

Slava Naumann

Parameterstudie zur
brandschutztechnischen Bemessung von
Stahlbetonstützen

Diplomarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Fachhochschule Lippe und Höxter

Fachbereich Bauingenieurwesen

Konstruktiver Ingenieurbau

Diplomarbeit

Parameterstudie zur brandschutztechnischen
Bemessung von Stahlbetonstützen

Diplomand:

Slava Naumann

Detmold, Juni 2008

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
1 Einleitung	10
1.1 Problemstellung	10
1.2 Zielsetzung	10
1.3 Gliederung der Arbeit	11
2 Grundlagen	13
2.1 Brandschutz	13
2.2 Brandablauf	14
2.3 Gesetzliche Grundlagen	16
2.4 Technische Baubestimmungen	19
2.4.1 Allgemeines	19
2.4.2 Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen nach DIN 4102	20
2.5 Hochtemperaturverhalten von Stahlbetonstützen	24
2.5.1 Allgemeines	24
2.5.2 Abplatzverhalten	25
2.5.3 Hochtemperaturverhalten von Beton und Stahl	26
2.5.4 Temperaturverteilung im Querschnitt	29
3 Brandschutzbemessung nach DIN	32
3.1 Geschichtlicher Abriss	32
3.2 Bemessung nach DIN 4102-4	33
3.3 DIBt-Richtlinie als Übergangslösung	35
3.4 Bemessung nach DIN 4102-22	40
3.4.1 Allgemeines	40
3.4.2 α^* -Verfahren	42
3.4.3 Neue Tabelle 31	43
3.4.4 Erweiterte Tabelle 31	46
3.5 Randbedingungen der neuen Tabelle 31	48
3.6 Bemessungsbeispiel 1	51
3.6.1 Brandschutzbemessung nach DIN 4102-4	53
3.6.2 Brandschutzbemessung nach DIBt-Richtlinie	53
3.6.3 Brandschutzbemessung nach DIN 4102-22 (α^* -Verfahren)	53
3.6.4 Brandschutzbemessung nach DIN 4102-22 (Neue Tabelle 31)	55

3.6.5	Brandschutzbemessung nach DIN 4102-22 (erweiterte Tabelle 31)	55
3.6.6	Bemessungsbeispiel 2	56
3.6.7	Brandschutzbemessung nach DIBt-Richtlinie	58
3.6.8	Brandschutzbemessung nach DIN 4102-22 (α^* -Verfahren).....	59
4	Brandschutzbemessung nach EC	62
4.1	Allgemeines.....	62
4.1.1	Geschichtlicher Abriss.....	63
4.1.2	DIN V ENV 1992-1-2.....	64
4.1.3	DIN EN 1992-1-2.....	64
4.2	Tabellarische Bemessung.....	66
4.3	Bemessungsbeispiel 3	68
4.4	Vereinfachtes Berechnungsverfahren.....	72
4.5	Bemessungsbeispiel 4	79
4.5.1	Programmgesteuerte Berechnung	79
4.5.2	Berechnung mit einem Interaktionsdiagramm.....	81
4.6	Allgemeines Rechenverfahren	83
4.6.1	Thermische Analyse.....	84
4.6.1.1	Thermische Einwirkungen.....	84
4.6.1.2	Temperaturverteilung in Bauteilen	85
4.6.1.3	Mechanische Analyse	90
4.6.1.4	Mechanische Einwirkungen	90
4.6.1.5	Tragfähigkeit von Bauteilen.....	91
5	Parameterstudie	96
5.1	Allgemeines.....	96
5.2	Kalte Bemessung	97
5.3	Programmbeschreibung.....	99
5.4	Pendelstütze	102
5.4.1	Festlegung der Parameter	102
5.4.2	Brandschutztechnische Bemessung	105
5.4.2.1	Berechnungsergebnisse ($l = 6 \text{ m}$, $c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$).....	105
5.4.2.2	Berechnungsergebnisse ($l = 6 \text{ m}$, $c_{\text{nom}} = 30 \text{ mm}$).....	108
5.4.2.3	Berechnungsergebnisse ($l = 6 \text{ m}$, $c_{\text{nom}} = 35 \text{ mm}$).....	111
5.4.2.4	Berechnungsergebnisse ($l = 4 \text{ m}$, $c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$).....	114
5.4.2.5	Berechnungsergebnisse ($l = 4 \text{ m}$, $c_{\text{nom}} = 30 \text{ mm}$).....	117
5.4.2.6	Berechnungsergebnisse ($l = 4 \text{ m}$, $c_{\text{nom}} = 35 \text{ mm}$).....	120
5.4.3	Auswertung von Berechnungsergebnissen.....	123
5.4.3.1	Allgemeines.....	123
5.4.3.2	Auswirkung der Stützenlänge	124
5.4.3.3	Überschreitungen des Ausnutzungsgrades	126
5.4.3.4	Auswirkung des Achsabstandes	129
5.4.3.5	Auswirkung der kalten Bemessung.....	129
5.5	Kragstütze	132

