

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 136 (2010)  
**Heft:** 42-43: Meteorologisch bauen

**Artikel:** Rettender Wirbelsturm  
**Autor:** Detzer, Rüdiger  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-130736>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# RETTENDER WIRBELSTURM

Die Ausstellungsbereiche im Mercedes-Benz Museum in Stuttgart von UN Studio sind durch ein Atrium und Rampen offen miteinander verbunden. Für diese Architektur entwickelten die Ingenieure von Imtech ein aussergewöhnliches Entrauchungskonzept: Ein Tornado aus 28 Tonnen Luft entraucht die Ausstellungsebenen, zieht den Brandrauch durch das Atrium nach oben und führt den Luftstrom über einen Ventilator ins Freie ab.

Brände in Gebäuden stellen neben der zerstörerischen Wirkung für Sachmittel eine grosse Gefahr für Personen dar, die sich in dem Gebäude aufhalten. Aus der Statistik ist bekannt, dass 95% der Brandtode nicht durch unmittelbare Brandeinwirkung, sondern durch Brandrauch verursacht sind, der neben hohen Russanteilen auch toxische gasförmige Bestandteile wie Kohlenstoffmonoxid und Blausäure enthält. Derartige Bestandteile können auch bei frühzeitiger Rettung zu Langzeiterkrankungen führen. Es ist deshalb wichtig, Rettungswege von Brandrauch weitgehend freizuhalten; dies gilt sowohl über den Zeitraum einer möglichen Selbstrettung als auch darüber hinaus für eine mögliche Fremdrettung durch die Feuerwehr.

## BEKANNTE ENTRAUCHUNGSPRINZIPIEN

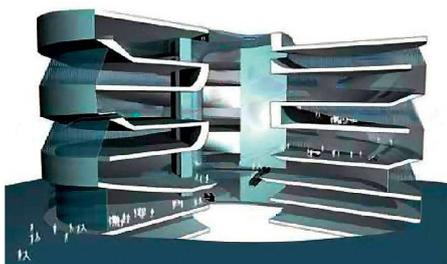
Die Ausbreitung von Brandrauch im Gebäude unterliegt den strömungstechnischen Gesetzmässigkeiten der Raumluftrömung: Die beim Brand freigesetzte Wärmeenergie bildet den Auftriebsmechanismus für Thermikstrahlen, die massgeblich die Rauchausbreitung verursachen. Die Aufgabe des Strömungstechnikers ist es, diese Mechanismen zu nutzen und den Brandrauch aus dem Gebäude so zu entfernen, dass kontaminationsfreie Zonen geschaffen werden.

Die Entrauchung durch Nachführen unkontaminierter Zuluft und durch Schichtenströmung sind zwei bekannte Entrauchungsprinzipien. Durch die Vermischung von Brandrauch mit unkontaminierter Zuluft reduziert sich nach dem Prinzip des Verdünnens die Schadstoffkonzentration. Um hierbei tolerierbare Grenzwerte zu erreichen, sind extrem grosse Ströme unkontaminierter Luft erforderlich, die häufig nicht bereitgestellt werden können.

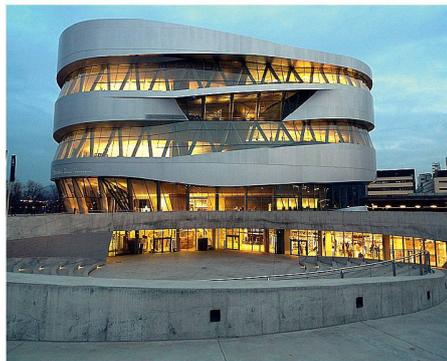
Die Entrauchung durch Schichtenströmung basiert auf der Tatsache, dass der durch Konvektion nach oben abströmende Brandrauch dazu tendiert, sich aufgrund seiner geringeren Dichte im oberen Raumbereich einzuschichten. Um Rückströmungen nach unten in die Aufenthaltszone des Menschen zu verhindern, muss der Brandrauch oben abgesaugt und unkontaminierte Zuluft in der Aufenthaltszone nachgeführt werden. Aufgrund der Induktionswirkung der Thermikstrahlen wird Umgebungsluft in den Brandrauchstrahl aufgenommen, sodass das Volumen dieses Strahles mit wachsender Lauflänge zunimmt. Diese Volumenzunahme ist deutlich überproportional mit der Lauflänge, sodass die Rauchfreihaltung im Aufenthaltsbereich nur dann erfolgreich sein kann, wenn der im Thermikstrahl bewegte Luftstrom bis zu einer Höhe von etwa 2.50m durch Absaugung und Nachführen von Zuluft bereitgestellt werden kann (Abb. 7).

