

Warmrauchversuch zur Überprüfung der wirksamen Entrauchung der Elbphilharmonie in Hamburg.

© Gruner

Nachweisverfahren auf Grundlage von Ingenieurmethoden

Die Bedürfnisse einer offenen und modernen Architektur stellen die Brandschutzplanung vor Herausforderungen. So erfordern grossvolumige Brandabschnitte oder besondere Fluchtwegsituationen oft besondere Nachweise. Auch bei Bestandsgebäuden sind bei Abweichungen verhältnismässige Lösungen nicht selten erst auf Basis der Ingenieurmethoden möglich.

Matthias Siemon

Eine allgemeine, überall akzeptierte Definition von Ingenieurmethoden im Brandschutz existiert nicht. Üblicherweise werden in der Praxis die folgenden Verfahren zu den Ingenieurmethoden im Brandschutz gezählt:

- Brand- und Entrauchungssimulationen
- Heissbemessung / Naturbrandverfahren
- Evakuierungsberechnungen
- Warmrauchversuche

Allen gemein ist eine schutzzielorientierte Bewertung der brandschutztechnischen Fragestellungen auf Grundlage von

zumeist numerischen Simulationsmethoden oder einer Versuchseinrichtung. Für den Nachweis des geforderten Sicherheitsniveaus sind Planungsziele und Leistungskriterien erforderlich, welche in Art und Wert festgelegt werden müssen. Ein bekanntes Beispiel für ein solches Planungsziel ist der Nachweis einer raucharmen Schicht auf einer Höhe von 2,5 m bei der Untersuchung eines Entrauchungskonzeptes.

Einordnung in die VKF-Brandschutzvorschriften

Die Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (VKF) konkretisiert die zur Erfüllung der Aufgaben zu beachtenden Anforderungen mit Hilfe von Normen, Richtlinien, Erläuterungen und Arbeitshilfen.

Die bei der Brandschutzplanung zu beachtenden Schutzziele werden in Brandschutzrichtlinie (BSR) 10-15de beschrieben. Die BSR «Nachweisverfahren im Brandschutz», 27-15de, regelt dabei die Grundsätze der Anwendung von Ingenieurmethoden und die Verantwortlichkeiten der Planungsbeteiligten bei

- Projektdefinition
- Schutzzieldefinition
- Gefährdungsanalyse
- Bemessungsszenarien
- Nachweisführung
- Auswertung und Beurteilung
- Dokumentation

Ebenfalls aufgeführt ist die Konkretisierung der allgemein formulierten Schutzziele hin zu vorgegebenen Pla-

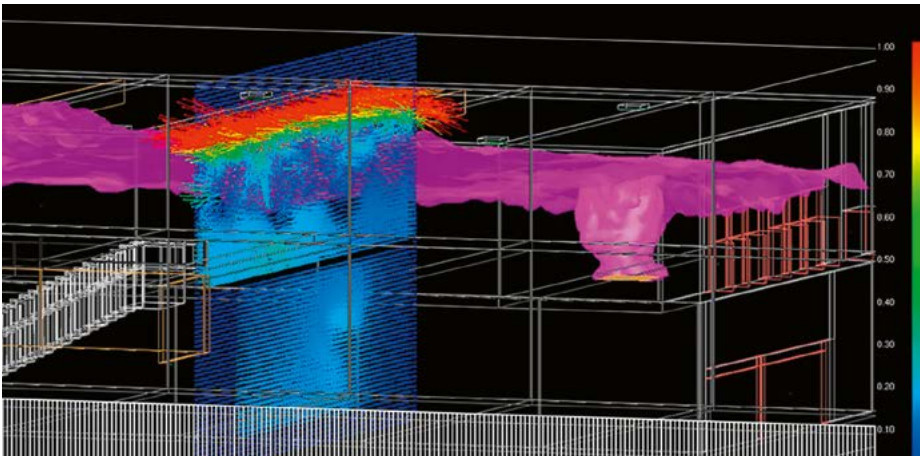


Abb. 1: Rauchausbreitung, dargestellt als Isofläche und Auswertung der Strömungsgeschwindigkeiten.

nungszielen wie die Sicherstellung einer wirksamen Entrauchung über die Gewährleistung einer ausreichenden Höhe der raucharmen Schicht.