5.5.1	Brandschutztechnische Bemessung	132
5.5.1.1	Versuchsstütze 1.....	133
5.5.1.2	Versuchsstütze 2.....	139
5.5.1.3	Versuchsstütze 3.....	146
6	Zusammenfassung und Ausblick	153
	Anlage 1:.....	157
	Anlage 2:.....	158
	Literaturverzeichnis	159
	Erklärung	164

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Brandschutzmaßnahmen [Kordina 1999].....	13
Abbildung 2.2:	Brandphasen [Kordina 1999]	15
Abbildung 2.3:	Übersicht der bauaufsichtlichen Brandschutz-Forderung	17
Abbildung 2.4:	Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen nach DIN 4102	21
Abbildung 2.5:	Einheits-Temperaturzeitkurve nach DIN 4102-2	22
Abbildung 2.6:	Abplatzungen bei einer Stütze nach einer Brandeinwirkung.....	25
Abbildung 2.7:	Temperaturabhängiger Spannungs-Dehnungs-Verlauf für Normalbeton [Werner 2006].....	27
Abbildung 2.8:	Relative Strackgrenze von Baustählen bei Temperaturerhöhung [Kordina 1999].....	28
Abbildung 2.9:	Temperaturabhängige Längenänderung von Beton und Stahl [Mehlhorn 1997]	29
Abbildung 2.10:	Temperaturfelder im Stützenquerschnitt [Avak 2007/1]	30
Abbildung 2.11:	Temperatur- und zeitabhängige Einwirkungen und Widerstände im Brandfall [Avak 2007/1]	31
Abbildung 3.1:	Achsabstand der Bewehrung [Kordina 1999].....	33
Abbildung 3.2:	Tabelle 31. Mindestdicke und Mindestachsabstände der Stützen aus Normalbeton [DIN 4102-4].....	34
Abbildung 3.3:	Tabelle 4.1. Mindestdicken und Mindestachsabstände von Stahlbetonstützen aus Normalbeton [DIN V ENV 1992-1-2].....	36
Abbildung 3.4:	Tabelle 4.1. Mindestdicken und Mindestachsenabstände von Stahlbetonstützen aus Normalbeton [DIBt-Richtlinie]	37
Abbildung 3.5:	Ermittlung von $v_{Rd,fi(0)}$ mit Hilfe des Interaktionsdiagramms	39
Abbildung 3.6:	Faktor α^* [DIN 4102-22]	43
Abbildung 3.7:	Parameter für die Ermittlung der tabellierten Stützenquerschnitte [Hosser 2005].....	44
Abbildung 3.8:	Tabelle 31 aus der Anlage 3.1/10 (2007) zu DIN 4102-22.....	45
Abbildung 3.9:	Erweiterte Tabelle 31 aus der Anlage 3.1/10 (2008) zu DIN 4102- 22	47
Abbildung 3.10:	Lineare Interpolation der Mindestdicken in Abhängigkeit der Stützenlänge [Richter 2007].....	48
Abbildung 3.11:	Verformung der Stütze in innen liegenden Geschossen [Richter 2007]	49
Abbildung 3.12:	Verformung der Stützen im obersten Geschossen [Richter 2007]	49
Abbildung 3.13:	Ausschnitt aus der neuen Tabelle 31	55
Abbildung 3.14:	Ausschnitt aus der erweiterten Tabelle 31	56
Abbildung 4.1:	Nicht nach DIN 4102 geregelte Stahlbetonstützen	62
Abbildung 4.2:	Tabelle 5.1a zur brandschutztechnischen Bemessung von Stahlbetonstützen [EN 1992-1-2]	67
Abbildung 4.3:	Verkleinerter Querschnitt einer Stahlbetonstütze [EN 1992-1-2]	73
Abbildung 4.4:	Unterteilung einer Wand in Zonen für die Berechnung der Festigkeitsreduktion und a_z -Werte [EN 1992-1-2]	74
Abbildung 4.5:	Beiwert $k_c(\Theta)$ zur Berücksichtigung des Abfalls der charakteristischen Druckfestigkeit (f_{ck}) von Beton [EN 1992-1-2]	74

