

Rauchausbreitung während der Initialbrandphase

Einsatz bei einer natürlichen Entrauchung

In früheren Untersuchungen wurden Ergebnisse zur Verrauchung eines Supermarktes im Falle eines Brandes vorgestellt [1]. Als Brandszenario wurde eine brennende Kasse gewählt. Mit Hilfe einer numerischen Strömungssimulation wurde der Einfluss der Be- und Entlüftungsanlage sowie einer maschinellen Rauchabzugsanlage (MRA) auf die Rauchausbreitung untersucht. Insbesondere ging es um die Fragestellung, inwieweit eine raucharme Schicht geschaffen werden kann. Im Folgenden ist die o. g. Strömungssimulation um den Einsatz einer natürlich wirkenden Rauchabzugsanlage (NRA) erweitert worden. Alle übrigen Randbedingungen entsprechen denen in [1].

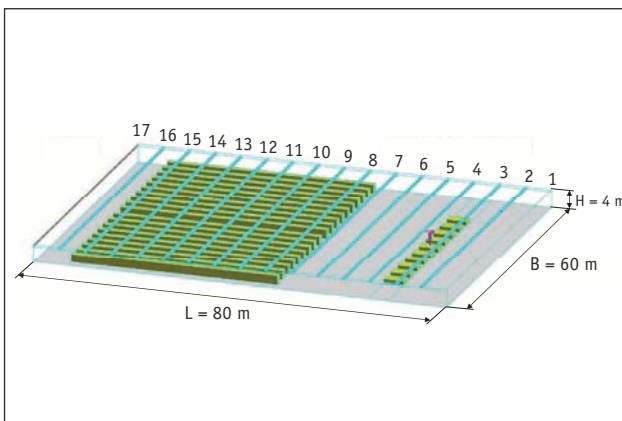
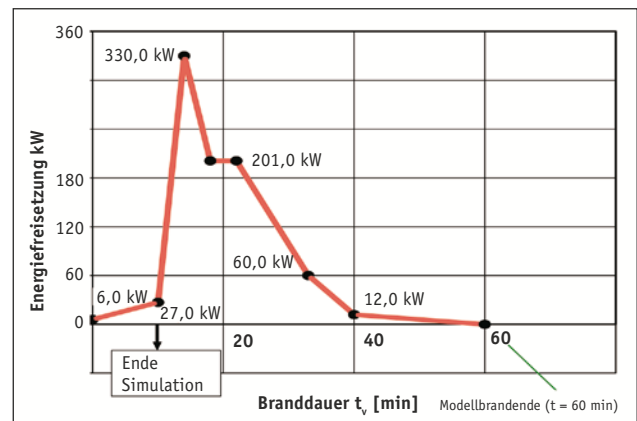


Bild 1: Isometrie des untersuchten Supermarkts

Bild 2: Brandverlauf Kassenbrand [1]



Numerisches Modell

Die rechnerischen Untersuchungen erfolgen mit Hilfe einer numerischen Strömungssimulation auf der Grundlage einer Feldmodellanalyse mit dem Simulations-Software-Programm Fluent (www.fluent.de).

Einen besonderen Einfluss auf die Wirkungsweise von natürlichen Rauchabzugsanlagen hat das Verhältnis von Außen- zu Raumlufttemperatur. Je nach Jahreszeit kann die Raumlufttemperatur kleiner oder größer als die Außenlufttemperatur sein. Um einen Vergleich mit den Ergebnissen aus [1] ziehen zu können, wird hier ebenfalls der isotherme Fall untersucht. Demnach sind die Außen- und Raumlufttemperaturen zu Beginn des Brandes gleich.

Die Modellierung des untersuchten Objektes (Anordnung der Regale, Struktur der Dachbinder, Lage und Größe der Nachströmöffnungen sowie Diskretisierung des Raumvolumens) entspricht exakt den Angaben nach [1]. Die Isometrie des unter-

suchten Supermarktes ist in Bild 1 dargestellt. Der Supermarkt hat eine Grundfläche von 4800 m^2 und eine Höhe von 4 m. Die Regale befinden sich im Bereich der Achsen 7 bis 15. Die Kassen sind im Bereich der Achsen 3 bis 4 angeordnet. Der simulierte Kassenbrand befindet sich in der Mitte der Kassenzone. Bild 2 zeigt den Verlauf der Energiefreisetzungsrates nach [2], der der Strömungssimulation zu Grunde liegt.