Auf die BSR 27-15de wird in den weiteren Brandschutzrichtlinien verwiesen: zum Beispiel in der BSR 21-15de «Rauch- und Wärmeabzugsanlagen», wenn die geplanten Anlagen die in dieser Richtlinie definierten präskriptiven Anforderungen wie festgelegte Luftwechselraten (MRWA) oder Zu- und Abluftflächen (NRWA) nicht erfüllen. Daneben sind kurz die Anforderungen an Warmrauch- beziehungsweise Realbrandversuche sowie Evakuierungssimulationen beschrieben.

Die BSR 27-15de enthält auch Anforderungen an Tragwerksnachweise (Heissbemessung) auf Grundlage der Eurocodes. Diese werden in der Schweiz vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) herausgegeben und haben den Status einer Schweizer Norm. Diese regeln die Grundlagen der Tragwerksplanung (EN 1990), die Einwirkungen auf Tragwerke (EN 1991) und neben Bemessungsregeln in der Geotechnik bzw. bei Erdbebenbeanspruchung (EN 1997 bzw. EN 1998), organisiert nach Konstruktionsarten, den Massivbau (EN 1992), den Stahlbau (EN 1993) bis hin zu Aluminiumtragwerken (EN 1999).

Für alle brandschutzrelevanten Eurocodes als Teil 1–2 existieren neben tabellarischen Angaben entsprechende Regelungen zu Tragwerksnachweisen auf der Grundlage vereinfachter (Handrechenformeln) sowie allgemeiner Rechenverfahren (numerische Methoden). Da solche Nachweise vertiefende Kenntnisse der Tragwerksplanung erfordern, ist in der

BSR 27-15de die Freigabe durch einen qualifizierten Ingenieur gefordert.

In den meisten Fällen kommen sowohl bei Fragen der Entrauchung, bei Evakuierungsnachweisen als auch bei der Heissbemessung numerische Methoden zum Einsatz. Hier ist es nicht möglich, jeden einzelnen Berechnungsschritt zu prüfen. Nach der formellen Prüfung werden die zu dem Nachweis gehörenden Unterlagen daher auf Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Plausibilität geprüft. Eine Nachrechnung auf gleichem Detaillierungsgrad ist nicht vorgesehen.

Ingenieurmethoden im Brandschutz

Die Anwendung von Ingenieurmethoden im Brandschutz hat grundsätzlich in Kombination mit einem ganzheitlichen Brandschutzkonzept zu erfolgen. Nachweise auf Grundlage von Ingenieurmethoden werden im Regelfall angewendet, wenn präskriptive Anforderungen der entsprechenden Brandschutzvorschriften (seltener Prüfzeugnisse oder Zulassungen) nicht eingehalten werden können. Die häufigsten Gründe sind den Brandschutzanforderungen

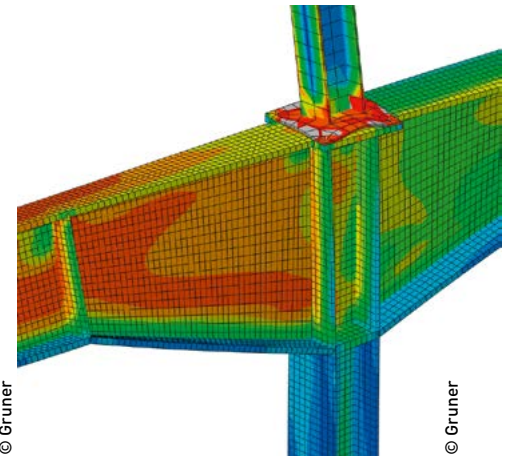


Abb. 2: Berechnete Verformungen an einem Anschlussdetail unter Brandbeanspruchung.

widersprechende Nutzerbedürfnisse, architektonische Anforderungen, Randbedingungen einer baulichen Situation im Bestandsbau oder denkmalpflegerische Aspekte. Weitere Gründe für den Einsatz von Ingenieurmethoden können bei besonderen betrieblichen Anforderungen oder versicherungstechnischen Zusatzanforderungen vorliegen.