Abbildung 4.6:	Reduktion des Querschnitts einer Stütze [EN 1992-1-2].....	75
Abbildung 4.7:	Reduktion der Betondruckfestigkeit [EN 1992-1-2]	76
Abbildung 4.8:	Werte für die Hauptparameter der Spannungs- Dehnungsbeziehung von Normalbeton bei erhöhten Temperaturen [EN 1992-1-2]	76
Abbildung 4.9:	Temperaturprofile für R 90 [EN 1992-1-2].....	77
Abbildung 4.10:	Reduktion der charakteristischen Stahlfestigkeit [EN 1992-1-2]	77
Abbildung 4.11:	Werte für die Parameter der Spannungs-Dehnungsbeziehung von Betonstahl bei erhöhten Temperaturen [EN 1992-1-2].....	78
Abbildung 4.12:	Berücksichtigung der Verteilung von Bewehrungsstäben im Stützenquerschnitt [Vogelsang 2008].....	79
Abbildung 4.13:	Brandverhalten der Baustoffe [Zehfuß 2004]	83
Abbildung 4.14:	Spezifische Wärme von Beton mit quarzhaltigem Zuschlag in Abhängigkeit von Temperatur [EN 1992-1-2].....	86
Abbildung 4.15:	Wärmekapazität von Stahl [EN 1993-1-2]	86
Abbildung 4.16:	Thermische Leitfähigkeit von Beton [EN 1992-1-2].....	87
Abbildung 4.17:	Thermische Leitfähigkeit von Stahl [EN 1993-1-2]	88
Abbildung 4.18:	Thermische Dehnung von Beton [EN 1992-1-2]	88
Abbildung 4.19:	Thermische Dehnung von Stahl [EN 1993-1-2].....	89
Abbildung 4.20:	Temperaturverteilung (links) und Isothermen (rechts) in °C [Column]	89
Abbildung 4.21:	Veränderung des Reduktionsfaktors η_{fi} als Funktion der Einwirkungen $Q_{k,1} / G_k$ [Hosser 2006].....	91
Abbildung 4.22:	Temperaturabhängige Spannungs-Dehnungslinien von Beton [Hosser 2006].....	92
Abbildung 4.23:	Temperaturabhängiger Abfall der Druckfestigkeit von Beton [EN 1992-1-2]	93
Abbildung 4.24:	Temperaturabhängiger Abfall der Zugfestigkeit von Beton [EN 1992-1-2]	93
Abbildung 4.25:	Typisierte temperaturabhängige Spannungs-Dehnungslinien von Betonstahl [EN 1992-1-2].....	94
Abbildung 4.26:	Temperaturabhängige Spannungs-Dehnungslinien von Baustahl [Hosser 2006].....	94
Abbildung 4.27:	Temperaturabhängige Abnahme des E-Moduls von Stahl [Müller 2005]	95
Abbildung 5.1:	Verkrümmungsverlauf der Modelstütze [Avak 2007].....	98
Abbildung 5.2:	FE-Netz (Ausschnitt aus dem Ergebnissausdruck) [Column]	100
Abbildung 5.3:	Spannungen in einem Rechteckquerschnitt bei zentrischer Belastung (links) und Biegemoment (rechts) [Column].....	101
Abbildung 5.4:	Grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen (l = 6 m; $c_{nom} = 25$ mm).....	105
Abbildung 5.5:	Grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen (l = 6 m; $c_{nom} = 30$ mm).....	108
Abbildung 5.6:	Grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen (l = 6 m; $c_{nom} = 35$ mm).....	111
Abbildung 5.7:	Grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen (l = 4 m; $c_{nom} = 25$ mm).....	114
Abbildung 5.8:	Grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen (l = 4 m; $c_{nom} = 30$ mm).....	117

