

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung . . . . .	4
1.1 Problem und Aufgabenstellung . . . . .	4
1.2 Stand der Erkenntnisse . . . . .	6
1.2.1 Festigkeitsverhalten des Stahlbetons bei natürlichen Bränden . . . . .	8
1.2.2 Thermische Dehnung des Stahlbetons bei natürlichen Bränden . . . . .	12
1.2.3 Wärmeübergang in den Stahlbetonbauteilen bei natürlichen Bränden . . . . .	15
1.3 Tragverhalten von Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden .	17
1.4 Schlußfolgerungen . . . . .	20
2. Entwicklung eines Rechenverfahrens zur Bestimmung der Feuerwider- standsdauer und der Grenzlasten von Stahlbetonstützen bei natürli- chen Bränden . . . . .	22
2.1 Voraussetzungen . . . . .	22
2.1.1 Definition der Feuerwiderstandsdauer und der Grenzlasten	22
2.1.2 Bestimmung des Tragverhaltens von Stahlbetonstützen für ein Repräsentatives System . . . . .	24
2.1.3 Allgemeine Einschränkungen . . . . .	25
2.2 Berechnungsgrundlagen . . . . .	26
2.2.1 Rechenannahmen . . . . .	27
2.2.1.1 Thermische Belastung der Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden . . . . .	27
2.2.1.2 Annahmen hinsichtlich des Verformungsverhaltens des Stahlbetons . . . . .	27
2.2.2 Einführung der Hochtemperatursteifigkeiten für Stahl- betonstützen . . . . .	28
2.2.3 Einführung bereichsweise konstanter Stabsteifigkeiten .	29
2.3 Stahlbetonstützen mit nichtlinearem Last-Verformungsverhalten bei natürlichen Bränden . . . . .	29
2.3.1 Bereichsweise Linearisierung des Last-Verformungsverhal- tens der Stahlbetonstützen . . . . .	29
2.3.2 Anwendung des W-Gewichte-Verfahrens für die Verformungs- rechnungen nach Theorie II. Ordnung . . . . .	30
2.3.3 Einführung einer wirksamen Hochtemperatursteifigkeit für die Stahlbetonstützen . . . . .	31
2.3.4 Sonderfall: Stabknicken und Bestimmung eines Traglast- zustands über die Ersatzsystemlänge . . . . .	32

	Seite
2.4 Thermodynamische Probleme . . . . .	35
2.4.1 Brandverlauf bei natürlichen Bränden . . . . .	35
2.4.2 Wärmeübergang bei natürlichen Bränden . . . . .	38
2.4.3 Ventilationsbedingungen . . . . .	41
2.5 Bestimmung der Feuerwiderstandsdauer von Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden . . . . .	42
2.5.1 System und Belastungen . . . . .	42
2.5.2 Iterative Bestimmung der Stützenverformungen . . . . .	44
2.5.3 Bestimmung der Feuerwiderstandsdauer von Stahlbeton- stützen . . . . .	44
2.5.4 Bestimmung der Grenzlasten nach einer bestimmten Brand- dauer . . . . .	46
2.5.5 Bestimmung der Resttragfähigkeit der Stahlbetonstützen nach einem Schadensfeuer . . . . .	50
2.5.6 Bestimmung der Grenz- und sicheren Brandlasten . . . . .	51
3. Leistungsfähigkeit des aufgestellten Rechenprogramms . . . . .	52
3.1 Rechentechnische Probleme . . . . .	52
3.2 Numerische Stabilität . . . . .	53
3.3 Arbeitsweise des Programms . . . . .	54
4. Parametrische Untersuchung zum Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden . . . . .	59
4.1 Belastungen der untersuchten Stahlbetonstützen . . . . .	59
4.2 Verformungsverhalten der Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden . . . . .	59
4.2.1 Gesamtverformungsbild der Stützen . . . . .	59
4.2.2 Verlauf der Durchbiegungen . . . . .	62
4.2.3 Verlauf der Durchbiegungsgeschwindigkeiten . . . . .	63
4.2.4 Verlauf der wirksamen Hochtemperatursteifigkeiten . . . . .	68
4.2.5 Verlauf der Knicklänge des Ersatzstabes . . . . .	73
4.3 Gegenüberstellung der Feuerwiderstandsdauer von Stahlbeton- stützen im Norm- und natürlichen Brand . . . . .	76
4.3.1 Definition der Grenzbrandlast . . . . .	76
4.3.2 Definition der sicheren Brandlast . . . . .	79
4.4 Berücksichtigung der geometrischen Geschichte . . . . .	86
4.4.1 Entwicklung der Querschnittsdegradation im Brandfall . . . . .	86
4.4.2 Gegenüberstellung der Verformungen mit und ohne Berück- sichtigung der geometrischen Geschichte . . . . .	89

5. Äquivalente Branddauer von Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden	92
5.1 Definition der äquivalenten Branddauer	92
5.1.1 Anwendung verschiedener Kriterien zur Bestimmung der äquivalenten Branddauer	92
5.2 Bestimmung der äquivalenten Branddauer der Stahlbetonstützen über das Temperaturkriterium	102
5.3 Bestimmung der äquivalenten Traglasten	105
5.4 Untersuchungsergebnisse	110
6. Untersuchung der totaldehnbehinderten Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden	113
6.1 Grundlagen der Berechnung	113
6.2 Berücksichtigung der Erwärmungsgeschwindigkeit des Querschnitts	114
6.3 Vergleich der Rechenergebnisse mit den Versuchen im Normbrand	120
6.4 Entwicklung der Zwangskräfte der Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden	122
6.5 Einfluß der Federsteifigkeit auf die Entwicklung von Zwangskräften	125
6.6 Bestimmung einer relaxationsabhängigen Äquivalentenbranddauer	128
6.7 Bestimmung einer äquivalenten Federsteifigkeit	129
7. Exemplarische Traglastuntersuchungen der Stahlbetonstützen einer Halle in einem wirklichen Schadensfeuer	132
7.1 Geometrie des Brandraumes, Statisches System der untersuchten Hallenstützen	132
7.2 Annahmen über die thermodynamischen Randbedingungen	134
7.3 Durchführung einer Wärmebilanzrechnung	134
7.3.1 Nachrechnung von natürlichen Bränden	134
7.3.2 Berechnung von Brandraumtemperaturen der Stahlbetonhalle im Schadensfeuer	136
7.4 Aufstellung eines brandlastabhängigen Traglastdiagramms der Stahlbetonhallenstützen	137
7.5 Äquivalente Branddauer der Stahlbetonhallenstützen	140
8. Zusammenfassung	142
I - Schrifttum	I
II - Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	V
III - Anhang	IX