

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND INHALT DER ARBEIT	1
2	ZIELE DES PROBABILISTISCHEN SICHERHEITSKONZEPTES	3
3	BESTEHENDE SICHERHEITSKONZEPTANSÄTZE FÜR DIE BRANDSCHUTZTECHNISCHE BEMESSUNG	5
3.1	Konzept der DIN 18230	5
3.2	Konzept nach Schleich	6
3.3	Konzept nach Schaumann	6
3.4	Vergleich mit eigenem Konzept	7
4	INGENIEURMÄßIGE ANSÄTZE ZUR FESTLEGUNG VON BRANDSZENARIEN .	9
4.1	Allgemeines	9
4.2	Einflüsse auf den zeitlichen Verlauf der Energiefreisetzungsrate	9
4.3	Brandlast	10
4.4	Ventilationsbedingungen	13
4.5	Umfassungsbauteile	14
4.6	Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen	15
4.6.1	Allgemeines	15
4.6.2	Automatische Brandmeldeanlagen	16
4.6.3	Sprinkleranlagen	17
4.6.4	Gaslöschanlagen	20
4.6.5	Rauch- und Wärmeabzüge (RWA)	21
4.7	Abwehrende Brandschutzmaßnahmen	22
4.7.1	Anerkannte Werkfeuerwehr	22
4.7.2	Öffentliche Feuerwehr	24
4.8	Verknüpfung der Einflüsse auf das Brandszenario	25
5	PHYSIKALISCHE MODELLE ZUR BESCHREIBUNG DER BRANDBEANSPRUCHUNG	27
5.1	Allgemeines	27

5.2	Plumemodelle für die Beschreibung von Temperaturen im Brandnahbereich	28
5.2.1	Allgemeines	28
5.2.2	Bauteil befindet sich in der Kaltgasschicht (Fall I)	29
5.2.3	Bauteil befindet sich in der Heißgasschicht (Fall II)	30
5.2.4	Bauteil befindet sich direkt im Flammenbereich (Fall III).....	34
5.3	Ceiling Jet-Modelle	34
5.3.1	Ceiling Jet-Modell I für die Beschreibung der Temperaturen	34
5.3.2	Ceiling Jet-Modell II für die Ermittlung von Auslösezeiten	35
5.4	Empirische Gleichungen aus Brandsimulationsrechnungen	35
5.4.1	Mittlere Heißgastemperatur T_H	35
5.4.2	Mittlere Kaltgastemperatur T_K	38
5.4.3	Grenzflächenhöhe $z_{l,1}$	39
5.5	Modelle für die Auslegung von Entrauchungsmaßnahmen.....	40
5.5.2	Modifizierter Ansatz für den Plumemassenstrom	40
5.5.3	Berechnung lokaler Gaskonzentrationen mit Feldmodellen.....	43
5.6	Anwendungsgrenzen der beschriebenen physikalischen Modelle.....	46
5.6.1	Analytische Ansätze für Plume und Ceiling Jet.....	46
5.6.2	Modifizierter Ansatz von Heskestad.....	47
6	GRUNDLAGEN UND METHODEN ZUR ERMITTLUNG DER VERSAGENSWAHRSCHEINLICHKEIT	47
6.1	Allgemeines	47
6.2	Zufallsvariablen und Verteilungsfunktionen	48
6.3	Das R – S – Modell	52
6.4	Numerische Integration.....	53
6.5	Monte-Carlo-Simulation	54
6.6	First and Second Order Reliability Method (FORM/SORM)	56
6.7	Stochastische Finite Elemente.....	61
7	STATISTISCHE AUSWERTUNGEN	63
7.1	Allgemeines	63
7.2	Häufigkeit gefährlicher Brände im Industriebau	63
7.3	Zuverlässigkeit anlagentechnischer Komponenten	65