Abbildung 5.9:	Grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen ($l = 4 \text{ m}$; $c_{\text{nom}} = 35 \text{ mm}$).....	120
Abbildung 5.10:	Vergleich der Mindestquerschnittsdicken für $_{\text{max}}l = 6 \text{ m}$ und $_{\text{min}}l =$ 2 m der erweiterten Tabelle 31.....	124
Abbildung 5.11:	Vergleich der Mindestquerschnittsdicken der Tabelle 5.1a und der erweiterten Tabelle 31.....	125
Abbildung 5.12:	Vergleich der Mindestachsabstände der Tabelle 5.1a und der erweiterten Tabelle 31.....	125
Abbildung 5.13:	Grafische Darstellung der Tabelle 5.5.....	128
Abbildung 5.14:	Ausnutzungsfaktor in Abhängigkeit von dem Verhältnis $N_{\text{GK}}/N_{\text{QK}}$	128
Abbildung 5.15:	Erforderliche und vorhandene Bewehrungsmenge unter Brandangriff in Abhängigkeit von Ausnutzungsfaktor.....	130
Abbildung 5.16:	Brandschutztechnische Einstufung der Stütze mit unterschiedlichen Kaltbemessungsergebnissen	131
Abbildung 5.17:	Erforderliche Bewehrungsmenge für Gebrauchs- und Brandfall in Abhängigkeit von der Belastung, des Bewehrungsbildes und des Achsabstandes.....	136
Abbildung 5.18:	Einwirkungsmoment und Widerstandsmoment unter Brandbeanspruchung in Abhängigkeit von der Branddauer (Lastfall 1, $d = 55 \text{ mm}$)	137
Abbildung 5.19:	Längskrafteinwirkung und Bauteilwiderstand unter Brandbeanspruchung in Abhängigkeit von der Branddauer (Lastfall 1, $d = 55 \text{ mm}$)	138
Abbildung 5.20:	Einwirkungsmoment und Widerstandsmoment unter Brandbeanspruchung in Abhängigkeit von der Branddauer (Lastfall 1, $d = 45 \text{ mm}$)	138
Abbildung 5.21:	Temperaturverteilungen bei Normbrand für R 90 (links $d = 45 \text{ mm}$, rechts $d = 55 \text{ mm}$) [Column].....	139
Abbildung 5.22:	Isothermen für R 90 mit 8 $\varnothing 14$ und 4 $\varnothing 20$ mit $d = 45 \text{ mm}$. Ausschnitt aus dem Ergebnissausdruck [Column].....	142
Abbildung 5.23:	Erforderliche Bewehrungsmenge für den Gebrauchs- und Brandfall in Abhängigkeit von der Stützenlänge und des Bewehrungsbildes	144
Abbildung 5.24:	Isothermen für R 90 mit 8 $\varnothing 14$ und 4 $\varnothing 20$ mit $d = 55 \text{ mm}$. Ausschnitt aus dem Ergebnissausdruck [Column].....	144
Abbildung 5.25:	Erforderliche Bewehrungsmenge für den Brandzustand in Abhängigkeit von Lastfällen und Branddauer.....	149
Abbildung 5.26:	Ermittlung der Schnittgrößen am unverformten (links) und verformten System [Avak 2007/2]	150
Abbildung 5.27:	Bemessungswerte der Normalkraft in Abhängigkeit von Lastfällen für Gebrauchs- und Heißzustand	151
Abbildung 5.28:	Feuerwiderstandsdauer in Abhängigkeit von M/N-Verhältnis	151