Im Folgenden werden die Methoden der Ingenieurmethoden im Brandschutz kurz vorgestellt.

Brand- und Entrauchungssimulationen

Eine der wichtigsten Methoden der Ingenieurmethoden im Brandschutz sind Brand- und Entrauchungssimulationen. Typische nachzuweisende Fragestellungen sind hier:

1. Temperatur- bzw. Wärmestrombeanspruchung von Bauteilen / Gebäudekomponenten (z.B. für eine Heissbemessung) / angrenzenden Brandlasten / Personen.

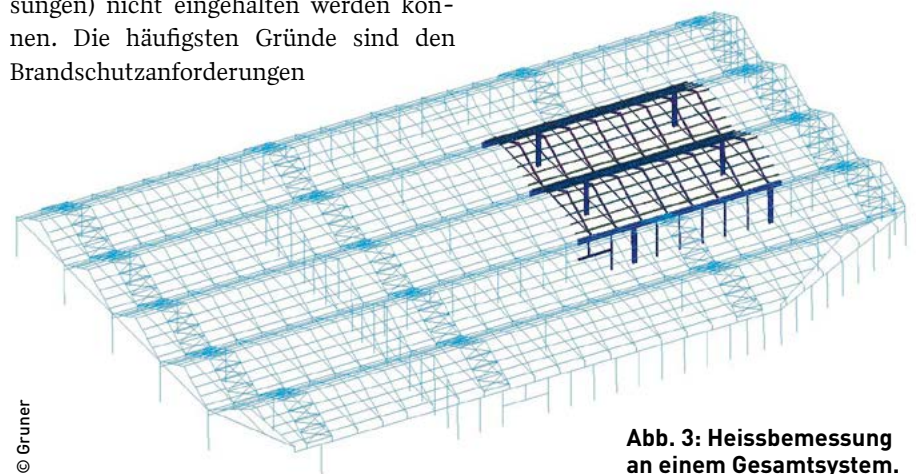


Abb. 3: Heissbemessung an einem Gesamtsystem.

2. Berechnung der Rauchausbreitung im Gebäude / Brandabschnitt zur Beurteilung der Verrauchungssituation (Nachweis der Personensicherheit, Nachweis der wirksamen Ent- rauchung).

Die für den Nachweis zugrunde zu legenden Brandszenarien und daraus abgeleiteten Bemessungsbrände unterscheiden sich deutlich, da die Sensitivitäten der Eingangsgrößen von der Fragestellung abhängen. So sind für den Nachweis der sicheren Entfluchtung von Gebäuden im Brandfall die Brandentwicklungsgeschwindigkeit sowie die Russausbeute der Brandlast signifikante Eingangsgrößen, während für eine Brandsimulation zur Ermittlung der Wärmestrombeaufschlagung von Bauteilen bzw. des Tragwerkes der Vollbrand im betroffenen Brandabschnitt massgebend wird.

Die Berechnungsergebnisse werden anschliessend mithilfe der bereits angesprochenen Leistungskriterien quantitativ bewertet. Hier ist zu beachten, dass je nach verwendeter Berechnungsmethode unterschiedliche, modellbezogene Leistungskriterien zur Beantwortung einer Frage (Sicherstellung einer raucharmen Schicht von 2,5 m) ausgewertet werden müssen. So existiert bei Feldmodellen [engl. «Computational Fluid Dynamics» (CFD)-Modelle] im Gegensatz zu den früher gebräuchlichen Zonenmodellen keine klare Trennung zwischen Rauchschiicht und raucharmer Schicht, da die Strömungsverhältnisse und Verwirbelungen direkt abgebildet werden können. Eine Auswertung erfolgt hier typischerweise auf der Beurteilung der lichttrübenden Wirkung der Rauchgase (Extinktionskoeffizient oder optische Dichte) auf der entsprechenden Höhe von 2,5 m.

