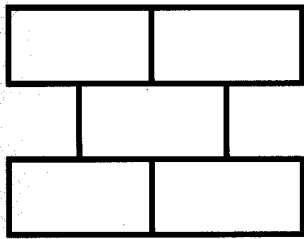
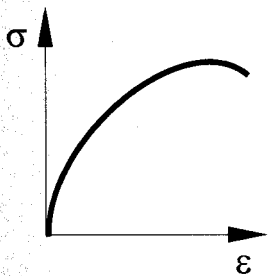


TU

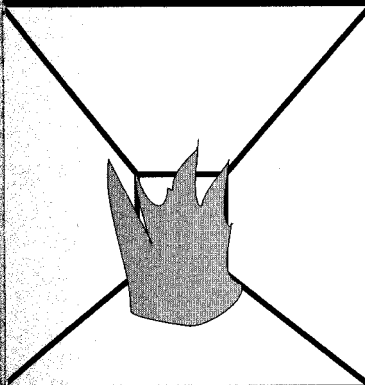
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN



Institut für
Baustofflehre,
Bauphysik
und Brandschutz



Brandverhalten von Hochleistungsbetonen



**Johannes Horvath
Ulrich Schneider
Ulrich Diederichs**

INHALTSVERZEICHNIS

1	<u>ALLGEMEINES</u>	1
2	<u>STAND DER WISSENSCHAFT</u>	4
2.1	ALLGEMEINES	4
2.2	BRANDEINWIRKUNGEN	4
2.2.1	VERBRENNUNG VON FLÜSSIGKEITEN	5
2.2.2	ABLAUF EINES SCHADENSFEUERS	7
2.2.3	MERKMALE EINES TUNNELBRANDES	8
2.2.4	DER EINFLUSS DER TUNNELGEOMETRIE AUF DIE FEUERGRÖÖE (HRR)	10
2.2.5	BRANDKURVEN	11
2.3	ULTRAHOCHFESTER BETON (UHPC)	16
2.3.1	ENTWICKLUNG	16
2.3.2	GRUNDPRINZIP ZUR HERSTELLUNG ULTRAHOCHFESTER BETONE	17
2.3.3	ANWENDUNGEN	17
2.4	HOCHFESTER BETON FÜR UNTERIRDISCHE VERKEHRSANLAGEN	19
2.5	SELBSTVERDICHTENDER BETON (SCC)	20
2.6	TUNNELINNENSCHALENBETONE	22
2.6.1	EIGENSCHAFTEN	22
2.6.2	ERFAHRUNGEN BEI BRÄNDEN IN TUNNELN	22
2.7	SPRITZBETONE	24
3	<u>KONZEPT</u>	26
3.1	AUFGABENSTELLUNG	26
3.2	METHODE	26
3.3	ZIEL	26
4	<u>PHÄNOMENE DES BETONABPLATZENS</u>	28
4.1	ARTEN VON BETONABPLATZUNGEN	28
4.2	EXPLOSIVE ABPLATZUNGEN	30
4.2.1	THERMISCHE PROZESSE	30
4.2.1.1	Thermomechanische Prozesse	33
4.2.1.1.1	Thermische Spannungen	33
4.2.1.1.2	Dehnungsunverträglichkeiten zwischen Zuschlag und Zementstein	34
4.2.1.1.3	Zuschlagsumwandlungen	34
4.2.1.2	Thermohydraulische Prozesse	35
4.2.1.2.1	Feuchteströmungen und Porendrücke	35
4.2.2	AUSWIRKUNGEN EXPLOSIONSARTIGER ABPLATZUNGEN	38
4.2.3	AUSSAGEN ANDERER AUTOREN	38
4.3	ABPLATZZEITPUNKT	39