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Gebäudeklassen nach Landesbauordnung [LBO 2002]	18
Tabelle 2.2:	Aktuelle Normen für Beton und Stahlbeton	20
Tabelle 2.3:	Maßgebende Normteile der DIN 4102 für die Betonbauweise	20
Tabelle 2.4:	Zuordnung der Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 zu den bauordnungsrechtlichen Anforderungen nach MBO	23
Tabelle 2.5:	Arten, Ursachen und Wirkungen von Abplatzungen bei normalfestem Beton	26
Tabelle 3.1:	Bisherige Entwicklung der tabellarischen Brandschutzbemessung ..	32
Tabelle 3.2:	Interpolation der Mindestdicke für R 90, l = 2,5 m	56
Tabelle 3.3:	Interpolation des Mindestachsabstandes für R 90, l = 2,5 m	56
Tabelle 4.1:	Gleichstellung der Euroklassen mit den Kriterien in Deutschland	63
Tabelle 4.2:	Randbedingungen und Anwendungsgrenzen nach DIN EN 1992- 1-2	67
Tabelle 4.3:	Stahlbetonstütze, Bemessungsbeispiel 3 a	69
Tabelle 4.4:	Pendelstütze, Bemessungsbeispiel 4	80
Tabelle 5.1:	Erforderliche Bewehrungsmenge [cm ²]	99
Tabelle 5.2:	Brandschutztechnische Bemessungsverfahren	102
Tabelle 5.3:	Konstante Parameter	102
Tabelle 5.4:	Untersuchte Parameter	103
Tabelle 5.5:	Einfluss von N_{Gk}/N_{Qk} auf den Ausnutzungsgrad	127
Tabelle 5.6:	Lastfallzusammenstellung. Versuchsstütze 1	133
Tabelle 5.7:	Versuchsstütze 1 (l = 4 m, d = 45 mm, 4 Ø 28)	134
Tabelle 5.8:	Versuchsstütze 1 (l = 4 m, d = 55 mm, 4 Ø 28)	134
Tabelle 5.9:	Versuchsstütze 1 (l = 4 m, d = 45 mm, 8 Ø 20)	135
Tabelle 5.10:	Versuchsstütze 1 (l = 4 m, d = 55 mm, 8 Ø 20)	135
Tabelle 5.11:	Berechnungsergebnisse der Versuchsstütze 2 (d = 45 mm)	140
Tabelle 5.12:	Berechnungsergebnisse der Versuchsstütze 2 (d = 45 mm)	141
Tabelle 5.13:	Mittlere Stahltemperatur (oberer Wert für d = 45 mm, unterer Wert für d = 55 mm)	143
Tabelle 5.14:	Lastfallzusammenstellung. Versuchsstütze 3	146
Tabelle 5.15:	Berechnungsergebnisse der Versuchsstütze 3 (d = 45 mm)	147
Tabelle 5.16:	Berechnungsergebnisse der Versuchsstütze 3 (d = 55 mm)	148

Abkürzungsverzeichnis

ARGEBAU	Arbeitsgemeinschaft für Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsche Industrienorm
EC	Eurocode
ETK	Einheitstemperatur-Zeitkurve
FWK	Feuerwiderstandsklasse
LTB	Liste der Technischen Baubestimmungen
LBO	Landesbauordnung
MLTB	Musterliste der Technischen Baubestimmungen
NAD	Nationales Anwendungsdokument
NA	Nationaler Anhang

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Seit dem 1. Januar 2005 ist die neue DIN 1045-1:2001-07 (DIN 1045-1) die verbindliche Norm für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken aus Stahlbeton. Sie konnte bis Mitte 2004 alternativ zur der alten DIN 1045:1988-07 (DIN 1045) angewendet werden. Nach dem Ablauf der Übergangsfrist wurde die DIN 1045 aus der Bauregelliste gestrichen, woraufhin die Bemessung von Stahlbetonbauteilen ausschließlich nach der DIN 1045-1 durchgeführt werden musste. Die brandschutztechnische Bemessung wurde bisher gemäß DIN 4102-4 geführt, deren Regeln auf dem globalen Sicherheitskonzept der alten DIN 1045 basieren. Aufgrund des neuen Teilsicherheitskonzeptes der DIN 1045-1 können die Regelungen in der DIN 4102-4 nicht unverändert angewandt werden. Dadurch entstanden, vor allem bei dem Nachweis der Feuerwiderstandsklassen von Stahlbetonstützen, Übergangsprobleme. Das in der Praxis anerkannte und gewohnte DIN 4102-4-System wurde massiv verändert. Mit der DIN 4102-22 und der DIBt-Richtlinie wurden Verfahren eingeführt, die für den „Normalnutzer“ weitgehend unbekannt sind und deren Anwendung in der Praxis einige Probleme mit sich brachte.

