



© Hans Ege

Mercedes-Benz-Museum

Mecedesstraße 100
70372 Stuttgart Bad Cannstatt,
Deutschland

ARCHITEKTUR

UNStudio

BAUHERRSCHAFT

Daimler Chrysler Immobilien

TRAGWERKSPLANUNG

Werner Sobek AG

ÖRTLICHE BAUAUFSICHT

Wenzel + Wenzel

FERTIGSTELLUNG

2006

SAMMLUNG

TEC21

PUBLIKATIONSdatum

15. Oktober 2010



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 enträcht die Ausstellungsebenen, zieht den Brandrauch durch das Atrium nach oben und führt den Luftstrom über einen Ventilator ins Freie ab.

von Rüdiger Detzer

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



© Hans Ege



© Hans Ege



© Hans Ege

Mercedes-Benz-Museum

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 2.50 m 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 Anforderungen 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



© Hans Ege



© Hans Ege

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

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 Tornadoströmungen bekannt ist. Sie entsteht, indem etwa 250 000 m³/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 raumluftechnischen 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 28 t 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 35 m 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 Tornadoströmung. 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]

DATENBLATT

Architektur: UNStudio (Ben van Berkel, Caroline Bos)

Bauherrschaft: Daimler Chrysler Immobilien

Tragwerksplanung: Werner Sobek AG

örtliche Bauaufsicht: Wenzel + Wenzel

Fotografie: Roland Halbe, Hans Ege

Energieplanung: Transsolar, Stuttgart

Geometrie: Arnold Walz, Stuttgart

Museumskonzeption und Ausstellungsgestaltung: hg merz architekten
museumsgestalter, Stuttgart/Berlin, Prof. HG Merz mit Christine Kappei und Markus Betz

Wissenschaftliche Beratung: Prof. Dr. Gottfried Korff, Prof. Dr. Dr. Franz Josef Brüggeleier, Dr. Ulrich Raulff, Dr. Anke Te Heesen, Dr. Martina Eberspächer, Dr. Claudia Haas, Mike Friedrich

Medien (Konzept, Design, Planung): hg merz mit iart interactive ag, Basel

Visuelle Kommunikation: hg merz mit L2M3 Kommunikationsdesign GmbH

Leitsystem: hg merz mit Fons Hickmann m23 GmbH

Funktion: Museen und Ausstellungsgebäude

Ausführung: 2003 - 2006

PUBLIKATIONEN

TEC21, Meteorologisch bauen, Verlags-AG, Zürich 2010.
Architekturpreis Beton 2008, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Wasmuth Verlag, Thübingen 2009.
Sibylle Kramer, Iris van Hülst: INSIDE. Interiors of Colour Fabric Glass Light, Braun Publishing, Berlin 2007.
werk, bauen + wohnen, Burkard, Meyer et cetera, Verlag Werk AG, Zürich 2006.
Detail 2006 9 Museen, DETAIL, München 2006.
Garten+Landschaft 2006/08 Urban design, Callwey GmbH, München 2006.
Baumeister 07/2006 B7 Die große Erzählung, Callwey GmbH, München 2006.
db deutsche bauzeitung, Branding, Konradin Medien GmbH, Leinfelden-Echterdingen 2006.
archithese, Bauen für das Auto, Hrsg. FSAI, niggli, Zürich 2006.
tec21, Auto-Architektur, Verlags-AG, Zürich 2006.
A10, new European architecture #9, A10 Media BV, Amsterdam 2006.
Ben van Berkel, Caroline Bos: UNStudio, Designmodelle, Architektur, Städtebau, Infrastruktur, niggli, 2006.
db deutsche bauzeitung, Kunststoff-Konstrukte, Konradin Medien GmbH, Leinfelden-Echterdingen 2006.