Heissbemessung / Naturbrandverfahren

Die Heissbemessung (vgl. Abb. 2 und Abb. 3) besteht in den meisten Fällen aus einer gestaffelten Nachweisstruktur (Brandsimulation, thermische Analyse, mechanische Analyse). Ziel ist es, im ersten Schritt die gebäudespezifischen Besonderheiten wie Brandlast und Ventilationsverhältnisse bei der Berechnung der Wärmestrombeaufschlagung zu berücksichtigen. Im Ergebnis erhält man für jede Bauteilposition eine spezifische Temperaturzeitkurve, welche im Vergleich zu nominellen



Abb. 4: Grafische Darstellung einer Evakuierungssimulation.

Brandkurven wie der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) auch den abfallenden Ast nach Verbrauchen der Brandlast enthält (aus diesem Grund werden solche Nachweise oft als Naturbrand bezeichnet). Im Vergleich zu den auf der ETK basierenden Klassifizierungen von Bauteilen, welche den Feuerwiderstand für eine bestimmte Dauer unter ETK-Brandbeanspruchung beschreiben (z.B. R90), gilt der Nachweis auf Grundlage einer Naturbrandbeanspruchung als erbracht, wenn nach der kompletten Brandbeanspruchung die Tragfähigkeit (unter zusätzlicher Bewertung der Verträglichkeit der auftretenden Verformungen) und je nach Bauteil auch der Raumabschluss sowie das Isolationskriterium bestehen bleibt.

Es ist möglich, die Erfolgsaussichten einer Heissbemessung nach jedem Rechenschritt neu zu beurteilen und sinnvolle Massnahmen einzuleiten. Sollten beispielsweise zu hohe Temperaturen im Bereich massgebender Bauteile auftreten, gibt es die Möglichkeit, lokal begrenzte bauliche Brandschutzmassnahmen rechnerisch in den darauffolgenden Verfahrensschritten zu berücksichtigen (z.B. die lokal begrenzte Bekleidung von Stützen oder Anschlussdetails, während die Dachkonstruktion ungeschützt verbleiben kann).

Eine weitere Möglichkeit liegt in der gezielten Aufdimensionierung versagensrelevanter Bauteile bzw. Anschlüsse.

Der letzte Schritt im Verfahren der Heissbemessung ist dann die mechanische Analyse für die Berechnung der thermisch und mechanisch induzierten

Strukturantwort auf die Brand- und mechanischen Lasten.

Evakuierungsberechnungen

Mit Hilfe von Evakuierungsberechnungen kann die Zeit (Fluchtzeit) berechnet werden, die von den Gebäudenutzern für die Räumung des Gebäudes benötigt wird (vgl. Abb. 4). Nicht direkt abgebildet werden die Zeitanteile der Pre-Movement-Zeit, welche sich aus den Teilen Detektions-, Alarmierungs- und Reaktionszeit zusammensetzt und vor Beginn der eigentlichen Fluchtbewegung anzusetzen ist.

Die Komplexität der jeweiligen Berechnungsmethoden reicht von einfachen Handrechenverfahren bis zu numerischen Modellen, welche einzelne Personen diskret abbilden (Individualmodelle). Ist eine Abschätzung der Fluchtzeit bei geringer Fluchtwegkomplexität (z.B. die Räumung eines einzelnen Raumes) nötig, kann eine Kapazitätsanalyse ausreichend sein, welche die Lauflänge sowie die Durchlasskapazitäten von Türen und Engstellen berücksichtigt. Komplexere Fluchtwegsituationen mit Vereinigungen, Verzweigungen, Treppen in Kombination mit detaillierten Eigenschaften einzelner Personengruppen (Jugendliche, ältere Menschen, Rollstuhlfahrer) erfordern die Anwendung komplexer numerischer Modelle.

