

# Vereinfachte Naturbrandkurven für die Brandschutzbe- messung bei mehrgeschossigen Gebäuden

## Simplified natural fire curves as a basis for the structural fire design in multi-storey building

Hosser, Dietmar; Zehfuß, Jochen

### Abstract

In this paper a risk-orientated fire safety design method for multi-storey buildings is presented. The realistic development of the fire can be considered by the so-called real fire curves which shall be used in Germany instead of the parametric fire curves of EN 1991-1-2 Annex A. Taking into account the realistic thermal action and possible load redistribution within structural systems reserves in the load carrying capacity can be activated.

### 1. Einleitung

Die den Brandschutz betreffenden Vorschriften und materiellen Anforderungen an die Bauteile in Normen und Verordnungen sind aus den Ergebnissen von Brandversuchen nach der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) abgeleitet worden. Durch diese pauschalisierende Bemessungsgrundlage sowie der Bemessung von aus dem Gesamttragwerk herausgelösten Einzelbauteilen resultieren teilweise überhöhte und undifferenzierte Anforderungen. Dies führt z. B. bei Stahlkonstruktionen dazu, dass Bauteile durchweg bekleidet werden müssen. Um eine wirtschaftlichere Bauweise zu ermöglichen, ist eine risikogerechte brandschutztechnische Bemessung erforderlich.

In diesem Beitrag werden die hierfür in /1/ entwickelten Grundlagen vorgestellt. Die Bemessung orientiert sich an den in den Bauordnungen verankerten Schutzziele wie z. B. der Verhinderung einer Ausbreitung des Brandes sowie der Gewährleistung der Standsicherheit. Wesentliche Bestandteile einer risikogerechten brandschutztechnischen Bemessung mehrgeschossiger Gebäude sind die Berücksichtigung der

- realistischen Brandentwicklung und des
- Gesamttragverhaltens

der in das Tragwerk eingebetteten Bauteile.

### 2. Realbrandkurven

Für die Erfassung der realistischen Brandentwicklung in mehrgeschossigen Gebäuden wurde in /1/ ein Bemessungsbrand in Form einer Energiefreisetzungsrates definiert,

mit der sich die Brandwirkungen wie Raumtemperaturen und Rauchgasströme berechnen lassen. Mit einem Wärmebilanzmodell wurden auf Grundlage des Bemessungsbrandes zahlreiche Simulationsrechnungen unter Variation von Brandlastdichte, Ventilation und Brandraumgeometrie durchgeführt. Die simulierten Temperaturzeitverläufe in der oberen Heißgasschicht des Brandraumes wurden als vereinfachte Naturbrandkurven funktional erfasst (Bild 1).

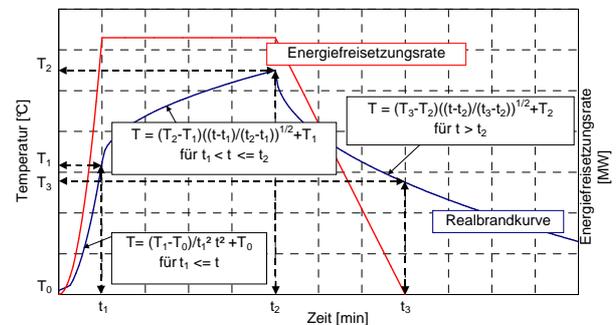


Bild 1 Ableitung vereinfachter Naturbrandkurven /1/

Bei der Ableitung der Naturbrandkurven wurde unterschieden zwischen ventilationsgesteuerten Bränden, die durch die Sauerstoffzufuhr beeinflusst werden und brandlastgesteuerten Bränden, bei denen Oberfläche und Beschaffenheit der Brandlast den Brandverlauf bestimmen. Nach Auswertung der Wärmebilanzrechnungen konnten durch Regressionsanalyse für die Heißgastemperaturwerte  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  folgende funktionale Zusammenhänge, gültig für eine Brandlastdichte von  $q = 1300 \text{ MJ/m}^2$ , ermittelt werden (Bild 1):

Ventilationsgesteuerte Brände:

$$T_1 = -8,75 \cdot 1/O - 0,1 \cdot b + 1175 \quad (1)$$

$$T_2 = (0,004 \cdot b - 17) \cdot 1/O - 0,4 \cdot b + 2175 \leq 1340^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$T_3 = -5,0 \cdot 1/O - 0,16 \cdot b + 1060 \quad (3)$$

mit

$$O = A_w \sqrt{h_w} / A_t \quad [\text{m}^{1/2}], \quad (4)$$

$b$  gemittelte thermische Eindringzahl der Umfassungsbauteile  $[\text{J}/(\text{m}^2 \text{s}^{0,5} \text{K})]$ ,

$A_w$  Fläche der Ventilationsöffnungen  $[\text{m}^2]$ ,

$h_w$  Höhe der Ventilationsöffnungen [m],  
 $A_t$  Gesamtfläche der umfassenden Bauteile inkl. Öffnungsflächen [m<sup>2</sup>].