In Europa ist der Prozess der Harmonisierung im Normungsbereich in vollem Gange. Die DIN 4102 wird voraussichtlich 2010 vollständig durch die neuen Eurocodes ersetzt werden. Neben den Nachweisen mittels tabellarischer Daten, die in Deutschland überwiegend angewendet werden, sind in Eurocodes auch vereinfachte und allgemeine Rechenverfahren geregelt. Diese Verfahren waren bisher unüblich.

Die bisher verfügbaren Normen lassen die tabellarische Einstufung von Stahlbetonstützen nur in eingeschränkten Grenzen zu. Stahlbetonstützen (z.B. Kragstützen), die in diesem Sinne nicht geregelt sind, können nur anhand genauerer thermisch-mechanischer Berechnungen in eine bestimmte Feuerwiderstandsklasse eingestuft werden. Diese Rechenverfahren basieren auf allgemeinen physikalischen Grundlagen für den Hochtemperaturbereich und sind in der EN 1992-1-2 geregelt. Aufgrund des stark nichtlinearen Charakters der Eingangsparameter gehen die Verfahren der Heißbemessung über die üblichen Bemessungsverfahren für den Kaltzustand hinaus.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es unter anderem, die brandschutztechnischen Bemessungsverfahren im Einzelnen explizit zu beschreiben und die praktische Anwendung jeweils an einem Beispiel zu demonstrieren.

Dadurch wird zum einen Übersicht verschafft und zum anderen werden die wesentlichen Unterschiede und Abweichungen zwischen den bisherigen und aktuellen tabellarischen Bemessungsverfahren dargestellt. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei den Randbedingungen und Hintergründen der Einschränkungen.

Neben den tabellarischen Verfahren sind die neuen bisher unbekanntes Verfahren nach der EN 1992-1-2 zu erläutern und deren Handhabung zu beschreiben. Dabei ist vertieft auf die Trag- und Verformungsverhalten sowie die bauphysikalischen Grundlagen einzugehen.

Im Rahmen der Parameterstudie sind, Stützen in unverschieblichen Systemen mit den beschriebenen Verfahren, hinsichtlich ihrer Feuerwiderstandsklasse zu beurteilen und die ermittelten Ergebnisse gegenüberzustellen. Darüber hinaus, ist ein verschiebliches System (Eulerfall 1) brandschutztechnisch zu untersuchen. Die wesentlichen Einflussparameter sind dabei zu variieren und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu erläutern.

1.3 Gliederung der Arbeit

Nach einer kurzen Einleitung wird im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit der Begriff des Brandschutzes definiert. Nach der Einordnung des vorbeugenden baulichen Brandschutzes wird auf die gesetzlichen Grundlagen eingegangen. Dabei werden die rechtlichen Rahmenbedingungen in Form von Gesetzen und Verordnungen sowie das nationale Klassifizierungssystem nach der DIN 4102 behandelt. Des Weiteren werden die theoretischen Grundlagen des konstruktiven Brandschutzes erläutert. Es werden dabei unter anderem das Materialverhalten und das Systemverhalten von Stahlbetonstützen bei hohen Temperaturen beschrieben.

Im dritten Teil dieser Arbeit wird die brandschutztechnische Bemessung mit tabellarischen Verfahren nach der DIN ausführlich betrachtet. Schwerpunktmäßig wird der Eulerfall 2 behandelt. Die Eulerfälle 3 und 4 werden lediglich qualitativ untersucht. Nach einem Einblick in die geschichtliche Entwicklung des Brandschutzes werden die einzelnen Verfahren beschrieben. Die praktische Anwendung der beschriebenen Verfahren wird anhand von zwei Beispielen detailliert erklärt und es werden die wesentlichen Unterschiede aufgezeigt.