Die Dimensionierung der natürlichen Rauchabzüge erfolgt gemäß der DIN 18232-2 [3]. In Bild 3 ist für die Kassenzone die Verteilung der natürlichen Rauchabzüge in der Dachfläche des Supermarktes zu sehen (Zone G: Achsen 2-3; Zone E: Achsen 5-6).

Untersuchung der natürlichen Entrauchung

In Bild 4 ist die Strömungssituation dargestellt, wie sie entsprechend dem in der DIN 18232-2 verwendeten Zonenmodell zu erwarten ist. Die heißen Rauchgase strömen über die in der Kassenzone an-

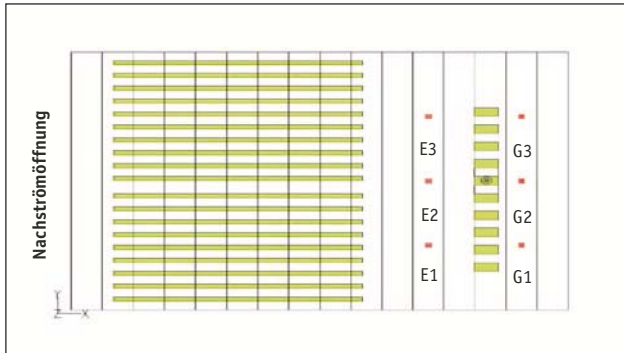


Bild 3: RWA-Flächenanordnung (E1-E3, G1-G3)

