

T. Strobel, T. Kolb

Rechnerische Untersuchung der Rauchgaseinmischung aufgrund von in die Rauchgasschicht ragenden Zuluftöffnungen

1. Einleitung

In der Baupraxis werden häufig große Tore oder Türen benötigt, um zum Beispiel Fahrzeugen die Zufahrt zu Gebäuden zu ermöglichen. Dies kann zu einem Konflikt mit der DIN 18232-2 [1] führen, die einen Mindestabstand zwischen der Oberkante der Zuluftöffnung und Unterkante der Rauchgasschicht verlangt. Dieser Abstand wird gefordert, um eine Verwirbelung der Rauchgase mit der Zuluft zu verhindern und so die Sicherstellung der Schutzziele bei der Entrauchung zu gewährleisten. Die Entrauchung wird dabei über natürliche Rauchabzugsanlagen im Dach der Halle ausgeführt.

Erfolgt eine Vergrößerung der Zuluftflächen und dadurch eine Unterschreitung des geforderten Mindestabstandes, kann es zu Einmischungen der Zuluft in die Rauchgasschicht kommen. Dies gilt auch dann, wenn die geforderte Zuluftfläche unterhalb des Mindestabstands zu Verfügung gestellt wird und es ist eine Verschlechterung der raucharmen Schicht (Sichtweite, Temperaturen, Gaskonzentrationen wie Kohlenstoffdioxid etc.) zu befürchten.

2. Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit [2] ist es, die Unterschiede der verschiedenen Entrauchungsmodelle aufzuzeigen um eine Aussage treffen zu können, ob und wie stark die Erweiterung der Zuluft einen positiven oder negativen Einfluss auf die Ergebnisse der Simulationsberechnung hat. Mit den gewonnenen Erkenntnissen soll die Notwendigkeit des geforderten Mindestabstands bei einer Standard Industriehalle überprüft werden.

3. Untersuchungsrahmen

Zur Überprüfung in wieweit die möglicherweise entstehenden Verwirbelungen einen Einfluss auf die zu erwartenden Ergebnisse haben, wird zuerst eine Vergleichsrechnung durchgeführt. Hierzu wird ein Bemessungsbrand der Bemessungsgruppe 3 nach DIN 18232-2 unterstellt.

Die benötigten Werte für den Brandherd können aus Tabelle 1 entnommen werden. Es wird eine flächendeckende Brandmeldeanlage vorausgesetzt und eine lichte Höhe von 6 m. Mithilfe des Fire Dynamics Simulator (FDS) wird eine Brandsimulation mit einem Berechnungszeitraum von 900 s durchgeführt.

Die an den vorher definierten Messstellen erzielten Werte werden analysiert und auf die Einhaltung der geforderten Schutzziele geprüft. Bei einer weiteren Brandsimulation sollen die Zuluftöffnungen nach oben soweit erweitert werden bis der nach [1] geforderte Mindestabstand zwischen Oberkante Zuluftöffnung und Unterkante Rauchgasschicht nichtmehr eingehalten wird. Die Berechnungsergebnisse werden ebenso wie im Vergleichsmodell analysiert. Die Ergebnisse werden nun miteinander verglichen und der eventuelle Einfluss der erhöhten Zuluftöffnung anhand der herausgearbeiteten Unterschiede festgestellt. In Tabelle 1 werden die Parameter je Bemessungsgruppe, die zum Modellieren von Bemessungsbränden benötigt werden, zusammengestellt [1].

Tabelle 1: Zusammenstellung der Bemessungsgruppen und zum Modellieren benötigten Parameter nach Tabelle A1 in [1].

Parameter	Bemessungsgruppe				
	1	2	3	4	5
Fläche [m ²]	5	10	20	40	80
Seitenlänge [m]	2,236	3,162	4,472	6,325	8,944
Durchmesser [m]	2,523	3,568	5,046	7,136	10,09
Umfang [m]	7,93	11,21	15,85	22,42	31,71
Brandleistung [MW]	1,5	3	6	12	24
konvektiver Anteil [MW]	1,2	2,4	4,8	9,6	19,2

4. Ergebnisse

Bei der ersten Brandsimulation wurde die Industriehalle mit den geforderten Mindestabständen berechnet. Die errechneten Werte für die kleinste Höhe der raucharmen Schicht liegen gemittelt über die Messpunkte im Raum bei 2,46 m. Dieser Wert wird gegen Ende der Berechnung erreicht und entspricht ziemlich genau der Zielhöhe von 2,50 m. In dieser raucharmen Schicht werden maximale Temperaturen von 25,24 °C erreicht. Die Temperatur steigt bis zum Simulationende an. Bei den Temperaturen ist somit keine Überschreitung der geforderten Werte messbar.

Die CO₂-Konzentrationen haben ebenfalls einen Anstieg bis zum Ende der Simulationsberechnung. Die Werte liegen dabei im Bereich der Grenzwerte und haben einen Volumenprozentanteil von etwa 1,31 %. Durch die Schadstoffkonzentration kommt es zu leichten Beeinträchtigungen der Sichtweite. Der Anstieg der Konzentrationen über die gesamte Simulationsdauer ist bei allen Höhen ähnlich und wird in Bild 1 veranschaulicht dargestellt.