Der vierte Teil der vorliegenden Arbeit beinhaltet die Ausarbeitung der brandschutztechnischen Bemessung nach den europäischen Normen. Neben den tabellarischen Verfahren werden die neuen, bisher unbekanntes Verfahren nach der EN 1992-1-2 erläutert und deren Anwendungen an einem Beispiel demonstriert. Dabei werden die Hochtemperatureigenschaften von Beton und Stahl beschrieben und es wird ihr zusammenwirkendes Verhalten vertieft erläutert.

Im Anschluss wird eine Parameterstudie durchgeführt. Einführend wird auf die Stützenbemessung unter Normaltemperatur eingegangen und, die zur Kalt- und Heißbemessung verwendeten Computerprogramme, werden beschrieben.

Im ersten Teil der Parameterstudie wird eine Pendelstütze (Eulerfall 2) nach allen in dieser Arbeit aufgeführten Verfahren brandschutztechnisch bemessen. Die für den Brandfall maßgebenden Parameter, werden dabei variiert und die Auswirkungen erläutert. Als Beispiel wird eine Hochbaustütze mit den für die Praxis typischen Abmessungen, Einwirkungen und Bewehrungsgraden festgelegt. Anschließend wird eine Parameterstudie für den Eulerfall 1 mit dem allgemeinen Rechenverfahren nach der EN 1992-1-2 durchgeführt. Die Auswirkungen der wesentlichen Einflussgrößen werden in Hinsicht auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit in der Brandschutzbemessung beurteilt und aufgezeigt.

2 Grundlagen

2.1 Brandschutz

Jedes Bauwerk ist dem Gefahrenfall „Brand“ ausgesetzt. Aufgabe des Planers ist es, die Grundsätze des Brandschutzes und das jederzeit mögliche Ereignis „Brand“, bereits im Entwurfsstadium zu berücksichtigen. Der Begriff Brandschutz beinhaltet im Allgemeinen alle Maßnahmen zur Vermeidung und zur Minimierung von Brandschäden. Es wird grundsätzlich zwischen abwehrenden und vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen unterschieden, jedoch ist die Brandsicherheit, nur als Summe der Beiden vollständig gewährleistet (siehe Abb. 2.1). Die Verminderung einer dieser Maßnahmen muss zwangsläufig eine Erhöhung der Anderen zur Folge haben. Der abwehrende und vorbeugende Brandschutz ist demnach eng miteinander verknüpft.



Abbildung 2.1: Brandschutzmaßnahmen [Kordina 1999]

Der abwehrende, auch aktiver Brandschutz genannt, ist eine Aufgabe der Feuerwehr. Er tritt nur dann in Erscheinung, wenn der vorbeugende Brandschutz bereits in weiten Teilen versagt hat.

Vorbeugender Brandschutz ist der Überbegriff für alle Maßnahmen, die im voraus die Entstehung, Ausbreitung und Auswirkung von Bränden verhindern bzw. einschränken [Bock /Klement 2002].

Der vorbeugende Brandschutz gliedert sich formal in folgende Teilbereiche:

- baulicher Brandschutz
- anlagentechnischer Brandschutz
- organisatorischer Brandschutz

In der vorliegenden Arbeit wird vorwiegend der vorbeugende bauliche Brandschutz behandelt.

2.2 Brandablauf

Brände sind physikalische Einflüsse extremer Dimensionen, die durch folgende Erscheinungen charakterisiert werden:

- erhöhte Temperaturen
- Flammen
- Rauch und Brandgase

Der Verlauf eines Brandes wird im Wesentlichen von folgenden Faktoren bestimmt:

- Menge und Art der brennbaren Materialien (Brandlast)
- Konzentration und Lagerungsdichte der Brandlast
- Verteilung der Brandlast im Brandraum
- Geometrie des Brandraumes
- Thermische Eigenschaften, insbesondere Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität der Bauteile, die den Brandraum umschließen
- Ventilationsbedingungen, die Sauerstoffzufuhr zum Brandraum steuern
- Löschmaßnahmen