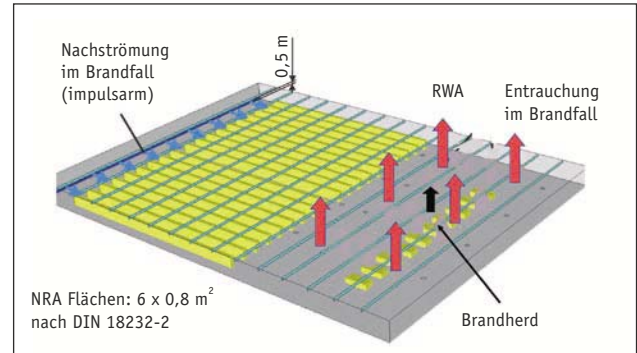


Bild 4: Brandort und RWA-Anordnung

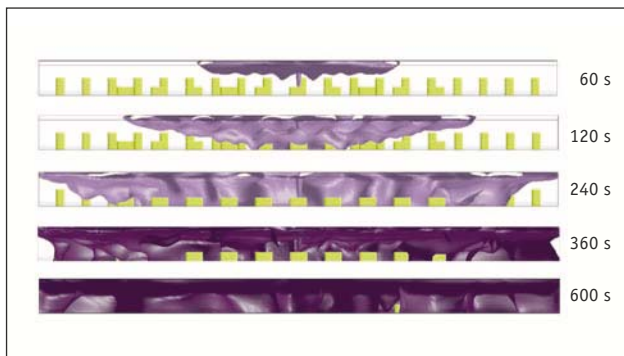


Bild 5: Verrauchung im Querschnitt

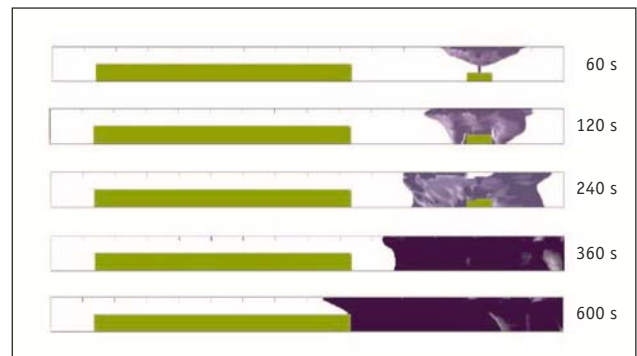


Bild 6: Verrauchung im Längsschnitt

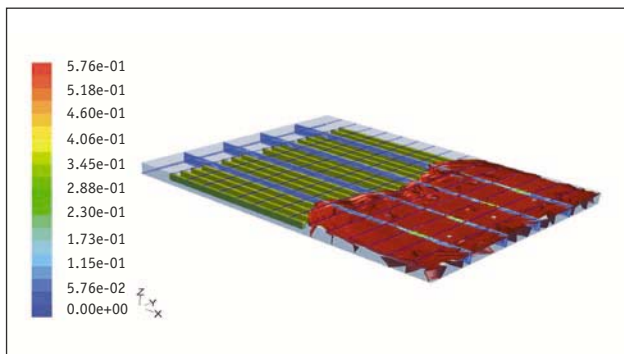


Bild 7: Isometrische Darstellung Verrauchung nach 600 sec

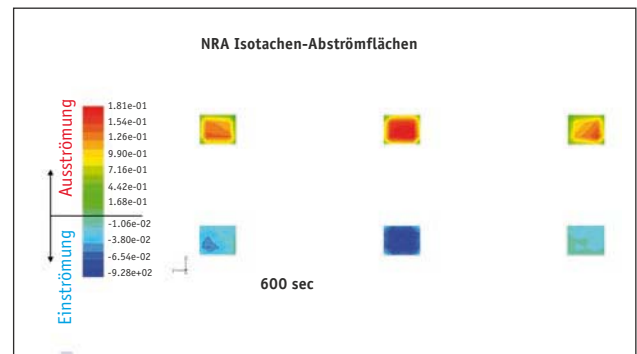


Bild 8: RWA-Öffnungen, Ein- und Abströmen nach 600 sec Brandentwicklung

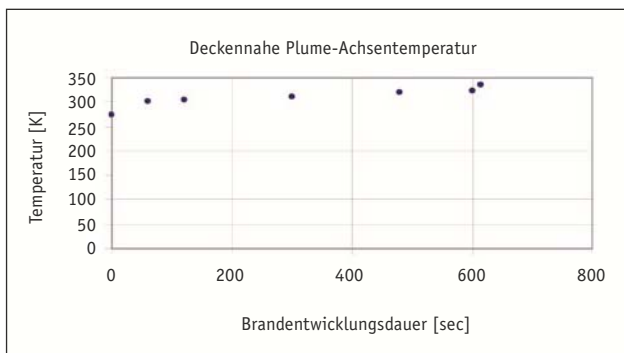


Bild 9: Rauchgastemperaturen

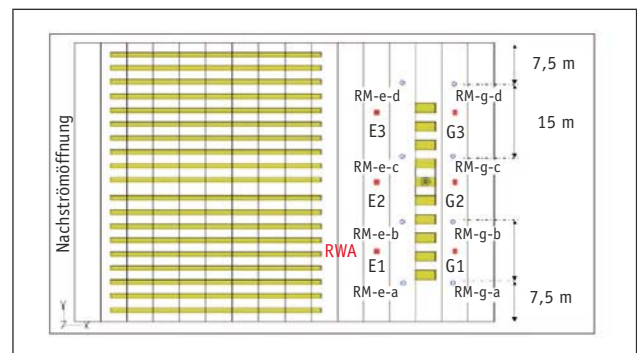


Bild 10: RWA-Flächen und Rauchmelderanordnung (RM)

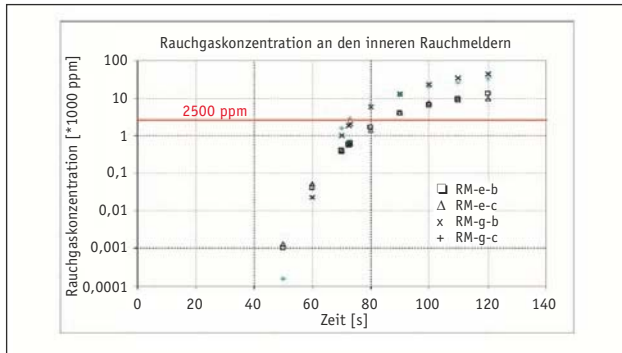


Bild 11: Rauchgaskonzentration

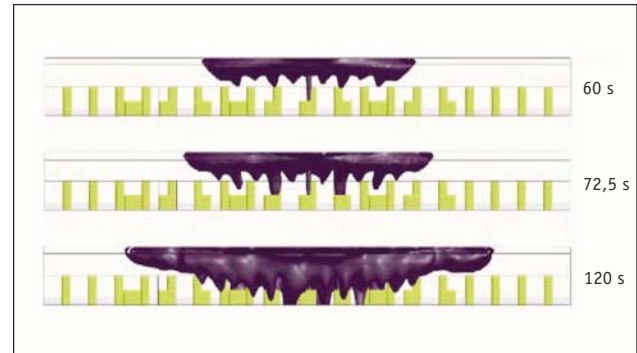


Bild 12: Verrauchung im Querschnitt

geordneten Rauchabzüge ab. Die Nachströmung erfolgt impulsarm über die in der rückwärtigen Wand angeordneten Öffnungen. Entsprechend der Dimensionierung ist eine 2,5 m hohe raucharme Schicht zu erwarten, wodurch den Menschen die Flucht durch die Ausgänge bzw. Notausgänge ermöglicht wird.

