

Sicherheitskonzept für die Brandschutzbemessung mit Naturbrandmodellen nach Eurocode 1 Teil 1-2

Safety concept for the structural fire design using the natural fire models of Eurocode 1 part 1-2

Hosser, Dietmar; Weilert, Astrid; Klinzmann, Christoph; Schnetgöke, Ralf

Abstract

The dimensioning of structures exposed to fire depends basically on the development of the room temperature during the fire. Until now fire safety requirements are based on the ISO standard temperature curve. But for special types of buildings structural elements are designed for realistic natural fires using fire safety engineering methods. The safety concept for the natural fire safety design has to ensure a required reliability level by defining appropriate design values for the uncertain input parameters. In the research project a comprehensive safety concept is proposed defining partial safety factors for fire load density and heat release rate.

1. Grundkonzept

Im Rahmen von schutzzielorientierten Brandschutzkonzepten wird die Konstruktion häufig für einen realistischen Naturbrand bemessen, wobei die rechnerischen Nachweise mit Ingenieurmethoden des Brandschutzes erbracht werden [1]. Die Schutzziele des Brandschutzes und die zugehörigen Leistungskriterien sind dann mit einer ausreichenden Zuverlässigkeit einzuhalten, die von der Art und Nutzung des Gebäudes, den besonderen Brandrisiken, den Maßnahmen für die Branderkennung und Brandbekämpfung und der Bedeutung der zu bemessenden Bauteile abhängt. Die vorhandene Zuverlässigkeit wird unter anderem durch die Unsicherheiten der Eingangsgrößen und Modelle für die Ermittlung der Brandeinwirkung bestimmt.

Ein Schadenfeuer, das die baulichen Brandschutzmaßnahmen gefährden kann, ist ein außergewöhnliches Ereignis. Ein Brand entsteht in einer Nutzungseinheit mit der Grundfläche A mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit p_1 . Diese kann z. B. als Durchschnittswert aus statistischen Auswertungen von Brandhäufigkeiten in vergleichbaren Nutzungen abgeleitet oder aus einer nutzungsspezifischen mittleren Auftretensrate λ_1 von Entstehungsbränden je Quadratmeter Geschossfläche und Jahr berechnet werden kann:

$$p_1 = 1 - \exp(-\lambda_1 \cdot A) \approx \lambda_1 \cdot A \quad (1)$$

Aus dem Entstehungsbrand entwickelt sich nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit ein Schadenfeuer, wenn die manuelle Brandbekämpfung durch die Nutzer und die Feuerwehr und auch eine ggf. vorhandene automatische Löschanlage versagen. Mit den Ausfallwahrscheinlichkeiten p_2 ($\approx 0,1$) der manuellen Brandbekämpfung und p_3 ($\leq 0,1$) der automatischen Löschanlage ergibt sich die Auftretenswahrscheinlichkeit p_{fi} eines Schadenfeuers im Bezugszeitraum von einem Jahr zu

$$P_{fi} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (2)$$

Als Maß für die Zuverlässigkeit eines Bauteils im Brandfall kann aus der für alle Arten von Einwirkungen einheitlich festgelegten Versagenswahrscheinlichkeit p_f und der Auftretenswahrscheinlichkeit p_{fi} (beide für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr) der Zuverlässigkeitsindex β_{fi} wie folgt bestimmt werden:

$$p_{f,fi} = \frac{p_f}{p_{fi}} \quad (3)$$

$$\beta_{fi} = -\Phi^{-1}(p_{f,fi}) \quad (4)$$

$\Phi^{-1}()$ = Umkehrfunktion der Standard-Normalverteilung

2. Vorhandene Zuverlässigkeit

Zur Berechnung der Brandraumtemperatur bei einem natürlichen Brand (Bild 1) stehen verschiedene mathematische Brandsimulationsmodelle zur Verfügung, die als wichtige Eingangsgrößen die Brandlastdichte (q) und die Wärmefreisetzungsrates (HRR) benötigen.

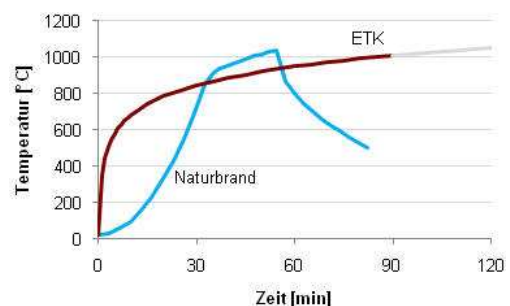


Bild 1 Raumtemperatur beim Naturbrand in einem Verkaufsraum von 200 m² und nach ETK

Zuverlässigkeitsanalysen von Einzelbauteilen haben ergeben, dass bei realistischen Naturbränden während des gesamten Brandverlaufes die Zuverlässigkeit höher liegt als beim Normbrand nach der geforderten Feuerwiderstandsdauer (Bild 2). Bei Beton- und Stahlbauteilen haben die Brandlastdichte (q) und die Wärmefreisetzungsrate (HRR) wegen ihrer großen Streuungen den maßgebenden Einfluss auf die Zuverlässigkeit, bei Holzbauteilen kommt die Abbrandrate (β_n) hinzu.