## PROBLEMATISCHE GESCHOSSDURCHDRINGUNGEN

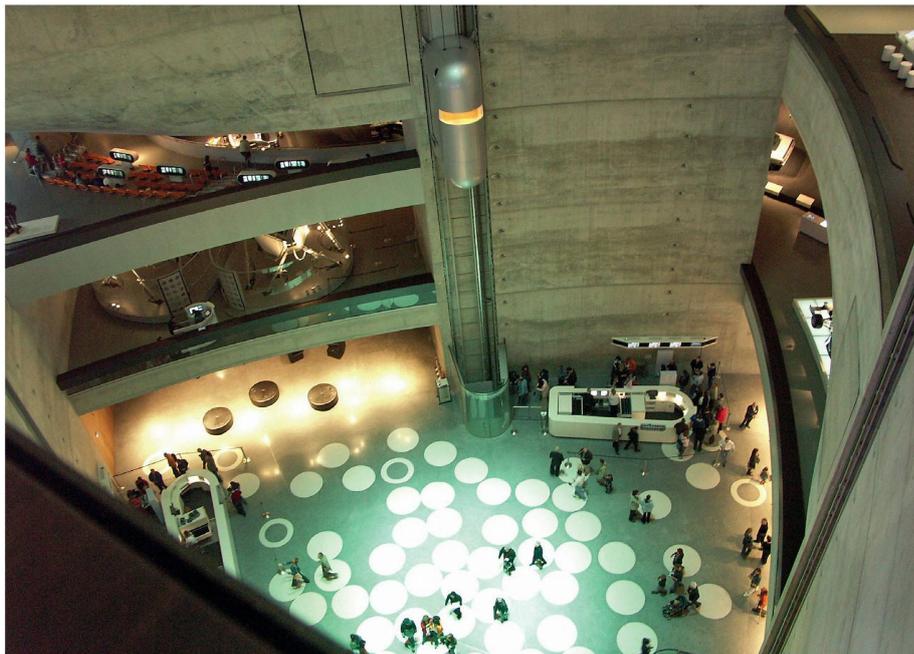
Um die im Raum zu bewegenden Luftströme zu begrenzen, werden häufig weitgehend abgeschottete Rauchabschnitte gebildet oder der Versuch unternommen, die Induktionswirkung der Thermikstrahlen durch Direkterfassung im Nahfeld des Brandszenarios auszuschalten. Im Gebäudeinneren angeordnete hohe Atrien mit Galeriebereichen oder auch geschossdurchdringende Öffnungen stellen für den Strömungstechniker besondere Anfor-



01

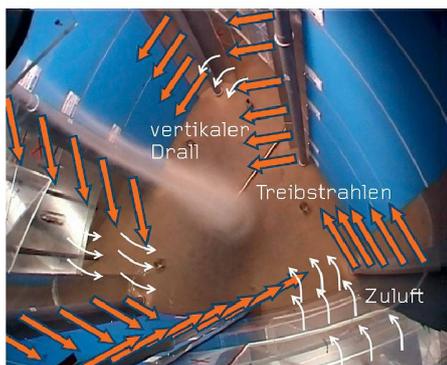


02

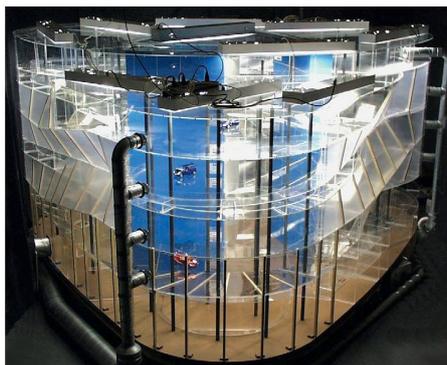


03

derungen dar, wenn die oberhalb des Brandgeschehens liegenden Raumbereiche raucharm verbleiben sollen. Eine derartige Aufgabe ergab sich im Mercedes-Benz Museum in Stuttgart (vgl. TEC21 21/2006). In der offenen Architektur müssen die wertvollen Gegenstände, die in verschiedenen Ausstellungsebenen angeordnet sind, ebenso vor Brandrauch geschützt werden wie die Personen, die sich in den Räumlichkeiten aufhalten (Abb. 3). Die Ausstellungsebenen münden offen in ein im Zentrum des Gebäudes angeordnetes Atrium (Abb. 1), das neben der Gebäudeerschließung auch zur Ableitung von Brandrauch im Falle eines Gebäudebrandes oder eines Brandgeschehens an einem der zahlreichen Ausstellungsstücke dienen sollte. Zur Überprüfung der Situation im Falle eines Brandes und zur Bewertung der Brandrauchströmung wurde eine Untersuchung an einem verkleinerten Gebäudemodell im Massstab 1:18 durchgeführt (Abb. 5). Es zeigte sich, dass thermische Ausgleichströmungen zwischen den klimatisierten Ausstellungsebenen und dem Atrium, genutzt zur Rauchabführung, ein vollständiges Verrauchen des Gebäudes hervorrufen. Begünstigt wird dies auch durch Strömungsvorgänge an den zum Atrium offenen Ausstellungsebenen. Da es weder gewünscht noch möglich war, das Gebäude in verschiedene Rauchabschnitte aufzuteilen oder Rauchschürzen anzubringen, musste ein neues Konzept gefunden werden, das den Anforderungen der Brandbehörde gerecht wurde und die Wünsche des Bauherrn erfüllen konnte: Rettungswege mussten rauchfrei gehalten und Kontamination von Ausstellungsgegenständen mit Brandrauch verhindert werden.