Brandlastgesteuerte Brände:

$$T_1 = 24000 k + 20 \text{ für } k \leq 0,04 \text{ und} \\ T_1 = 980^\circ\text{C für } k > 0,04 \quad (5)$$

$$T_2 = 33000 k + 20 \text{ für } k \leq 0,04 \text{ und} \\ T_2 = 1340^\circ\text{C für } k > 0,04 \quad (6)$$

$$T_3 = 16000 k + 20 \text{ für } k \leq 0,04 \text{ und} \\ T_3 = 660^\circ\text{C für } k > 0,04 \quad (7)$$

mit

$$k = \left( \frac{\dot{Q}^2}{A_w \sqrt{h_w} \cdot A_T \cdot b} \right)^{1/3} \quad (8)$$

$\dot{Q}$  Energiefreisetzungsrate [MW],  
 $A_T$  Gesamtfläche der umfassenden Bauteile ohne Öffnungsflächen [m<sup>2</sup>].

Die Definition des Funktionsverlaufs kann Bild 1 entnommen werden. Bei einer geringeren Brandlastdichte  $q$  wird der Zeitpunkt  $T_2$  entsprechend früher erreicht.

### 3. Gesamtragverhalten

Am Beispiel einer Stahlskelettkonstruktion (Bild 2) soll gezeigt werden, dass bei Berücksichtigung der realistischen Brandbeanspruchung und des Gesamtragverhaltens eine wirtschaftlichere Bemessung möglich ist /2/.

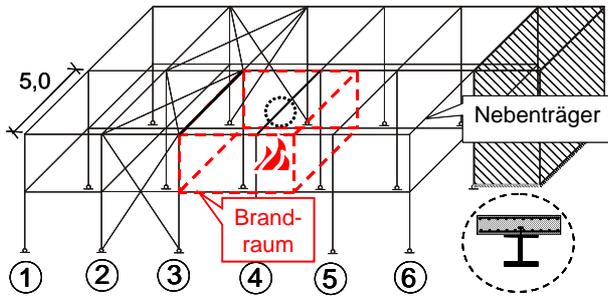


Bild 2 Stahlskelettkonstruktion eines Bürogebäudes mit Brandraum

Bei der Stahlskelettkonstruktion mit Verbunddecken sollen die in den Achsen 1-6 verlaufenden Nebenträger ungeschützt ausgeführt werden. Als maßgebendes Brandszenario wird ein Brand in einem Büroraum unterstellt (Bild 2), dessen Temperaturzeitverlauf als vereinfachte Naturbrandkurve vorgegeben wird /1/, /2/.

Mit Hilfe des allgemeinen Berechnungsverfahrens nach EN 1993-1-2 wird das Trag- und Verformungsverhalten

des brandbeanspruchten Tragwerks simuliert. Bild 3 zeigt die Durchbiegung in Feldmitte der im Brandraum befindlichen Nebenträger in Achse 3 und 4 bei Naturbrandbeanspruchung im Vergleich zur Durchbiegung eines statisch bestimmt gelagerten Verbundträgers bei Normbeanspruchung (ETK). Der Verbundträger versagt nach 20 Minuten durch Überschreiten der kritischen Durchbiegung von  $u_{crit} = l / 20 = 250 \text{ mm} / 1$ . Bei Berücksichtigung der Lastumlagerungen über die Verbundplatte zu den nicht unmittelbar vom Brand betroffenen Nebenträgern (Achse 2 und 5) bleibt die Durchbiegung unterhalb von  $u_{crit} = l / 20$  und es tritt kein Versagen ein /2/. Die Nebenträger können somit unbedeckt bleiben.

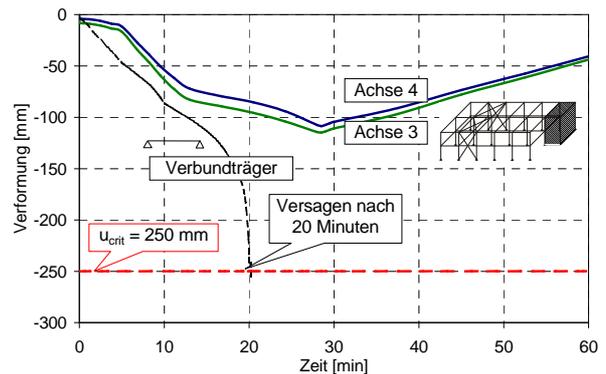


Bild 3 Durchbiegung der Nebenträger unter Realbrandbeanspruchung und Verbundträger unter Normbeanspruchung (ETK)

### 4. Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden vereinfachte Naturbrandkurven als Grundlage für die brandschutztechnische Bemessung der Konstruktion mehrgeschossiger Gebäude vorgestellt. Die Naturbrandkurven sollen die parametrischen Temperaturzeitkurven nach EN 1991-1-2 in Deutschland ersetzen. Unter Berücksichtigung der realistischen Brandbeanspruchung und der Lastumlagerungsmöglichkeiten im Gesamtragwerk lassen sich wirtschaftlichere Brandschutzbemessungen erreichen.

### 5. Literaturverzeichnis

- /1/ Zehfuß, J.: "Bemessung von Tragsystemen mehrgeschossiger Gebäude in Stahlbauweise für realistische Brandbeanspruchung". Dissertation TU Braunschweig, 2004.
- /2/ Hosser, D.; Zehfuß, J.; Dehne, M.: Schutzzielorientierte brandschutztechnische Bemessung für mehrgeschossige Gebäude. In: Stahlbau 73 (2004) 242-248, Berlin: Ernst & Sohn Verlag.