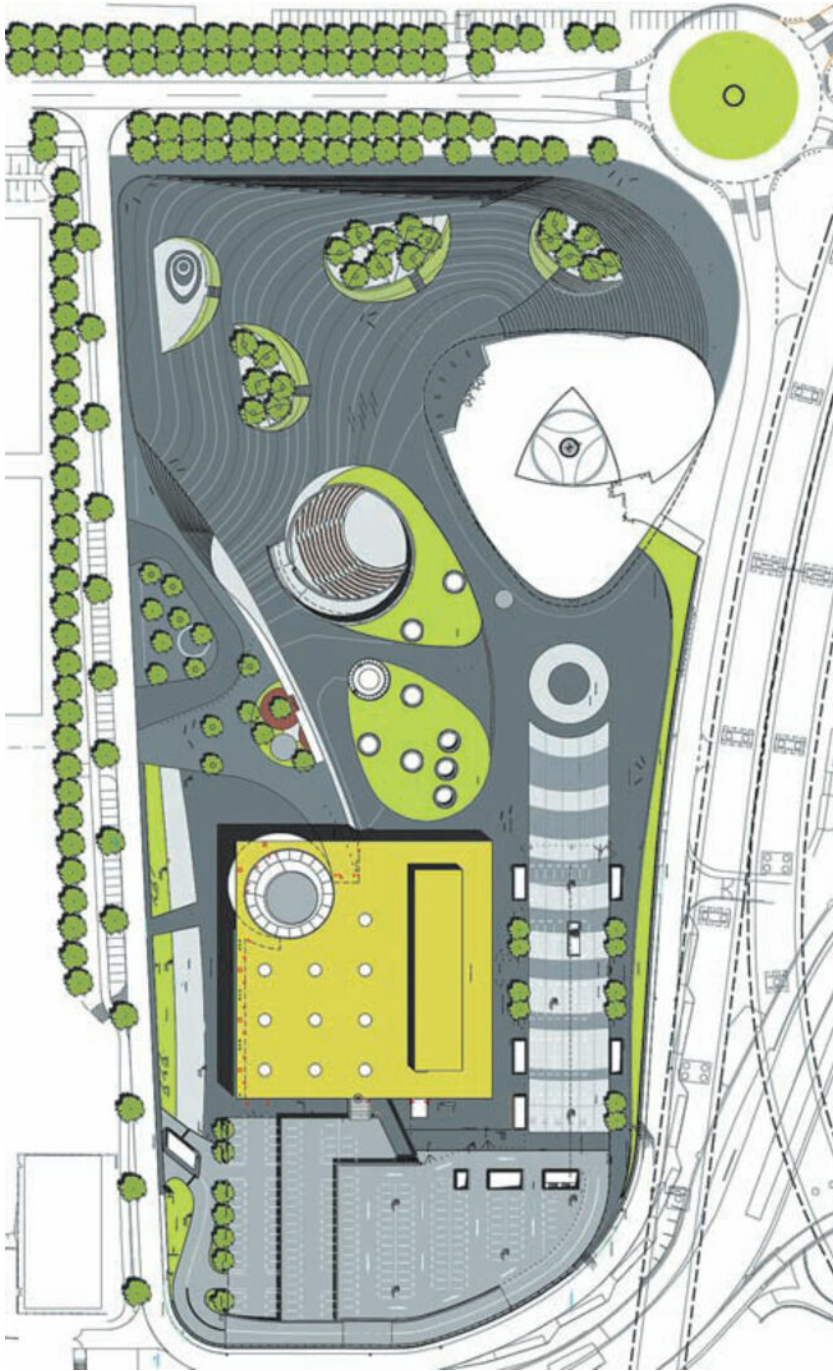
AUSZEICHNUNGEN

Architekturpreis Beton 2008, Preisträger
Mies van der Rohe Award 2007, Finalist

WEITERE TEXTE

Fast jeder Neuwagen ein Museumsstück, Christian Holl, deutsche bauzeitung, Donnerstag, 6. Juli 2006
Ein Kult braucht seine Tempel, Christian Kühn, Spectrum, Sonntag, 11. Juni 2006
Tempel des Computerzeitalters, Roman Hollenstein, Neue Zürcher Zeitung, Freitag, 19. Mai 2006

Mercedes-Benz-Museum



Projektplan