

Bewertung von neuen Berechnungsansätzen für lokale Brände im Zuge der Novellierung von EN 1991-1-2 Anhang C

Evaluation of new calculation approaches for local fires in the course of the amendment of EN 1991-1-2 Annex C

Zehfuß, Jochen; Sander, Lisa

Abstract

A goal of the project was to prove the ability of a new calculation approach of EN 1991-1-2 Annex C, which allows the calculation of thermal effects of structural components offset the flame axis in local fires. In particular, the new approach considered the solid flame model and the view factor, why their derivation and application were tested. The new approach was applied on selected local fires (pool fire and wood cribs fire). In order to verify the new approach, the calculation results were compared to simulation results and measurement results of real local fires. Resulting, recommendations for the application and normative regulations were given. The aim of the investigations was to show that the application of the approach is on the safe side and to find out the application limits.

1. Einführung

Im Rahmen der Überarbeitung von EN 1991-1-2 wurde in CEN TC 250/SC1/WG4 ein Ansatz zur Erweiterung des vereinfachten Verfahrens für lokale Brände vorgestellt. In DIN EN 1991-1-2:2010 ist aktuell ein vereinfachtes Verfahren enthalten, das die Berechnung von thermischen Einwirkungen von Bauteilen bei lokalen Bränden ermöglicht. Auf Grundlage der Betrachtungen von Heskestad und Hasemi kann für lokale Brände eine Berechnung der Temperaturen im Feuer-Plume und des Netto-Wärmestroms im Bereich der brandbeanspruchten Bauteile im Deckenbereich vorgenommen werden. Beide Modelle wurden durch experimentelle Untersuchungen validiert und haben sich in der Anwendung in Deutschland bereits bewährt.

Mit dem neuen erweiterten Ansatz sollen Bauteile nicht nur im Feuer-Plume, sondern auch seitlich versetzt neben dem Brandherd bemessen werden können. Die Berechnung der thermischen Einflüsse von Bauteilen während eines lokalen Brandes enthalten unterschiedliche Einflussgrößen wie die Flammenhöhe, Temperaturen im Bereich der Flammenachse, Emissivität der Flamme, Ventilationsbedingungen und Flammenstrahlung. Der erweiterte Ansatz und die daraus resultierenden analytischen

Berechnungsformeln basieren auf Grundlage der Überlegungen von Heskestad und Hasemi.

Im Forschungsvorhaben wurde die Plausibilität und Anwendbarkeit des erweiterten Ansatzes überprüft. Anhand von realen Pool- und Holzkrippenbrände (lokale Brände) mit Stützen oder Wandbauteilen wurde der neue erweiterte Ansatz angewendet. Weiterhin sind Vergleichsrechnungen zwischen den Berechnungsergebnissen, Simulationsergebnissen mit dem Fire Dynamics Simulator (CFD) sowie Messdaten realer Pool- und Holzkrippenbrände vorgenommen worden.

2. Neuer erweiterter Bemessungsansatz

Auf Grundlage von numerischen und experimentellen Untersuchungen im Rahmen eines Verbundforschungsvorhabens der Universität Liège (Belgien), der Universität Ulster (Nord-Irland) und RISE (Schweden) soll der Anhang C zur EN 1991-1-2 durch neue Berechnungsformeln erweitert werden, die eine Berechnung der thermischen Einflüsse für brandbeanspruchte Bauteile, die außerhalb der vertikalen Plumeachse des lokalen Brandes liegen (beispielsweise für Stützen), ermöglichen.

Für den erweiterten Bemessungsansatz wurden folgende Vereinfachungen getroffen:

- Brandherd als geometrische Kreisfläche,
- lokaler Brand als geometrische Form (Kegel),
- Aufteilung der Flamme zur Berechnung der Netto-Wärmestromdichte,
- Wärmestrom wird durch Wärmestrahlung dominiert,
- Bauteil wird als Rechteck angenommen, Abschattungseffekte bleiben unberücksichtigt.

Ferner wurde das Prinzip der virtuellen Flamme angewendet sowie die Berechnung des Konfigurationsfaktors gemäß EN 1991-1-2 Anhang G vorgenommen. Das Prinzip der virtuellen Flamme (solid flame) wurde verwendet, um die empfangende Wärmestrahlung eines vertikalen Bauteils, das sich außerhalb der Plumeachse eines lokalen Brandes befindet, zu berechnen. Es sieht vor, dass

der lokale Brand als virtuelle Flamme in Form eines Kegels abgebildet wird (vgl. Bild 1). Die Temperatur sowie der Netto-Wärmestrom eines Bauteils unter lokaler Brandbeanspruchung kann unter Berücksichtigung der relativen Position des Bauteils zum Brandherd berechnet werden.

