

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Beschreibung des Verbundverhaltens bei Raumtemperatur	3
2.1 Allgemeines	3
2.2 Experimentelle Ermittlung der Verbundgesetze . .	6
2.3 Stoffgesetze des Verbundes	10
2.4 Differentialbeziehungen des verschieblichen Verbundes	12
2.5 Sprengrißbildung	14
2.6 Nichtlineare Stoffgesetze	17
2.7 Zeitliche Einflüsse auf das Verbundverhalten . .	17
3. Stand der Erkenntnisse des Hochtemperaturverbundver- haltens	21
3.1 Untersuchungen der Verbundrestfestigkeit nach kurzer Temperatureinwirkung	21
3.2 Untersuchungen der Restfestigkeiten nach langer Temperatureinwirkung	24
3.3 Untersuchung des Verbundverhaltens unter hohen Temperaturen	26
4. Eigene Versuche	34
4.1 Allgemeines	34
4.2 Wahl der Versuchskörper	34
4.3 Parameter der Verbunduntersuchungen	36
4.3.1 Stahl	37
4.3.2 Beton	37
4.3.3 Zentrische Ausziehversuche	40
4.3.4 Exzentrische Ausziehversuche	40
4.3.5 Verankerungen	42
4.4 Last-Temperatur-Zeit-Programme	43
4.4.1 Ausziehversuche	44
4.4.2 Instationäre Kriechversuche	45
4.4.3 Stationäre Kriechversuche	45
4.5 Baustoffuntersuchungen	46
4.5.1 Baustoffuntersuchungen bei Raumtemperatur	46
4.5.2 Baustoffuntersuchungen bei Hochtemperatur	46

	Seite
5. Versuchseinrichtungen	
5.1 Allgemeines	48
5.2 Verbundprüfeinrichtungen	48
5.2.1 Belastungseinrichtung	50
5.2.2 Ofen und Heizregelung	51
5.3 Meßsysteme und Meßwerterfassung	51
5.3.1 Wegmessung	51
5.3.2 Kraftmessung	55
5.3.3 Temperaturmessung	55
5.3.4 Meßwerterfassung	55
6. Versuchsergebnisse	56
6.1 Allgemeines	56
6.2 Thermische Dehnung	56
6.3 Spaltzugfestigkeit	59
6.4 Temperaturabhängige Verbundgesetze der zentri- schen Ausziehversuche	60
6.4.1 Allgemeines	60
6.4.2 Einfluß der Stahlart	60
6.4.3 Einfluß der Zuschlagsart	62
6.4.4 Einfluß der Lagerungsart	64
6.4.5 Einfluß der Betondruckfestigkeit	64
6.4.6 Einfluß der Verbundlänge	66
6.4.7 Verbundgesetze aus weggeregelten Ver- suchen	66
6.4.8 Verbundbruchspannungen	68
6.5 Der Einfluß der Betondeckung auf das Verbund- verhalten	71
6.5.1 Allgemeines	71
6.5.2 Verbundgesetze exzentrischer Stäbe	71
6.5.3 Vergleich zwischen Rand- und Ecklage	76
6.6 Der Einfluß des Stababstandes auf die Spreng- rißbildung bei Verwendung von Doppelstäben	79
6.6.1 Allgemeines	79
6.6.2 Verbundgesetze von Doppelstäben	80
6.6.3 Sprengrißverhalten	82
6.7 Der Einfluß hoher Temperaturen auf das Last- verschiebungsverhalten von Haken	84
6.7.1 Allgemeines	84
6.7.2 Verbundgesetze von Haken	85
6.7.3 Einfluß der Hakenform	87
6.7.4 Einfluß der Stahlart	90
6.7.5 Vergleich der temperaturabhängigen Bruch- lasten	92

	Seite
6.8 Instationäres Verbundkriechen	94
6.8.1 Allgemeines	94
6.8.2 Einfluß der Betondruckfestigkeit	97
6.8.3 Einfluß der Stahlart	99
6.8.4 Einfluß der Zuschlagsart	100
6.8.5 Einfluß der Lagerungsart	102
6.8.6 Einfluß von Vorlasten	102
6.8.7 Versagenstemperaturen	103
6.9 Stationäres Verbundkriechen	105
6.9.1 Allgemeines	105
6.9.2 Stationäres Kriechen nach Aufheizung unter Last	106
6.9.3 Stationäres Verbundkriechen nach Bela- stung bei hohen Temperaturen	110
7. Stahl und Verbundspannungen sowie Verschiebungen bei konstanten Temperaturen und äußeren Lasten	112
7.1 Vorbemerkungen	112
7.2 Temperaturabhängige Materialgesetze	114
7.2.1 Stoffgesetze des Verbundes	114
7.2.1.1 Allgemeines	114
7.2.1.2 Wahl des Ansatzes zur Beschreibung der temperaturabhängigen Stoffge- setze des Verbundes	115
7.2.2 Temperaturabhängige Materialgesetze des Stahls	121
7.2.2.1 Allgemeines	121
7.2.2.2 Beschreibung der verwendeten Mate- rialgesetze des Stahles	121
7.2.3 Temperaturabhängige Materialgesetze des Betons	123
7.2.3.1 Allgemeines	123
7.2.3.2 Beschreibung der verwendeten Ma- terialgesetze des Betons	123
7.3 Rechenansätze zur Ermittlung der Spannungsver- teilung und Stabverschiebung entlang der Stab- achse eines geraden Haftankers	125
7.3.1 Vorbemerkungen	125
7.3.2 Allgemeine Differentialbeziehungen	126
7.3.3 Näherungslösung durch schrittweise Inte- gration	126
7.3.4 Spannungsverteilungen und Stabverschie- bungen entlang der Stabachse	128
7.3.5 Untersuchungen mit vorgegebenen Veranke- rungslängen nach DIN 1045	131

	Seite
7.3.6 Einfluß der Betondeckung auf die Spannungsverteilung, Stabverschiebungen und auf das Sprengbruchverhalten	134
7.3.7 Einfluß der Betondeckung auf die Spannungsverteilungen und Stabverschiebungen sowie auf das Sprengbruchverhalten unter Berücksichtigung der Verankerungslänge λ_0	139
7.4 Rechenansätze zur Ermittlung der Spannungsverteilung und der Stabverschiebung entlang der Stabachse in der gerissenen Zugzone	143
7.4.1 Vorbemerkung	143
7.4.2 Ermittlung der Spannungsverteilungen und Stabverschiebungen	144
7.4.3 Spannungsverteilungen und Stabverschiebungen in der Zugzone eines gerissenen Bauteiles	147
8. Stahl- und Verbundspannungen sowie Verschiebungen bei konstanten äußeren Lasten infolge instationärer Temperaturen	150
8.1 Vorbemerkungen	150
8.2 Materialgesetze für instationäre Temperaturen	152
8.2.1 Instationäre Kriechgesetze des Verbundes	152
8.2.2 Isothermische Stoffgesetze des instationären Verbundkriechens	156
8.2.3 Materialgesetze des Stahles unter Berücksichtigung des Kriecheinflusses	159
8.2.4 Materialgesetze des Betons unter Berücksichtigung des Kriecheinflusses	160
8.3 Rechenansätze zur näherungsweise Ermittlung der Spannungsverteilungen und Stabverschiebungen entlang der Stabachse unter instationären Temperaturen	162
8.4 Spannungsverteilungen und Stabverschiebungen infolge Zwang entlang der Eintragungslänge	164
9. Schlußbetrachtungen	169
9.1 Zusammenfassung	169
9.2 Offene Probleme	174
10. Literaturverzeichnis	176