

Schutzzielorientierte Brand- entrauchung – eine Herausforde- rung für die Strömungstechnik



Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Detzer,
Imtech Deutschland GmbH & Co. KG,
Vorsitzender des Zentralen Techni-

Die Entrauchung von Gebäuden im Brandfall kann Menschenleben retten und ermöglicht der Feuerwehr einen raschen Löschangriff.

Brandrauch ist in 95 % der Fälle ursächlich für Todesfolgen im Brandfall und kann auch durch seine chemische Zusammensetzung erhebliche Schäden am Baukörper und an Einrichtungsgegenständen bewirken.

So muss es das Ziel jeder Entrauchungseinrichtung sein, dem Schutzziel entsprechend „Freizonen“ zu schaffen, d. h. Zonen, die über eine bestimmte Zeit rauchfrei, bzw. raucharm bleiben. Dies betrifft insbesondere Rettungswege der Personen und wertvolle Einrichtungsgegenstände.

Diese Aufgabenstellung ist dem TGA-Ingenieur nicht neu, ergeben sich doch in Fertigungsstätten häufig Anforderungen, Gefahrstoffe von Mitarbeitern fernzuhalten, die bei weitem nicht den Gefährdungsgrad von Brandrauch besitzen, jedoch

gleichartigen Ausbreitungsmechanismen unterliegen.

Brandrauch besteht in erster Linie aus erwärmter Luft, wobei die Brandquelle die Wärmeübertragungsfläche liefert. Oberhalb der Brandquelle bildet sich ein Thermikstrahl aus, der die Eigenschaften eines anisothermen, turbulenten Freistrahles aufweist (Bild 1). Dieser Thermikstrahl ist gleichzeitig das Transportmedium für alle beim Verbrennungsprozess entstehenden gasförmigen und partikelförmigen Bestandteile, die zusammen den Brandrauch bilden.

Auf seinem Strömungsweg nach oben induziert der Thermikstrahl – auch Plume genannt – Raumluft aus der Umgebung, sodass das Strahlvolumen mit wachsender Länge des Strömungsweges ansteigt.

Da der thermisch bewegte und der durch Induktion dem Strahl beigemischte Luftstrom ersetzt werden muss, werden Räume ohne entsprechende Entrauchungseinrichtungen sehr rasch vollständig mit Brandrauch gefüllt. Raucharme Bereiche können dadurch geschaffen werden, dass man die Gesetzmäßigkeiten von Schichtenströmungen nutzt und Rückströmungen aus dem oberen Raumbereich verhindert. Hierzu wird die am Brandherd erwärmte und nach oben strömende Luft zuzüglich dem Induktionsluftstrom durch nachströmende, nicht-kontaminierte Zuluft ersetzt. Dies lässt sich durch Absaugen von Brandrauch im Deckenbereich und durch Nachströmöffnungen in der Gebäudehülle erreichen. Im Raum bilden sich dann zwei Luftschichten. Eine durch Rückströ-

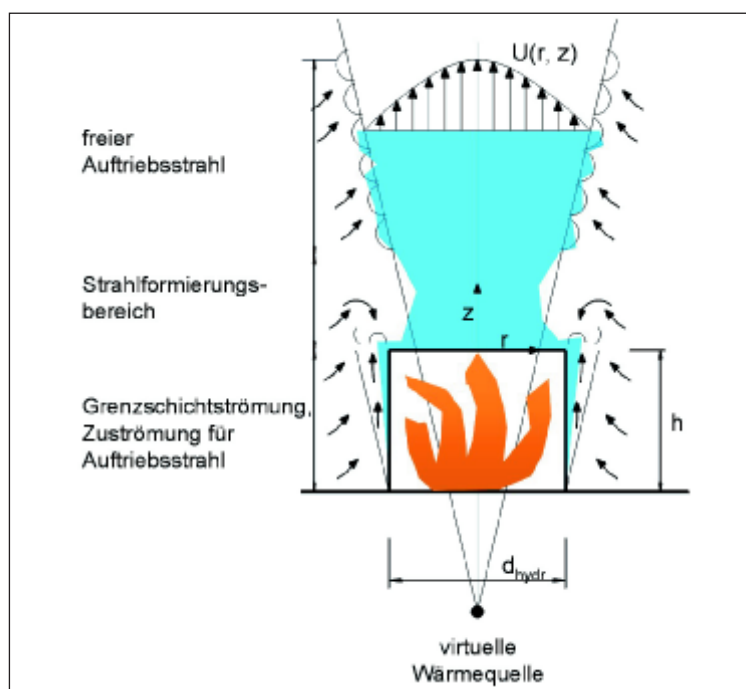


Bild 1: Thermikstrahl (Plume)