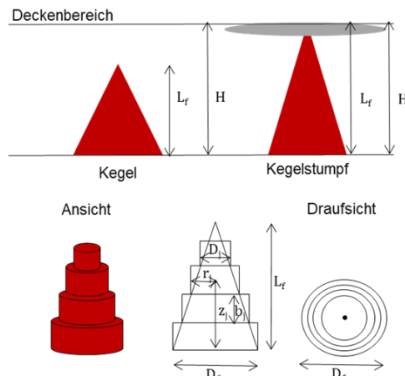


Bild 1 Darstellung des lokalen Brandes als kegelförmige, feste Flamme (solid flame)

3. Pool- und Holzkippenbrände

Zur Validierung des neuen erweiterten Bemessungsansatzes wurden aus der Literatur ausgewählte Pool- und Holzkippenbrände mit Bauteilen außerhalb der vertikalen Plumeachse des lokalen Brandes herangezogen. Als Vergleichsgrößen konnten Temperaturen und Wärmestromdichten verwendet werden, mit denen die Ergebnisse des neuen erweiterten Bemessungsansatzes überprüft wurden. Die Pool- und Holzkippenbrände deckten dabei einen weiten Parameterbereich ab, da die Durchmesser des Brandherdes, die Wärmefreisetzungsrate sowie der Abstand von Stützen und Wänden zum Brandherd variiert wurden. Die Durchmesser des Brandherdes lagen im Bereich zwischen 0,33 m und 8,00 m, die Wärmefreisetzungsrate lag zwischen 100 kW und 40.000 kW und der horizontale Abstand r des Bauteils zum äußeren Rand des Brandherdes variierte zwischen 0,30 m und 3,00 m.

4. Ergebnisse der Vergleichsrechnungen

Im Rahmen einer systematischen Bewertung der Ergebnisse wurden die Berechnungsergebnisse der neuen Ansätze stichprobenartig mit CFD-Simulationen sowie den realen Messdaten der ausgewählten Pool- und Holzkippenbrände verglichen. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich der Temperaturen und der ermittelten Netto-Wärmestromdichten ausgewertet, um die Anwendbarkeit des neuen erweiterten Bemessungsansatzes zu überprüfen. In Bild 2 sind die Wärmestromdichten der Brandversuche (Versuch 2-5, Abszisse) den Ergebnissen der neuen Bemessungsansätze und der Simulationsergebnisse (jeweils Ordinate) gegenübergestellt worden.

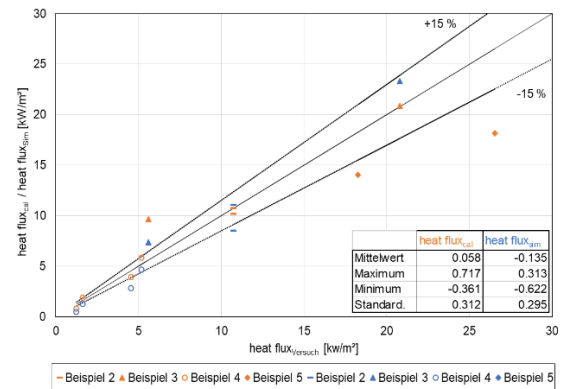


Bild 2 Vergleich von gemessenen Wärmestromdichten aus realen Brandversuchen mit dem neuen Bemessungsansatz (orange Datenpunkte) und Simulationsergebnissen (blaue Datenpunkte)

Im Ergebnis zeigt sich, dass sich bei Anwendung des neuen Bemessungsansatzes Wärmestromdichten ergeben, die zur Berechnung der thermischen Einwirkung Stützen unter lokaler Brandbeanspruchung angewendet werden können. Im Vergleich zu den realen Messdaten der betrachteten Pool- und Holzkippenbrände sowie der Simulationsergebnisse liegen die Berechnungsergebnisse des neuen erweiterten Bemessungsansatzes weitestgehend auf der sicheren Seite. Für die Anwendung des neuen erweiterten Bemessungsansatzes bei Wänden bedarf es jedoch weiterer Untersuchungen, da die Ableitung des neuen Bemessungsansatzes nur anhand von Stützen erfolgte und sich beim punktuellen Vergleich mit Wandversuchen Abweichungen ergaben.

5. Erkenntnisse und Ausblick

Auf Grundlage der Forschungsergebnisse wurde festgestellt, dass mit dem neuen Bemessungsansatz Ergebnisse erzielt werden, die weitestgehend auf der sicheren Seite liegen. Mit dem neuen Bemessungsansatz kann das bisherige Sicherheitsniveau in Deutschland beibehalten werden, ausgenommen ist dabei die Berechnung der thermischen Einwirkung von Wänden außerhalb des Plumbereichs. Es wird empfohlen bei der Überarbeitung von EN 1991-1-2:2010 bzw. der Erarbeitung des Nationalen Anhangs die Verhältnisgleichungen zur Berechnung von D_j der solid flame über die Flammenhöhe L_f zu ergänzen und die Summenformel (Additionsgesetz) zur Berechnung des Konfigurationsfaktors mit in den Anhang G, auf den in Anhang C verwiesen werden sollte, aufzunehmen. Die Anwendung des neuen erweiterten Bemessungsansatzes ermöglicht somit einen weiteren Anwendungsbereich, ist jedoch für ein vereinfachtes Verfahren sehr aufwändig, so dass in der Praxis eine Anwendung von CFD-Modellen zu erwarten ist.