

Sicherheit nach Maß

INDIVIDUELLER BRANDSCHUTZ FÜR GEBÄUDE

Dramatische Einstürze von Gebäuden nach schweren Bränden rufen immer wieder ins Bewusstsein, welche Auswirkung das Feuer und welche Bedeutung der Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen für die Sicherheit von Menschen haben.

Drei Wissenschaftler vom Institut für Stahlbau zeigen auf, wie im Brandschutzingenieurwesen an neuen Methoden geforscht wird, um den Brandschutz von Gebäuden zu optimieren.



»Es entspricht der Lebenserfahrung, dass mit der Entstehung eines Brandes jederzeit gerechnet werden muss. Der Umstand, dass in vielen Gebäuden jahrzehntelang kein Brand ausbricht, beweist nicht, dass keine Gefahr besteht, sondern stellt für den Betroffenen einen Glücksfall dar, mit dessen Ende jederzeit gerechnet werden muss!«
(Oberverwaltungsgericht Münster, 10A 363/86 vom 11.12.1987)

Beispiele von schweren Bränden aus der jüngeren Geschichte sind die völlige Zerstörung von drei Gebäuden im World Trade Center 2001, ein Großbrand im East Tower des Parque Central Complex in Venezuela 2004 und der teilweise Einsturz des im Bau befindlichen Windsor Towers in Madrid 2005 (Abbildung 1).

Obgleich die Ursachen und auch die genauen Versagensmechanismen der verschiedenen Beispiele nicht vergleichbar sind, so ist das Versagen des Tragwerks zumeist auf ein generelles Problem zurückzuführen: Bauteile verlieren bei hohen Temperaturen an Festigkeit und Steifigkeit. Um einen Einsturz im Brandfall zu verhindern, werden daher zumeist Maßnahmen ergriffen, die zu hohen Temperaturen in tragenden Bauteilen verhindern sollen.

Für Tragwerke in Massivbauweise (bewehrter Beton) und Holzbauweise bietet sich die Möglichkeit, das Volumen des Bauteils selbst als Wärmedämmung einzusetzen. Da Beton wie auch verkohltes Holz schlechte Wärmeleiter sind, gelangt die von außen ein-

geleitete Wärmeenergie nur in geringem Maße in das Bauteilinnere. Im Stahlbau ist diese Möglichkeit nicht gegeben, da Stahl ein guter Wärmeleiter ist. Freiliegende Stahlbauteile werden im Brandfall schnell vollständig erwärmt. Eine Vergrößerung der Stahlbauteile führt also (im Gegensatz zu Holz- oder Massivbauteilen) kaum zu einer Verbesserung des Tragverhaltens im Brandfall.

Aus diesem Grund werden die meisten Stahltragwerke gegen hohe Temperaturen bei einem Brand geschützt. Hierfür kommen zum Beispiel Brandschutzplatten aus Gipskarton, Brandschutzputze oder neuartige, im Brandfall aufschäumende Anstriche (sogenannte Dämmschichtbildner) zum Einsatz.

Die Bemessung dieser Brandschutzmaßnahmen beschränkt sich heute in der Praxis zum Großteil darauf, die Dicke der Brandschutzplatten, Putze oder Anstriche für jedes Bauteil einzeln aus Tabellenwerken abzulesen. Die Dicke der jeweiligen Brandschutzbekleidung ergibt sich in Abhängigkeit der Bauteilabmessungen und der geforderten Feuerwiderstandsdauer. Hierbei gibt die Feuerwiderstandsdauer an, wie lange die Tragfähigkeit eines Bauteils bei einem normativ festgelegten Feuer erhalten bleiben muss. Da die Bauteile einzeln betrachtet werden

und somit Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Bauteilen des Gebäudes nicht berücksichtigt werden, sind die Brandschutzmaßnahmen häufig unwirtschaftlich oder in seltenen Fällen sogar unsicher.