5	<u>OPTIMIERUNG DER BETONSTRUKTUR IM HINBLICK AUF DAS ABPLATZVERHALTEN</u>	40
5.1	GRUNDSÄTZLICHE ÜBERLEGUNGEN	40
5.2	POLYPROPYLENFASERN BEI TEMPERATUREINWIRKUNG	41
5.2.1	WIRKUNG VON EINZELFASERN (MONOFILAMENTE) AUS POLYPROPYLEN (PERMEATIONSTHEORIE)	43
5.2.2	FASERLÄNGEN	45
5.3	ANDERE FASERN	46
5.4	GUMMIGRANULAT	48
5.5	STAHLFASERN BEI TEMPERATUREINWIRKUNG	49
6	<u>SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN ULTRAHOCHFESTEN BETONEN (UHPC)</u>	51
6.1	UNTERSUCHUNGEN ZUM ABPLATZVERHALTEN	51
6.1.1	VERSUCHSREIHE 1	51
6.1.1.1	Mischungen	51
6.1.2	ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE	52
6.1.3	VERSUCHSREIHE 2	54
6.1.3.1	Mischungen	54
6.1.4	ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE	55
6.2	TEMPERATURABHÄNGIGE FESTIGKEITEN VON UHPC	60
6.2.1	MISCHUNGEN	60
6.2.2	BIEGEZUGFESTIGKEIT	61
6.2.3	DRUCKFESTIGKEIT	62
6.2.4	GEWICHTSVERLUST	64
6.2.5	REM – UNTERSUCHUNGEN	65
6.2.6	XRD- ANALYSEN	71
6.3	STRUKTURUNTERSUCHUNGEN MITTELS QUECKSILBER-DRUCK-POROSIMETRIE AN ULTRAHOCHFESTEM BETON BEI HOHEN TEMPERATUREN	75
6.4	BESTIMMUNG DER THERMISCHEN AUSDEHNUNG	78
7	<u>SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN HPC</u>	82
7.1	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	82
7.2	ABPLATZVERHALTEN	84
7.3	TEMPERATURKURVEN	91
7.4	TEMPERATURABHÄNGIGE FESTIGKEITEN BEI HOCHFESTEN PP- FASERBETONEN	92
7.4.1	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	92
7.4.2	ABSOLUTE DRUCKFESTIGKEIT	94
7.4.3	RELATIVE DRUCKFESTIGKEIT	95
7.4.4	GEGENÜBERSTELLUNG VON WARM- UND KALTD RUCKFESTIGKEITEN	99
7.4.5	GEWICHTSVERLUST	100
7.5	TEMPERATURABHÄNGIGE FESTIGKEITEN BEI HOCHFESTEN STAHLFASERBETONEN	102
7.5.1	ABSOLUTE DRUCKFESTIGKEIT	103
7.5.2	RELATIVE DRUCKFESTIGKEIT	105
7.5.3	GEGENÜBERSTELLUNG DER WARM- UND KALTD RUCKFESTIGKEITEN	107
7.5.4	GEWICHTSVERLUST	109
7.6	VERGLEICH VON ERGEBNISSEN HOCHFESTER BETONE AUS RWS- UND ETK- BELASTUNGEN	110

7.7 VERWENDUNG HOCHFESTER BETONE ALS TUNNELBETON	111
<u>8 SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN SELBSTVERDICHTENDEN BETONEN (SCC)</u>	<u>115</u>
8.1 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	115
8.2 ABPLATZVERHALTEN	116
8.3 TEMPERATURKURVEN	120
8.4 TEMPERATURABHÄNGIGE FESTIGKEITEN	120
8.4.1 ABSOLUTE DRUCKFESTIGKEIT	121
8.4.2 RELATIVE DRUCKFESTIGKEIT	122
8.4.3 GEWICHTSVERLUST	122
<u>9 SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN TUNNELINNENSCHALENBETONEN</u>	<u>124</u>
9.1 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	124
9.2 ABPLATZVERHALTEN	125
9.3 TEMPERATURKURVEN	130
9.4 BRANDVERSUCHE MIT ETK- KURVE	133
9.5 TEMPERATURABHÄNGIGE FESTIGKEITEN	134
9.5.1 WARMDRUCKFESTIGKEITEN	135
9.5.2 KALTD RUCKFESTIGKEITEN	136
9.5.3 GEGENÜBERSTELLUNG DER WARM – UND KALTD RUCKFESTIGKEITEN	138
9.5.4 GEWICHTSVERLUST	141
9.5.5 ERKENNTNISSE FÜR DIE PRAXIS	142
<u>10 SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN SPRITZBETON</u>	<u>144</u>
10.1 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	144
10.2 ABPLATZVERHALTEN	144
10.3 ERKENNTNISSE FÜR DIE PRAXIS	147
<u>11 GROSSBRANDVERSUCHE AN TUNNELBAUTEILEN AUS INNENSCHALENBETON- UND SPRITZBETON</u>	<u>148</u>
11.1 TUNNELINNENSCHALENBETON	148
11.1.1 PROBEKÖRPERHERSTELLUNG	148
11.1.2 KONSTRUKTIVE DURCHBILDUNG DER KALOTTE	150
11.1.3 EINBAU IN DEN BRANDRAUM	150
11.1.4 INSTRUMENTIERUNG	153
11.1.5 ERGEBNISSE DES 1. BRANDVERSUCHS V1	155
11.1.6 ERGEBNISSE DES 2. BRANDVERSUCHS V2	156
11.1.7 ERGEBNISSE DES 3. BRANDVERSUCHS V3	158
11.1.8 ERGEBNISSE DES 4. BRANDVERSUCHS V4	159
11.1.9 THERMISCHE ANALYSEN – DTA UND TG	160
11.1.9.1 Ergebnisse aus V1	161
11.1.9.2 Ergebnisse aus V2	163
11.1.9.3 Erkenntnisse und Interpretation der Untersuchung	164
11.1.10 ERKENNTNISSE AUS DEN VERSUCHEN	165
11.2 GROSSVERSUCHE FÜR SPRITZBETON	166

11.2.1	PROBEKÖRPERHERSTELLUNG	166
11.2.2	SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEM VERSUCH	169
11.3	ZUSAMMENFASSUNG DER PRAKTISCHEN ERKENNTNISSE AUS DEN GROSSBRANDVERSUCHEN	170
11.4	ZUSAMMENFASSUNG DER PRAKTISCHEN ERKENNTNISSE AUS DEN GROSSBRANDVERSUCHEN MIT SPRITZBETON	171
12	ZUSAMMENFASSUNG	173
13	AUSBLICK	174
14	LITERATURVERZEICHNIS	175