7.3.1	Sprinkleranlagen.....	65
7.3.2	CO ₂ -Löschanlagen.....	67
7.3.3	Brandmeldeanlagen	68
7.3.4	Rauch- und Wärmeabzüge.....	69
7.4	Brandentwicklungsdauern (öffentliche Feuerwehr).....	69
8	FESTLEGUNG VON ZIELVERSAGENSWAHRSCHEINLICHKEITEN P_F.....	73
8.1	Life Quality Index	73
8.2	Einordnung der Bemessungssituation in Risikoklassen	80
9	PROBABILISTISCHE UND SEMI-PROBABILISTISCHE BEMESSUNG	87
9.1	Zuverlässigkeitsanalyse von Systemen.....	87
9.2	Grundkonzept der probabilistischen Bauteilbemessung.....	90
9.3	Herleitung von Sicherheitselementen.....	97
9.4	Fehlerbäume und Grenzzustände am Beispiel des Industriebaus	105
9.4.1	Allgemeines	105
9.4.2	Brandmeldung.....	107
9.4.3	Rauch- und Wärmeabzüge.....	109
9.4.4	Direkte Brandbekämpfung	111
9.4.5	Indirekte Brandbekämpfung	117
9.4.6	Bauteilwiderstand	118
9.5	Stochastische und logische Modelle am Beispiel des Industriebaus.....	120
9.5.1	Allgemeines	120
9.5.2	Stochastisches Modell der Zufallsvariablen	120
9.5.3	Korrelationen zwischen Basisvariablen	124
9.5.4	Logisches Modell der Systemkomponenten	126
9.6	Berücksichtigung von Modellunsicherheiten	128
9.6.1	Allgemeines	128
9.6.2	Modellunsicherheitsfaktor η	129
9.6.3	Modellunsicherheitsfaktor ν	131
9.7	Berechnung von Sicherheitselementen am Beispiel des Industriebaus.....	132
9.8	Validierung der SORM-Berechnungen	143
9.9	Validierung der Sicherheitselemente	143

9.10	Ansätze für die probabilistische Bemessung von Entrauchungsmaßnahmen.....	151
10	GRUNDLAGEN FÜR DEN ENTWURF EINER BEMESSUNGSNORM	157
10.1	Allgemeines	157
10.2	Beschreibung des Verfahrens	158
10.2.1	Grundsätze des Nachweises.....	158
10.2.2	Charakteristische Werte der Energiefreisetzungsrate	158
10.2.3	Bemessungsenergiefreisetzungsrate	165
10.2.4	Physikalische Modelle	165
10.2.5	Brandschutztechnischer Nachweis für Bauteile	166
10.2.6	Angaben für den rechnerischen Nachweis	167
10.3	Teilsicherheitsbeiwerte γ_s und γ_R.....	168
10.3.1	Risikoklassen	168
10.3.2	Annahmen für die Herleitung der Teilsicherheitsbeiwerte.....	170
11	VERGLEICH MIT DEM BERECHNUNGSVERFAHREN NACH DIN 18230	171
11.1	Allgemeines	171
11.2	Beispiel 1	171
11.2.1	Bemessung mit der semi-probabilistischen Methode	171
11.2.2	Bemessung nach DIN 18230-1 [1]:	174
11.3	Beispiel 2	175
11.3.1	Bemessung mit der semi-probabilistischen Methode	175
11.3.2	Bemessung nach DIN 18230-1 [1]:	177
12	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	178
13	LITERATURVERZEICHNIS.....	181
Anhang A	Vergleich der Ergebnisse aus CFAST mit den Resultaten des modifizierten Ansatzes nach Heskestad	187
Anhang B	Auszüge aus den SORM-Parameterstudien	188
Anhang C	Zusammenstellung der Brandversuche für die Ermittlung des Modellunsicherheitsfaktors ν	196
Anhang D	Auszüge aus den Validierungsberechnungen mit der Monte-Carlo-Methode in Verbindung mit Adaptive Sampling.....	197
Anhang E	Brandentwicklungszeiten t_g.....	198