mungen aus dem Deckenbereich gekennzeichnete und mit Rauch angereicherte Schicht und eine raucharme Schicht, die im Wesentlichen durch die nachströmende Zuluft bestimmt ist. Die zur Berechnung raucharmer Schichten verwendeten Berechnungsalgorithmen, die von ver-

schiedenen Forschungsstellen ermittelt wurden, sind naturgemäß identisch mit den in der Industrietechnik zur Dimensionierung von Schichtenströmungen angewandten Gleichungssystemen.

Das Schutzziel ist erreicht, wenn sich die gewünschte rauch-

freie oder raucharme Schicht einstellt.

Dabei können falsch dimensionierte, falsch platzierte oder falsch angelegte Nachströmöffnungen zu Störungen des Thermikstrahles, zu Störungen der Schichtenbildung und damit des Schutzzieles führen. Bild 2 zeigt schematisch den Einfluss von Störgrößen.

Gefordert wird der Strömungstechniker insbesondere bei Sondergebäuden, bei denen neben raucharmer Schichten auch z. B. Tribünen- oder Galeriebereiche rauchfrei gehalten, „virtuelle“ Rauchabschnitte geschaffen oder die Verrauchung von Gebäudeteilen mit größeren Raumhöhen verhindert werden sollen. Hierzu sind häufig strömungstechnische Innovationen erforderlich, um die Schutzziele zu erreichen. Derartige Entwicklungen lassen sich mit CFD-Analysen oder Modellstudien durchführen, wobei sich in derartigen Fällen die Modellstudie als das am besten geeignete Instrument zeigt.

Die Modelle werden in verkleinerten Maßstäben (bis ca. 1 : 20) aus Plexiglas gefertigt, wobei insbesondere alle die Strömung beeinflussenden Details maßstabsgetreu nachgebildet sein müssen. Darüber hinaus sind die physikalischen Ähnlichkeitsgesetzmäßigkeiten zu beachten, die sich aus den allgemeinen Bewegungsgleichungen, den Energiegleichungen und den Kontinuitätsgleichungen ableiten.

Im Folgenden seien zwei Beispiele gezeigt, bei denen nur durch innovative strömungstechnische Konzepte die gewünschten Schutzziele erreicht werden konnten.

I. Multifunktionsarena

Die Multifunktionsarena ist eine Sportstätte, die mit Tribünenplätzen für 50.000 Personen ausgelegt ist. Bei anderen Veranstaltungen, wie z. B. Konzerten oder Boxkämpfen können weitere 15.000 Zuschauer im Stadioninnenraum platziert werden.

Die Arena besitzt eine Überdachung, wobei der über den Tribü-

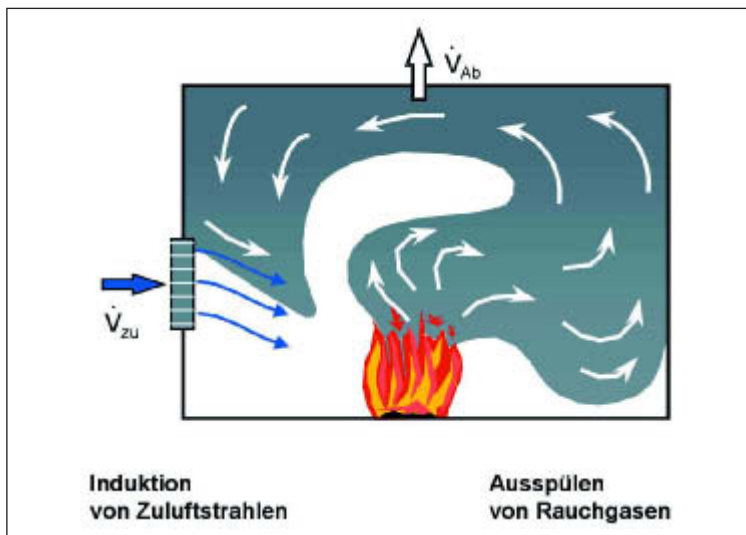


Bild 2: Störeinflüsse auf die Schichtenbildung



Bild 3: Modell der Multifunktionsarena im Maßstab 1 : 20



Bild 4: Treibstrahlen zur Unterstützung der Rauchableitung

nen liegende Dachteil feststehend und der über der Spielfläche liegende Dachteil beweglich ausgebildet ist. Im Falle eines Brandes muss der Brandrauch auf natürlichem Wege aus dem Innenraum der Arena abgeführt werden. Hierzu ist eine Öffnung in Form eines Ringspaltes vorgesehen, der sich zwischen dem feststehenden und dem beweglichen Dachteil ergibt.