Neue Ansätze ergeben sich durch das Brandschutzingenieurwesen, welches auf nationaler und europäischer Ebene durch die Einführung europäischer Bemessungsnormen (Eurocodes) immer mehr Anklang findet. Hiernach ist es möglich, den Brand und das Tragwerksverhalten der Bauteile und des Gebäudes im Brandfall genau zu untersuchen und einen für das jeweilige Gebäude und die notwendige Sicherheit genau angepassten Brandschutz zu konstruieren. Die notwendige Sicherheit eines Gebäudes ergibt sich dabei aus der Nutzung, da zum Beispiel für Krankenhäuser höhere Anforderungen an die Sicherheit gestellt werden als bei Garagen. Durch einen so angepassten Brandschutz können daher Wirtschaftlichkeit und Sicherheit im Brandfall gleichermaßen gesteigert werden. Die kritischen Stellen werden stärker und robuster geschützt, während unkritische Stellen teilweise ungeschützt gebaut werden können. Es wird ein brandschutztechnischer »Maßanzug« für das Gebäude erarbeitet.

Im Bereich des Brandschutzingenieurwesens gibt es noch großen Forschungsbedarf. Die europäischen Bemessungsnormen, die die Anwendung allgemeiner Bemessungsverfahren des Brandschutzingenieurwesens gestatten, geben keine eindeutigen Regeln vor, wie diese Verfahren anzuwenden sind. Hierzu ist festzustellen, dass mit allgemeinen Berechnungsverfahren, wie beispielsweise der Finiten-Elemente-Methode, allgemeine Rechenmethoden gemeint sind, die nicht speziell für

die Tragwerksbemessung im Brandfall entwickelt wurden. Mit diesen Methoden kann infolge falscher Eingabedaten nahezu jedes Ergebnis erzeugt werden. Es ist also sicherzustellen, dass realistische Eingabedaten bei der Benutzung allgemeiner Bemessungsverfahren verwendet werden. Diese zu ermitteln und abzusichern, ist derzeit eine der großen Herausforderungen der Forschung.

Eine vollständige Tragwerksimulation im Brandfall besteht aus drei grundlegenden Schritten: Die Simulation des Feuers und der Brandraumtemperaturen; die Simulation des Temperaturübergangs und

notwendig, Erfahrungen mit den verschiedenen Modellen zu sammeln. So kann das berechnete Verhalten durch experimentelle Untersuchungen validiert werden, um die jeweils angenommenen Randbedingungen zu bestätigen oder zu widerlegen.

Aus diesem Grund beschäftigt sich das Institut für Stahlbau mit Projekten, die verschiedene Forschungsthemen im Bereich der Brandsicherheit behandeln und in dem jeweiligen speziellen Fall Vorgaben für die Ingenieure in der Praxis bereitstellen sollen. Drei der Forschungsthemen werden im Folgenden kurz vorgestellt. Es handelt sich

Abbildung 1 (gegenüber)
Brand des im Bau befindlichen Windsor-Tower in Madrid 2005
Quelle: MDiagom

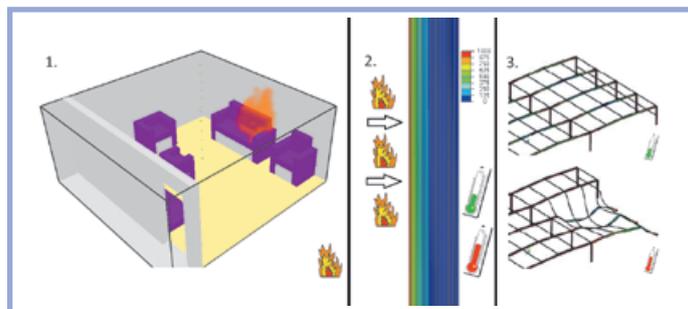


Abbildung 2
Teile einer vollständigen Tragwerksimulation im Brandfall –
1.) Brandsimulation; 2.) Temperatursimulation in einer Betonwand; 3.) Tragwerksimulation mit kalten und heißen Bauteilen