Mit der DIN 18232-2 wird ein stationärer Zustand, wie er beim fortgeschrittenen Brand anzutreffen ist, abgebildet. In diesem Stadium hat sich bereits eine ausgeprägte Rauchschrift unter der gesamten Dachfläche eines Rauchabschnittes gebildet. Die Temperaturen unterhalb der Decke sind sehr hoch (deutlich höher als die Temperatur der Umgebungsluft).

Dieses Szenario trifft aber noch nicht zu Beginn des Brandes (Initialbrandphase) zu. Für diese Initialbrandphase werden mit Hilfe der numerischen Strömungssimulation die folgenden Szenarien untersucht:

- 1.) Öffnung der natürlichen Rauchabzüge mit Brandbeginn
- 2.) Öffnung der natürlichen Rauchabzüge über Rauchmelder.

Je 200 m² Grundfläche des Supermarktes ist ein Rauchmelder angeordnet.

Die numerische Strömungssimulation erstreckt sich jeweils über einen Zeitraum von

600 Sekunden (zehn Minuten) ab Brandbeginn.

Ergebnisse der Untersuchungen Öffnung der natürlichen Rauchabzüge mit Brandbeginn

In den Bildern 5 und 6 ist die Rauchausbreitung in einem Längs- und in einem Querschnitt durch den Supermarkt dargestellt. Diese Darstellungsform entspricht der in [1] gewählten Form. Den Bildern ist zu entnehmen, dass sich ab einem Zeitpunkt von 120 s (zwei Minuten) bis zum Ende der Simulation (600 s bzw. zehn Minuten) die Rauchschrift über die gesamte Höhe des Supermarktes erstreckt und sich in horizontaler Richtung zunehmend ausbreitet. Weite Bereiche sind für Menschen nicht mehr passierbar. Zur Veranschaulichung der räumlichen Ausbreitung der Rauchschrift ist für den Zeitpunkt 600 s eine isometrische Darstellung in Bild 7 gewählt.

Da diese Ergebnisse der im Abschnitt 2 beschriebenen Erwartung völlig widersprechen, werden, um eine Erklärung hierfür zu finden, die Strömungssituationen in den natürlichen Rauchabzügen untersucht. In Bild 8 sind die Bereiche gleicher Geschwindigkeiten (Isotachen) farbig dargestellt. Positive Werte in der Farbskala bedeuten eine Strömung aus dem Supermarkt ins Freie und negative Werte eine Strömung vom Freien in den Supermarkt. In der Zone E strömen durch die natürlichen Rauchabzüge entgegen der Erwartung aus dem Zonenmodell der DIN 18232-2 keine Rauchgase ab, sondern es strömt vielmehr Außenluft in den Supermarkt ein. Nur die Hälfte der natürlichen Rauchabzüge (Rauchabzüge in der Zone G) arbeitet auch als Rauchabströmfläche.

Die natürlichen Rauchabzüge in der Zone E wirken somit als Nachströmöffnungen. Die von dem Brand induzierte Umgebungsluft strömt demnach von oben nach. Da dadurch Rauch nach unten gezogen wird, sind die Ergebnisse in den Bildern 5 bis 7 erklärbar. Die bestimmungsgemäße Nachströmöffnung, die in der rückwärtigen Wand angeordnet ist, bleibt ohne Einfluss auf die Verrauchung. In ihr zirkuliert nur Frischluft.

Die in Bild 9 dargestellten Maximaltemperaturen in Deckennähe weisen darauf hin, dass weder Schmelzlot- noch Sprinklerauslösetemperaturen erreicht werden. Die natürlichen Rauchabzüge müssen von daher über Rauchmelder ausgelöst werden.

Öffnung der RWA-Flächen über Rauchmelder

Die Anordnung der Rauchmelder sowie deren Lage zu den natürlichen Rauchabzügen ist in Bild 10 dargestellt. Analog zu [1] wurde für die Auslösung der Rauchmelder eine Rauchgaskonzentration von 2500 ppm gewählt. Die Simulationsergebnisse für den zeitlichen Verlauf der Rauchgaskonzentration an den zu dem Brandherd nächstgelegenen Rauchmeldern ergeben, dass als erste die Rauchmelder RM-g-c und RM-g-d nach 72,5 s reagieren (Bild 11). Die natürlichen Rauchabzüge öffnen somit 72,5 s nach Brandbeginn.

In den Bildern 12 und 13 ist wiederum die Rauchausbreitung in einem Längs- und in einem Querschnitt durch den Supermarkt dargestellt. Vergleicht man diese Rauchausbreitung mit der bei zu Brandbeginn geöffneten natürlichen Rauchabzügen (Bild 5 und 6), so ist kein signifikanter Unterschied bei der Verrauchung des Supermarktes feststellbar.