Im Ergebnis erhält man die benötigte sichere Entfluchtungszeit (engl. required safe egress time, RSET) für die abgebildeten Wegelemente sowie für das Gesamtmodell. Die berechneten Zeiten sind mit

Blick auf die teilweise vorhandenen Unsicherheiten der Modellparameter und Eingangsgrößen zu bewerten. Werden diese in Bezug zu Ergebnissen einer Brandsimulation gesetzt, ist ein hinreichender Sicherheitsabstand vorzuhalten. Neben der Bestimmung der Entfluchtungszeit sind Evakuierungsberechnungen besonders geeignet, zu erwartende Stauungen bzw. Engstellen in der Fluchtwegplanung zu identifizieren.

Warmrauchversuche

Das Ziel eines Warmrauchversuchs ist es, möglichst realitätsnah ein Brandereignis abzubilden, um so die Wirksamkeit von Entrauchungsanlagen qualitativ darzustellen. Zusätzlich kann während der Versuchsdurchführung die Brandfallsteuerung überprüft werden. Anhand der qualitativen Visualisierung der Rauchausbreitung im Gebäude können ausserdem Rückschlüsse auf eine mögliche Innenraumströmung oder sonstige Störeinflüsse gezogen werden.

Grundlage einer Warmrauchmaschine ist die modellhafte Abbildung einer äqui-

valenten Rauchgassäule (Plume) unter Berücksichtigung der strömungsphysikalischen Ähnlichkeitsgesetze für eine festzulegende Brandleistung.

Fazit und Ausblick

Die Anwendung von Ingenieurmethoden ermöglicht die Untersuchung einer Vielzahl an brandschutztechnischen Fragestellungen. Aufgrund der Komplexität solcher Nachweisverfahren ist die Abstimmung der Berechnungs- bzw. Versuchsgrundlagen vor Durchführung mit den Projektbeteiligten sowie den Genehmigungsbehörden abzustimmen.

Aktuelle Entwicklungen wie BIM (Building Information Modeling) führen dazu, dass der Modellierungsaufwand für die numerischen Simulationsmodelle (sowohl Brandsimulation als auch Heissbemessung) stetig sinkt. Die weit über die dreidimensionale Planung und Kollisionsprüfung hinausgehenden Möglichkeiten von BIM, wie die umfangreiche Definition von Klassen und Attributen, bieten auch den Ingenieurmethoden im Brandschutz ein hohes Potenzial an Steigerung

SERIE INGENIEURMETHODE BRANDSCHUTZ

Der vorliegende Beitrag ist der Start einer Reihe von Beiträgen, welche die wesentlichen Aspekte der Ingenieurmethoden im Brandschutz behandelt. Begonnen wird mit einer Erläuterung der wichtigsten Themenfelder der Ingenieurmethoden, der bauordnungsrechtlichen Einordnung und der Erläuterung der grundsätzlichen Anforderungen an Abstimmung, Durchführung und Dokumentation eines solchen Nachweises.

von Qualität und Effizienz. Die dafür notwendigen Schnittstellen zwischen der jeweiligen Software sind allerdings noch nicht immer vorhanden. ■



MATTHIAS SIEMON

Dr.-Ing., Leiter Abteilung Brandschutz, Ingenieurmethoden, Gruner AG

ANZEIGE

MINIMAX

Brandschutz mit System

- ✓ Feuerlöscher und Wandhydranten
- ✓ Küchenschutzlöschanlagen
- ✓ Sprinkler- und Feinsprühlöschanlagen
- ✓ Sprühwasserlöschanlagen
- ✓ Gaslöschanlagen
- ✓ Brandmeldeanlagen
- ✓ Sauerstoffreduzierungsanlagen
- ✓ Rauch- und Wärmeabzugsanlagen
- ✓ Rauch- und Brandschutzvorhänge
- ✓ Schilder und Markierungen

MINIMAX AG
Stettbachstrasse 8
CH-8600 Dübendorf
Tel. +41 43 833 44 55
info@minimax.ch
www.minimax.ch