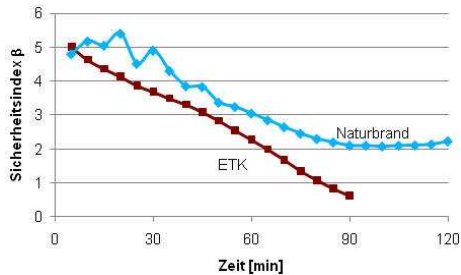


Bild 2 Verlauf des Zuverlässigkeitsindexes $\beta_{fi,ist}$ einer für R 90 bemessenen Stahlbetonstütze

3. Teilsicherheitsbeiwerte

Wählt man für die Brandlastdichte q und die Wärmefreisetzungsrate HRR jeweils die 90 %-Quantile als charakteristische Werte, so können mit dem erforderlichen Zuverlässigkeitsindex β_{fi} aus Bild 3 die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} direkt abgelesen werden.

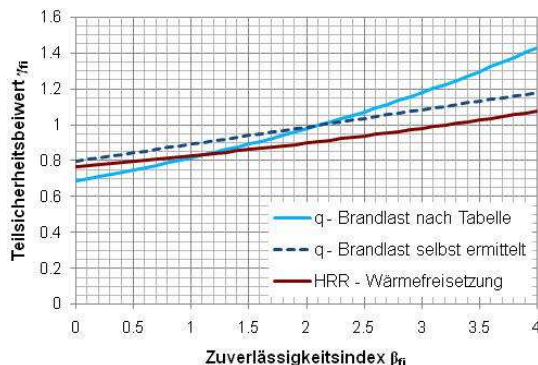


Bild 3 Teilsicherheitsbeiwerte für die maßgebenden Einflussgrößen eines Naturbrandes bezogen auf die definierten charakteristischen Werte

4. Berücksichtigung der Brandbekämpfung

Die erforderliche Zuverlässigkeit lässt sich auch mit einer geringeren Feuerwiderstandsklasse der Bauteile erreichen, wenn eine wirksame Brandbekämpfung durch eine automatische Löschanlage oder eine besonders schlagkräftige (Werk-)Feuerwehr erfolgt. Die Auftretenswahrscheinlichkeit p_{fi} eines Schadenfeuers nach Gl. (2) und damit der Zuverlässigkeitsindex β_{fi} nach Gl. (4) sind dann deutlich geringer. Durch Systemzuverlässigkeitsanalysen konnte nachgewiesen werden, dass die durch

Löschmaßnahmen beeinflussten Brände (Bild 4) nicht bemessungsrelevant werden. Vielmehr ergibt sich die Versagenswahrscheinlichkeit des „Systems“ näherungsweise als Produkt aus der Versagenswahrscheinlichkeit beim unbeeinflussten Brand und der Ausfallwahrscheinlichkeit der Brandbekämpfung (Bild 5).

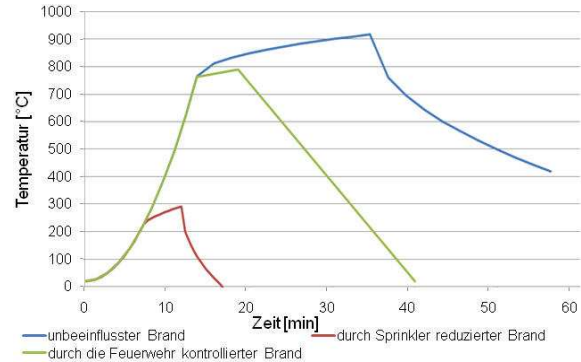


Bild 4 Temperaturzeitkurven für einen natürlichen Raumbrand ohne und mit Löschmaßnahmen

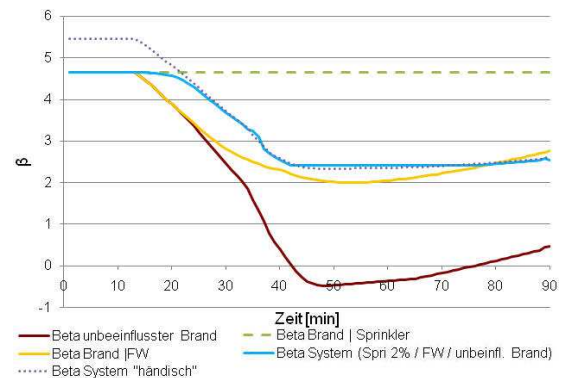


Bild 5 Zuverlässigkeit eines für R 30 bekleideten Stahlträgers ohne und mit Löschmaßnahmen

5. Fazit

Bei Verwendung der hergeleiteten Teilsicherheitsbeiwerte für die Eingangsgrößen der Brandeinwirkung wird sich das brandschutztechnische Sicherheitsniveau bei Bauteilauslegungen für Naturbrandbeanspruchung im Vergleich zur heutigen Auslegung für Normbrandbeanspruchung im Mittel nicht verschieben.

6. Literatur

- /1/ Hosser, D. (Hrsg.): Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes. Technischer Bericht vfdB TB 04/01, 1. Auflage Mai 2006. Altenberge, Braunschweig: vfdB, 2006
- /2/ Hosser, D., Weilert, A., Klinzmann, C., Schnetgöke, R.: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Erarbeitung eines Sicherheitskonzeptes für die brandschutztechnische Bemessung unter Anwendung von Ingenieurmethoden gemäß Eurocode 1 Teil 1-2“, iBMB TU Braunschweig, 2008