Die Luftnachführung sollte über die in den vier Eckbereichen vorhandenen Einfahrtstore erfolgen.

Aus einer Simulationsberechnung zur Entfluchtung, die vom Büro Prof. Klingsch durchgeführt worden war, wurde deutlich, dass die Tribünenbereiche für einen Zeitraum von ca. 20 bis 30 Minuten rauchfrei gehalten werden müssen. Dies betrifft natürlich insbesondere die Tribünenbereiche, die unmittelbar unterhalb des Tribünendaches angeordnet sind.

Im Labor des Hauses Imtech, ZIT, wurde ein Modell im Maßstab 1 : 20 gebaut zur strömungstechnischen Entwicklung des Entrauchungskonzeptes (Bild 3).

Die ersten Versuche zeigten, dass die auf natürliche Rauchableitung abgestellte Version nicht ausreicht, den Brandrauch in ausreichendem Maße abzuführen; der Rauch schichtet sich im Deckenbereich ein, sodass die oberen Tribünenbereiche nicht rauchfrei gehalten werden konnten. Um die Abströmung des Brandrauches zu verbessern und den Durchsatz durch den Ringspalt zu erhöhen, wurden zur Lösung des Problems Treibstrahlen eingesetzt, die aufgrund ihrer Induktionswirkung den Brandrauch aufnehmen und in Richtung der Austrittsöffnung transportieren. Durch den gewählten Strahlimpuls konnte der Druckabfall durch die Abströmöffnung kompensiert werden. Bild 4 zeigt die Treibstrahlen im Modell.

Da auch die Luftnachführung durch die vier Zufahrtbereiche nicht ausreichend war, wurde ein Teil der Zuluft über Hilfsventilatoren hinter einer Schürze in den