Beim Ablauf eines Brandes sind folgende Phasen hinsichtlich Temperatur und Zeit zu beobachten:

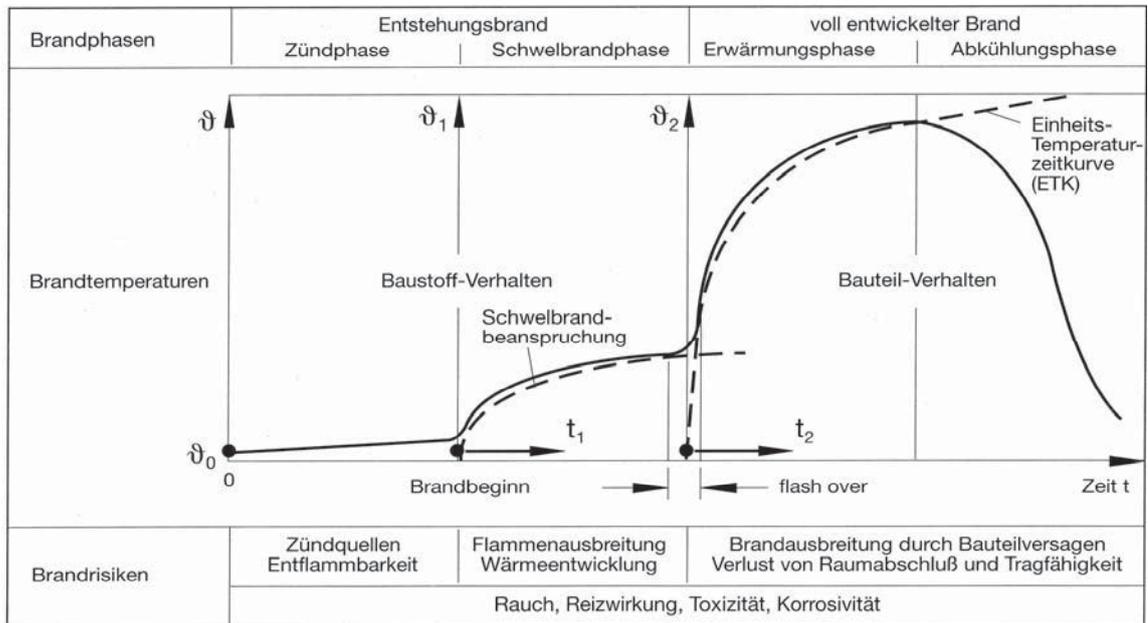


Abbildung 2.2: Brandphasen [Kordina 1999]

In der Brandentstehungsphase wird zwischen der Zünd- und Schwelbrandphase unterschieden, die nach dem „flash over“ in den voll entwickelten Brand mit Erwärmungs- und Abkühlungsphase übergehen.

„flash over“

Ein explosionsartiger Übergang zum Vollbrand wird als „flash over“ bezeichnet. Durch das kritische Mengenverhältnis des beispielsweise durch das Öffnen einer Tür oder eines Fensters in den Brandraum gelangten Sauerstoffs und einem CO-Gasgemisch kommt es zu einem raschartigen Entflammen. Dies deutet auf Temperaturen in der Größenordnung von 500-600 °C unter der Decke und auf eine Strahlung von 2 W/cm² in Fußbodenhöhe hin.

Die Zündphase

Ein Brand entsteht, wenn genügend Energie auf ein brennendes Material einwirkt. Durch die Zündquellen wie z.B. eine brennende Zigarette oder ein Kurzschluss und das gleichzeitige Vorhandensein eines brennbaren Stoffes kommt es zur Entzündung. Bei der Zündung wird der physikalisch-chemische Prozess der Verbrennung in Gang gesetzt. Der brennbare Stoff oxydiert, d. h. er reagiert mit Sauerstoff unter Freisetzung von Energie. Neben einer ausreichenden Zündtemperatur muss auch das richtige Mischungs- bzw. Mengenverhältnis von einem brennbaren Stoff und Sauerstoff vorliegen, welches bei festen brennbaren Stoffen z. B. durch die Stapeldichte und bei gasförmigen brennbaren Stoffen z. B. durch die Konzentration des Gases beeinflusst wird.