der Temperaturverteilung im Bauteil; die Simulation des Kraft-Verformungsverhaltens (Abbildung 2). Für alle drei genannten Schritte stehen bereits Softwaremodelle zur Verfügung. So ist es bereits heute theoretisch möglich, ein Brandereignis mit seinen Auswirkungen auf ein Tragwerk vollständig zu simulieren. Aufgrund einer Vielzahl variabler Randbedingungen kann eine solche Simulation heute noch häufig Ergebnisse zeigen, die weit vom realen Verhalten abweichen. Randbedingungen, die großen Einfluss auf die Berechnungsergebnisse haben sind zum Beispiel die Luftzufuhr des Feuers, die Wärmeübergangsbedingungen zwischen Luft und Bauteilen sowie das Rissverhalten von Beton. Um die Simulation der Realität anzupassen, ist es

um ein Projekt zu geschraubten Verbindungen und ihrem Verhalten im Brandfall, ein Projekt zur Untersuchung des Tragverhaltens von Deckensystemen im Brandfall und ein Projekt zu einem neuen semiprobabilistischen Brandsicherheitskonzept.

Das Projekt »Brandverhalten von Schraubenverbindungen im Stahl- und Verbundbau« wurde im Rahmen der Forschungsinitiative Sicherheit erfolgreich beantragt. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt mit dem Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik der TU Darmstadt. Gegenstand ist das Brandverhalten von hochfesten Schrauben sowie das Verhalten von geschraubten Verbindungen. Im Rahmen des Projekts werden zwei Großbrandversuche an der

Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA) Braunschweig durchgeführt.

Ziel ist es, das Verhalten der experimentell untersuchten Anschlüsse im Brandfall zu ermitteln und in einer Analyse auf Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM) zu simulieren. Mittels der so entwickelten

stuhl für Metallbau der TU München bearbeitet. Decken werden üblicherweise so bemessen, dass sich in der Mitte der Decke nur eine geringe Durchbiegung einstellt. Bei einer vier Meter langen Decke sollte beispielsweise eine maximale Durchbiegung von circa einem Zentimeter nicht überschritten werden (Durchbiegungsbegrenzung). Somit bleiben alle Gegenstände auf der Decke an ihrem Platz und rutschen nicht zur maximalen Durchbiegung hin. Des Weiteren hat der Nutzer den Eindruck, dass er auf ebenem Boden steht.

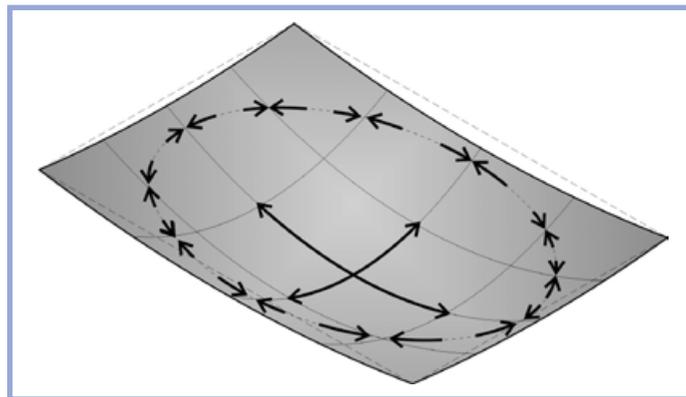
Wenn es brennt, ist die Durchbiegungsbegrenzung von untergeordneter Bedeutung. Es ist wesentlich wichtiger, den Nutzern des Gebäudes eine sichere Flucht und den Feu-

Das dritte Projekt, welches ebenfalls innerhalb der Forschungsinitiative Sicherheit erfolgreich beantragt wurde, hat den Titel »Sicherheitskonzept zur Brandschutzbemessung – Erprobung und Validierung im Stahl- und Stahlverbundbau«. Es wird in Kooperation mit dem Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz

Abbildung 3
Geschraubter Anschluss in einem Parkhaus und entsprechendes (FEM-)Computermodell



Abbildung 4
Mögliches Tragverhalten einer Decke im Brandfall (Membranwirkung)



FEM-Modelle (Abbildung 3) ist es möglich, den experimentellen Parameterbereich zu erweitern. Es könnten im Computermodell beispielsweise die Schrauben gegen kleinere oder größere Schrauben ausgetauscht werden. So kann ohne weitere teure Experimente der Einfluss der Schraubengröße auf das Verhalten untersucht werden.