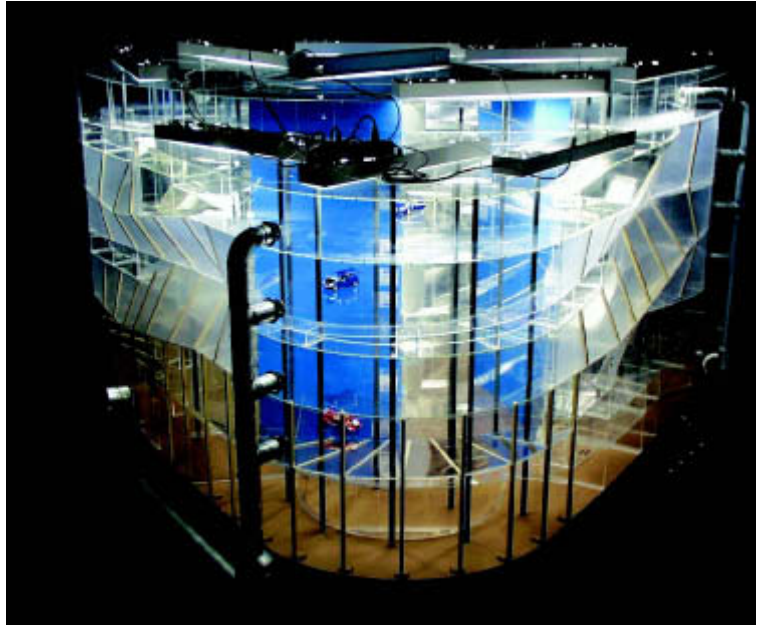


Bild 5: Modell des Museums DaimlerChrysler im Maßstab 1 : 18

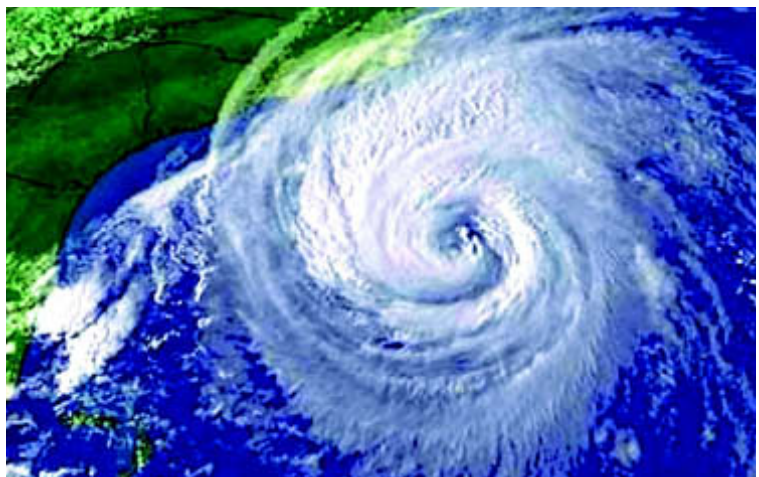


Bild 6: Wirbelsturm (Satelitenaufnahme)

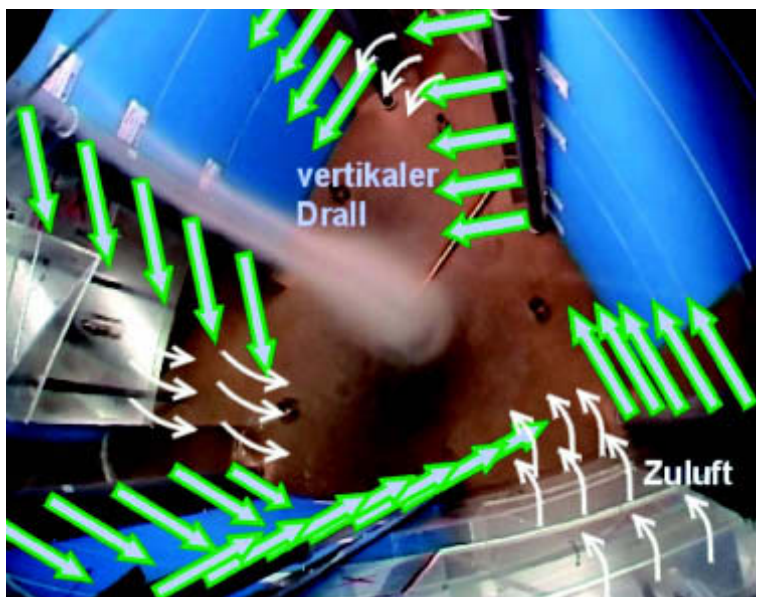


Bild 7: Drallströmung mit Treibstrahlantzen

oberen Tribünenbereich eingebracht.

II. Museumsgebäude Daimler-Chrysler

Ein weiteres Beispiel ist die Aufgabe, die Rauchausbreitung in einem Museumsgebäude des Hauses DaimlerChrysler zu verhindern.

Das architektonisch herausragende Gebäude wird Mittelpunkt der vor dem DaimlerChrysler-Werk in Stuttgart-Untertürkheim entstehenden „Mercedes-Benz-Welt“. Ab 2006 dokumentiert dann das Haus DaimlerChrysler auf 17.000 qm Ausstellungsfläche Automobilgeschichte.

Um in einem Brandfall die in einem Gebäude befindlichen Menschen zu retten und die wertvollen Ausstellungsstücke so gut wie möglich vor der Beschädigung durch Brandrauch zu schützen, sollte der Brandrauch aus den betroffenen Ausstellungsbereichen abgeführt und direkt ins Freie geleitet werden.

Da die einzelnen Ausstellungsebenen spiralförmig um einen Atriumsbereich angeordnet sind, der von drei Gebäudekernen gebildet wird und die Ausstellungsebenen offen an diesen Atriumsbereich angrenzen, war es naheliegend, den Brandrauch über das Atrium abzuführen. Dies führte jedoch dazu, dass der Brandrauch nicht nur in das Atrium abströmte, sondern sich auch alle anderen oberhalb der Brandstelle gelegenen Ausstellungsbereiche mit Brandrauch füllten.

Um dieses zu verhindern, wurde im Forschungszentrum des Hauses Imtech Deutschland in Hamburg ein völlig neuartiges Entrauchungskonzept entwickelt, dass im Jahre 2003 mit dem 2. Preis des Deutschen Brandschutzpreises ausgezeichnet wurde.

Die Entwicklung erfolgte in einem Modell aus Plexiglas im Maßstab 1 : 18 (Bild 5).