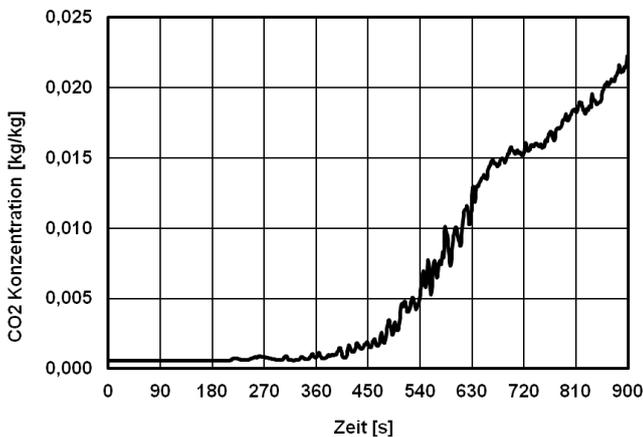


Bild 1: Darstellung des Verlaufs der CO₂-Konzentration über den gesamten Simulationszeitraum. Abgebildet sind die Ergebnisse in einem Messpunkt in 3m Höhe in der raucharmen Schicht des Modells mit erweiterten Zuluftöffnungen.

Die Höhe der Zuluft wurde in der Variante mit vergrößerten Zuluftöffnungen auf 4 m festgesetzt. Dadurch stieg die zur Verfügung stehende Zuluftfläche um 42,86 % an. Die Fläche unterhalb des geforderten Mindestabstands blieb dabei unverändert. Die Abbrandrate und Brandleistung haben aufgrund der normalen Schwankungen keinen exakten Verlauf, sind sich aber sehr ähnlich.

Beim Verlauf der Temperaturen in der raucharmen Schicht ist bis auf minimale Abweichungen kein Unterschied nachweisbar. Die Höchstwerte weisen ein positives Sinken um etwa 1 K auf. Dieser positive Einfluss ist auch bei den anderen Temperaturen in der Rauchgasschicht und direkt über dem Brandherd messbar.

Der positive Einfluss lässt sich auf den um über 4% erhöhte Volumenströmung zurückführen, die durch die vergrößerten Zuluftöffnungen entsteht. Bei den Volumenströmungen durch die natürlichen Rauchabzugsanlagen ist ebenfalls eine Erhöhung nachweisbar, die jedoch geringer ausfällt. Aufgrund der erhöhten Volumenströmungen können mehr heiße Rauchgase abgeführt und durch nachströmende Zuluft ausgetauscht werden.

Der vergrößerte Zuluftstrahl verringert auch die Konzentrationen der entstehenden giftigen Verbrennungsprodukte, wie beispielsweise Kohlenstoffdioxid. Diese Verbesserung ist über den gesamten Berechnungszeitraum messbar. Eine erhöhte Eintragung der Rauchgase in die raucharme Schicht, ausgelöst durch Verwirbelungen konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei den Schichthöhen ist ein leicht verzögerter Anstieg erkennbar. Der Mittelwert der Mindesthöhe in der raucharmen Schicht liegt mit einem Zentimeter minimal höher als der erzielte Wert bei der Berechnungssimulation mit dem eingehaltenen Mindestabstand zwischen der Oberkante der Zuluftöffnung und der Unterkante der Rauchgasschicht [1]. Somit ist eine Verschlechterung der Messgrößen nicht dokumentierbar.

Durch die verbesserten Schichthöhen und Schadstoffkonzentrationen sind auch bei der Sichtweite keine negativen Beeinflussungen zu erwarten.

5. Fazit und Ausblick

Im Zuge der durchgeführten Berechnungen konnte eine Verschlechterung der Messgrößen nicht nachgewiesen werden. Die Erweiterung hat, im Bezug auf die modellierte Standard Industriehalle sogar einen positiven Einfluss. Die Befürchtung, dass Rauchgase durch Verwirbelungen in die raucharme Schicht eingetragen werden und dabei negativ Effekte erzeugen, wurde damit ausgeräumt. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Notwendigkeit des geforderten Mindestabstands zu überdenken und mithilfe weiterer Brandsimulationen mit geänderten Parametern zu überprüfen. Kann ein negativer Einfluss ebenfalls ausgeschlossen werden, sollte über eine Überarbeitung dieses Gesichtspunkts in der Norm nachgedacht werden. Dadurch könnte in Zukunft die Lösung des entstehenden Problems, wenn Tore beziehungsweise Türen nach oben erweitert werden müssen, vereinfacht werden oder das Problem erst gar nicht mehr entstehen.

Literatur

- [1] DIN 18232 Rauch- und Wärmefreihaltung Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderung und Einbau, Beuth Verlag GmbH, Berlin (2007).
- [2] Strobel, T.: Rechnerische Untersuchung der Rauchgaseinmischung aufgrund von in die Rauchgasschicht ragenden Zuluftöffnungen, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2014).



Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

E-Mail: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de