrichtung	33
4.1.4	Verformungsmesseinrichtung	34
4.1.5	Vergleich und Bewertung der Messsysteme	36
4.1.6	Erwärmungsvorrichtung	37
4.1.7	Messsystem für die SEA und US-Messungen	38
4.2	Versuchsprogramm	40
4.2.1	Betontechnologische Daten	40
4.2.2	Temperatur- und Lastregime	41
4.3	Temperaturmessungen	43
4.3.1	Aufheizrate 1 K/min	43
4.3.2	Aufheizrate 15 K/min	46
4.4	Messungen des Massenverlusts	48

4.5	Rissbildung bei hohen Temperaturen	50
4.5.1	SEA und US-Messungen während der thermischen Beanspruchung	50
4.5.2	US-Messungen nach der thermischen Beanspruchung im abgekühlten Zustand	60
4.5.3	Mikroskopische Untersuchungen	62
4.5.4	Strukturuntersuchungen mittels Quecksilberdruckporosimetrie	63
4.6	Thermomechanisches Verhalten	66
4.6.1	Spannungs-Dehnungs-Linien, Festigkeit, E-Modul und Bruchdehnung	67
4.6.2	Verformungsverhalten von Beton bei instationärer Temperaturbeanspruchung	77
4.7	Zusammenfassung der Baustoffuntersuchungen	84
5	Bauteiluntersuchungen an Stahlbetonstützen aus hochfestem Beton unter Brandbeanspruchung	87
5.1	Prüfprogramm	87
5.1.1	Probekörper	87
5.1.2	Stützenprüfofen	88
5.1.3	Durchführung der Prüfungen	89
5.2	Versuchsergebnisse	89
5.2.1	Temperaturen	89
5.2.2	Verformungen und Kräfte	91
5.2.3	Versagen	91
5.2.4	Vergleich mit Experimenten aus der Literatur	93
5.3	Untersuchung der brandbeanspruchten Stütze mit 3D-Computertomographie	93
5.4	Zusammenfassung der Bauteiluntersuchungen	96
6	Numerische Simulation	97
6.1	Materialmodellierung	97
6.1.1	Thermisch	97
6.1.2	Mechanisch	99
6.2	Simulationsprogramm	104
6.3	Simulation der Baustoffversuche	105
6.4	Simulation des Bauteilversuchs	105
6.4.1	Modellierung	106
6.4.2	Ergebnisse	107
6.5	Zusammenfassung der numerischen Simulation	113

7	Zusammenfassung	114
8	Ausblick	116
9	Literatur	117
Anhang A	Betoneigenschaften und Probekörperdaten	123
Anhang B	Analytische Beschreibung der Ergebnisse aus den Baustoffuntersuchungen	125
Anhang C	Bemessung der Stahlbetonstütze	128
Anhang D	Temperaturmessungen der Stahlbetonstütze	129
Anhang E	Temperaturberechnung am Betonzyylinder	130
Anhang F	Materialkennwerte für die Simulationsrechnungen	131