Die Forderung, den Brandrauch über das Atrium abzuführen, ohne dass weitere Gebäudeteile kontaminiert werden,

bedeutet, dass das strömungstechnische Konzept sicherstellen muss, dass Strömungsvorgänge ausschließlich in Richtung Atrium erfolgen. Derartige zu einem Zentrum gerichteten Strömungen lassen sich in der Natur bei Wirbelstürmen beobachten; die damit verbundene Strömungsform stellt die Eigenschaften zur Verfügung, die für das Entrauchungskonzept benötigt werden (Bild 6).

Durch die auf logarithmischen Spiralen zum Zentrum einer vertikalen Wirbelströmung verlaufenden Stromlinien und die hohen Umfangsgeschwindigkeiten um das Zentrum herum entsteht ein deutliches Druckgefälle vom Randbereich zum „Auge des Taifuns“. Dieses Druckgefälle ist längs der Drehachse konstant und bildet die erforderliche Druckdifferenz über die gesamte Wirbellänge.

In langwierigen Versuchsreihen wurde versucht, in dem Atrium mit einer Gesamthöhe von ca. 44 m und dreieckigem Grundriss ein derartiges Strömungsfeld aufzubauen. Dieses gelang schließlich durch im Außenbereich angeordnete Treibstrahldüsen, die als Einzeldüsen in vertikalen Strömungslanzen angeordnet sind.

Durch das sich ausbildende Unterdruckfeld im Inneren der Drallströmung wird der Brandrauch zum Wirbelzentrum und über die zentrisch im Deckenbereich des Atriums angeordnete Absaugöffnung ins Freie gedrückt. Die nicht vom Brand betroffenen Gebäudeabschnitte bleiben rauchfrei.

Bild 7 zeigt schematisch die Anordnung der Treibstrahllanzen mit den Einzeldüsen und das Zentrum der sich entwickelnden Drallströmung, sichtbar gemacht durch Zugabe von Paraffinölnebel im Bodenbereich des Atriums. In Bild 8 ist die spiralförmige Zuströmung zum Wirbelzentrum verdeutlicht.

Während in Bild 9 erkennbar ist, dass ohne eine derartige

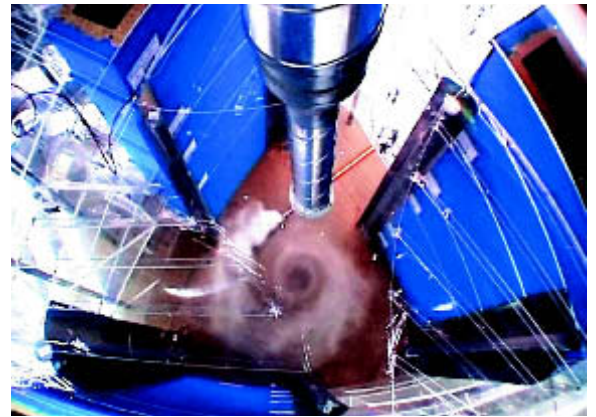


Bild 8: Zuströmung zum Drallzentrum



Bild 9: Rauchausbreitung im gesamten Museumsbereich

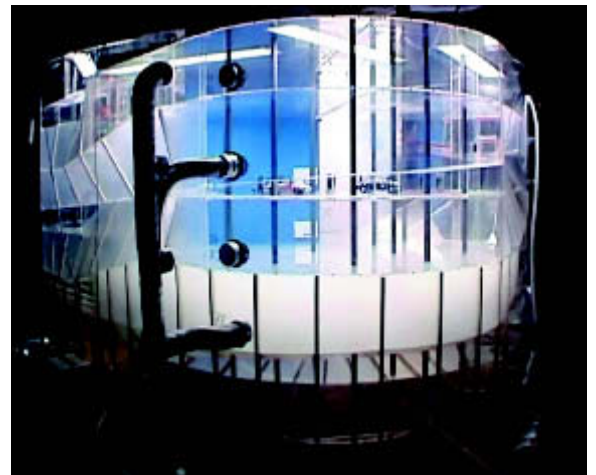


Bild 10: Rauchfreihaltung der Ausstellungsbereiche

Drallströmung das gesamte Gebäude innerhalb kurzer Zeit mit Rauch gefüllt wird, zeigt Bild 10 die Rauchableitung im Luftraum des Atriums und die Rauchausbreitung lediglich in dem vom Brand betroffenen Ausstellungsbereich; dies entspricht somit eindrucksvoll dem gewünschten Schutzziel. ◀