Ein weiteres Projekt trägt den Titel »Nutzung der Membranwirkung von Verbunddecken-Trägersystemen im Brandfall« und wird in Kooperation mit dem Lehr-

erwehren eine sichere Brandbekämpfung zu ermöglichen. Hierbei kann sich die Decke auch stärker durchbiegen. Dann trägt die Decke nicht ausschließlich auf Biegung sondern auch auf Zug wie ein durchhängendes Seil oder das Geflecht eines Siebes (Abbildung 4).

Dieses Verhalten der Decke wird in großmaßstäblichen Versuchen (Abbildung 5) und numerischen Simulationen genauer betrachtet. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf ein eventuelles Aufreißen der Decke gelegt.

Finite-Elemente-Methode (FEM)

Bei der FEM handelt es sich um eine Methode, in welcher reale Gegenstände in einem Rechenmodell abgebildet werden, um ihre Interaktion mit der Umgebung zu simulieren. Hierzu wird der Gegenstand in viele endlich kleine (finite) Elemente unterteilt, deren Verhalten und deren Interaktion mit den übrigen Elementen vereinfacht über Differentialgleichungen berechnet werden können. Berechnet werden kann zum Beispiel das Last-Verformungs-Verhalten (Crash-Tests) oder die Temperaturverteilung bei Hitze-einwirkung. Großes Problem der Methode ist die Rechenintensität, die mit der Elementanzahl überproportional steigt.

(iBMB) der TU Braunschweig bearbeitet. Brandschutztechnische Sicherheit kann nicht nur über den Feuerwiderstand der Bauteile erreicht werden. Brandschutztechnische Infrastruktur wie automatische Löschanlagen oder eine schlagkräftige Feuerwehr können die Brandsicherheit ebenfalls erhöhen. Die Vorteile der brandschutztechnischen Infrastruktur konnten bis vor kurzem nicht direkt in einen rechnerischen Nachweis einfließen. Lediglich über Rücksprache mit den Aufsichtsbehörden war es möglich, die Vorteile bei der Bemessung zu



Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann
 Jahrgang 1954, ist seit 1996 Leiter des Instituts für Stahlbau an der Leibniz Universität Hannover. Kontakt: stahlbau@stahl.uni-hannover.de



Dipl.-Ing. Thomas Kirsch
 Jahrgang 1982, ist seit 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Stahlbau an der Leibniz Universität Hannover. Kontakt: kirsch@stahl.uni-hannover.de



Dipl.-Ing. Jörg Sothmann
 Jahrgang 1982, arbeitet seit 2008 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Stahlbau an der Leibniz Universität Hannover. Kontakt: sothmann@stahl.uni-hannover.de

nutzen, indem zum Beispiel bei Nutzung einer Sprinkleranlage einer geringeren Brandschutzplattendicke zugestimmt wurde. Dabei waren die Resultate stark vom Diskussionskreis abhängig. Am iBMB wurde daher ein neues Konzept entwickelt, in dem



Abbildung 5
 Großbrandversuch zum Tragverhalten von Decken im September 2010. Gemeinsames Projekt der TU München und der Leibniz Universität

die Vorteile der brandschutztechnischen Infrastruktur in Zahlen gefasst werden. Dieses Konzept wird im Vier-Augen-Prinzip geprüft, wofür sowohl deterministische als auch probabilistische Verfahren genutzt werden.

Weitere Projekte am Institut für Stahlbau zur Brandsicherheit von Bauwerken behandeln beispielsweise verschiebbare Verbundrahmen aus Stahl

und Stahlbeton oder befassen sich mit der Verwendung von im Brandfall aufschäumenden Anstrichen.

Alle Projekte sind darauf ausgelegt, Erkenntnisse zu sammeln und neue Methoden zu entwickeln, die den Anwendungsbereich des modernen Brandschutzingenieurwesens erweitern und absichern. Damit werden stets neue Möglichkeiten geschaffen, den

Brandschutz eines Gebäudes so zu verbessern, dass mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand eine höhere Sicherheit für Menschen und Sachgüter erreicht wird.