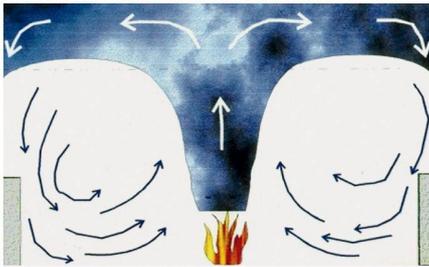
04



05



06



Phase 1: Brandentstehung



Phase 1: Entrauchungsanlage in Betrieb

07



08

01 Architektengrafik des Mercedes-Benz Museums in Stuttgart mit dem im Zentrum des Gebäudes angeordneten Atrium

(Grafik: UN Studio van Berkel & Bos)

02 Mercedes-Benz Museum in Stuttgart von UN Studio (Foto: Mercedes-Benz)

03 Der Innenraum des Mercedes-Benz Museums in Stuttgart wird von einem grosszügigen Atrium geprägt. Die Ausstellungsebenen schliessen offen an die Galerie an (Foto: Mercedes-Benz)

04 Entrauchungswirbel (Fotos: Imtech)

05 Versuchsmodell: An einem Gebäudemodell im Massstab 1:18 wurde die bestehende Situation untersucht

06 Ursprungssituation: thermische Ausgleichsströmungen zwischen den klimatisierten Ausstellungsebenen und dem Atrium, genutzt zur Rauchabführung, verursachten ein vollständiges Verrauchen des Gebäudes

07 Brandszenario «Halle mit Absaugung» – Impulsarme Nachströmung

08 Entrauchungswirbel: Durch ein hohes Druckgefälle zwischen Randbereich und Auge des Tornados wird der Brandrauch aus den Ausstellungsebenen angezogen und über einen Ventilator ins Freie abgeführt

### ANALOGIE ZUR TORNADOSTRÖMUNG

Das Entrauchungskonzept besteht darin, im Atrium einen Unterdruck aufzubauen, der verhindert, dass Brandrauch nach aussen in die Ausstellungsbereiche abströmt. Die Ingenieure entwickelten dafür eine Technik, die im Brandfall im Atrium eine Strömungsform aufbaut, die in der Natur von Tornadostömungen bekannt ist. Sie entsteht, indem etwa  $250\,000\text{m}^3/\text{h}$  Luft aus dem Atrium abgesaugt werden und Zuluft aus den einzelnen Ausstellungsebenen gleichmässig am Rand des Atriums nachgeführt wird; dabei werden ausschliesslich die zur Belüftung der Ebenen vorgesehenen raumlufttechnischen Anlagen verwendet. In die Gebäudekerne integrierte Treibstrahldüsen, die tangential in das Atrium einblasen und nach Detektion eines Brandszenarios in Betrieb genommen werden, versetzen das Luftvolumen von etwa 28t in eine kreisförmige Bewegung (Abb.4). Ist das Strömungsfeld geschlossen, bildet sich automatisch die gewünschte Strömungsform aus (Abb. 8). Die Stromlinien verlaufen auf logarithmischen Spiralen zu einem Kernbereich, wobei die Umfangsgeschwindigkeit kontinuierlich anwächst bis zu einem Maximum um den Kern herum. Entsprechend dieser hohen Umfangsgeschwindigkeit entsteht ein hoher dynamischer Druck, der sich im Kern in einen statischen Unterdruck mit einem Effektivwert von mehreren Tausend Pascal umwandelt. Durch diesen Unterdruck strömt kein Brandrauch in die Ausstellungsbereiche ab. Das Druckgefälle bleibt längs der Drehachse konstant und hält die erforderliche Druckdifferenz über die gesamte Atriumshöhe von 35m aufrecht. Der aus einer Ausstellungsebene in das Atrium eintretende Brandrauch wird in die Rotationsströmung eingemischt und ins Auge des Tornados transportiert. Im Wirbelkern zieht der Rauch zur Absaugestelle in der achten Ebene und wird dort von einem Brandrauchventilator nach aussen befördert.

Einbauten im Bodenbereich des Atriums wie Bestuhlungen und Fahrzeuge beeinflussten die Stabilität der Tornadostömung. Sie wurden strömungstechnisch optimiert. Grundsätzlich aber konnte das gewünschte Schutzziel mit dem im Labor entwickelten Entrauchungskonzept erreicht werden – auch die Umsetzung in das Gebäude entsprach den Erwartungen, wie man mit vor Ort durchgeführten Rauchversuchen feststellte. Modelluntersuchungen im Labor lassen sich somit auch in diesem Fall auf Realbedingungen übertragen, sofern die geometrischen und physikalischen Ähnlichkeitsgesetze eingehalten werden.

Rüdiger Detzer, Prof. Dr.-Ing., Imtech GmbH, Hamburg, ruediger.detzer@imtech.de