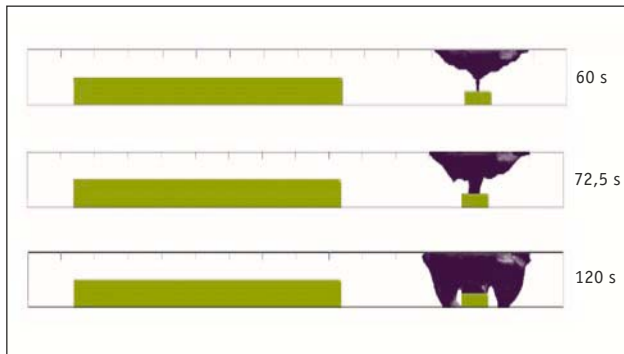


Bild 13: Verrauchung im Längsschnitt

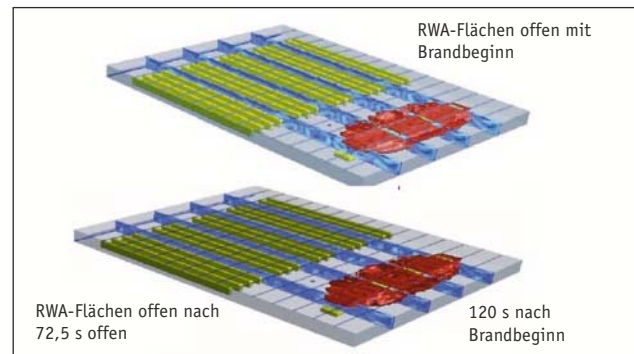


Bild 14: Vergleich der Verrauchung nach 120 sec Brandbeginn

Die nahezu gleiche Verrauchung ist auch in der isometrischen Darstellung in Bild 14 zu erkennen. Hier ist die Rauchausbreitung 120 s nach Brandbeginn zu sehen. Die um 72,5 s verzögerte Öffnung der natürlichen Rauchabzüge hat demnach keinen erkennbaren Einfluss auf die Verrauchung des Supermarktes.

Zusammenfassung

Entgegen den Erwartungen des Zonenmodells der DIN 18232-2 kommt es bei dem simulierten Brand einer Kasse zu einer völligen Verrauchung des Supermarktes. Eine raucharme Schicht, die der Rettung von Menschen dient, kann nicht geschaffen werden. Ursache hierfür ist, dass in der Brandentstehungsphase der Temperaturanstieg unterhalb der Decke noch niedrig ist. Es kann sich in allen geöffneten natürlichen Rauchabzügen noch keine aufwärts gerichtete Thermikströmung

einstellen. Statt einer Rauchabströmung, wie sie im Zonenmodell postuliert wird, kommt es in einem Teil der Öffnungen zunächst zu einem Einströmen von Außenluft, wodurch der Rauch heruntergedrückt wird. Ist zum Zeitpunkt des Brandes die Außenlufttemperatur höher als die Raumlufttemperatur, wird dieser Effekt noch verstärkt. Nur mit der in [1] untersuchten maschinellen Rauchabzugsanlage kann eine raucharme Schicht im Supermarkt geschaffen werden. Denn hier kommt es zu einer erzwungenen Rauchabströmung, die unabhängig von thermischen Randbedingungen ist.

Es stellt sich daher die Frage, unter welchen Randbedingungen eine natürliche Entrauchung von großflächigen Räumen noch möglich ist, und wann eine maschinelle Entrauchung notwendig wird. Im Sinne der Sicherheit von Gebäuden muss diese Frage bald beantwortet werden.

*Dipl.-Ing. J. Eidmann,
Dipl.-Ing. B. Rahn,
IBES-GmbH,
Bad Homburg/Berlin
Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers,
FHT Esslingen, Fachbereich
Versorgungstechnik
und Umwelttechnik*

Literatur

- ^[1] Detzer, R.; Lehnhäuser, F.; Klingsch, W.: Rauchausbreitung in Räumen während der Initialbrandphase; VfdB-Zeitschrift Nr. 3/2004
- ^[2] Klingsch, W.; Kähler, J.: Experimentelle Untersuchungen zu Rauchpotentialen von Bürogeräten im Brandfall; Bergische Universität Wuppertal, VDMA-Forschungsbericht 2002
- ^[3] DIN 18232-2 06/03: Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA) – Bemessung, Anforderungen und Einbau; Berlin Beuth-Verlag 2003