

Anwendung von CFD bei der Auslegung von Impuls Ventilations Systemen.

Einleitung

Seit 15 Jahren werden größere, geschlossene Tiefgaragen mit sogenannten Impuls Ventilations Systemen (IVS) gebaut. Das Grundprinzip ist, dass im normalen Lüftungsfall (CO/NO_x) aus allen Bereichen der Garage Luft abgesaugt wird und dass im Brandfall der Rauch gezielt aus der betroffenen Rauchzone entfernt wird ohne sich in der Garage großflächig auszubreiten. Dies wird mit Hilfe einer Kombination von Zu-/Abluftventilatoren, unterstützt von Impulsventilatoren, erreicht. Dabei werden die Ventilatoren bedarfsspezifisch gesteuert. In der Praxis bedeutet dies, dass besonders im Brandfall für jede Rauchzone unterschiedliche Schaltungen programmiert werden müssen.

In den letzten Jahren kommt es verstärkt zu dem Wunsch solche Impulsventilationssystem unter Benutzung von CFD (Computational Fluid Design) zu konstruieren. Ziel dieses Aufsatzes ist es, die Anwendbarkeit eines solchen Werkzeuges für diesen Anwendungsfall zu analysieren. Der Aufsatz basiert auf mehr als 10 Jahren Erfahrung mit dem Bau von mehr als 400 solcher Anlagen.

Grundvoraussetzung

Das BSI (British Standard Institute) hat in 2006 für solche IVS eine Norm (BS 7346-7) herausgegeben. Auf Seite 30 sind einige Grundvoraussetzungen für den Einsatz von CFD aufgelistet. Dabei wird besonders darauf hingewiesen, dass ein jeglicher Bericht einer CFD Analyse ein Mindestmaß an Dokumentation über die getroffene Annahme beinhalten muss. Besonders ist es unerlässlich, dass die geometrischen Details so genau wie möglich im Modell abgebildet werden. Neben den normalen Gegebenheiten, Größe, Höhe und Breite der Tiefgarage, ist es notwendig, Einbauten wie Treppenhäuser, Unterzüge, größere Kanäle, Öffnungen, Rampen etc. in das Modell mit aufzunehmen. Die Norm weist besonders darauf hin, dass mehrere Szenarien gerechnet werden können, sowohl die Garage ohne Autos als auch mit Autos.

Detailkonstruktion

Im ersten Schritt muss der Systemverantwortliche die Position und Leistung der Ventilatoren festlegen. Ein CFD Modell, das diese Aufgabe annähernd genau und wirtschaftlich vertretbar verrichten könnte, gibt es unseres Wissens nach nicht.

Die Positionen der Zu-/Abluftventilatoren sind meistens baulich vorgegeben, die Positionen der Impulsventilatoren sind fast unendlich flexibel. Dies wird normalerweise in einem Grundkonzept vorläufig festgelegt.

Zur Überprüfung der gewählten Konstruktion muss der Systemplaner im Detail jede einzelne Rauchzone und Schaltzone (meistens müssen aus baulichen Gründen die einzelnen Rauchzonen weiter unterteilt werden) durcharbeiten und an Hand der Gegebenheiten nachrechnen, ob ein Feuer in der jeweiligen Zone beherrschbar ist. Bei diesen Detailbetrachtungen werden die notwendigen Luftmengen und Positionen der Impulsventilatoren und deren Blasrichtung meistens modifiziert. Besonderes Augenmerk muss u.a. auf die Einhaltung der Vorschriften wie z.B. Verrauchung von Fluchtwegen gelegt werden.

Die Anwendung von CFD ist hierbei normalerweise sehr wenig hilfreich, weil die Anzahl der nötigen Simulation sowohl zeitlich als auch kostenmäßig nicht darstellbar ist. Ein Beispiel: Eine typische Garage mittlerer Größe mit 8.000 m², 300 Stellplätzen hat z.B. 4 Rauchzonen und 6 Schaltzonen. Wenn man davon ausgeht, dass für jede Schaltzone mindestens 2 Simulationen im Durchschnitt notwendig sind und eine ordentliche Simulation (k-ε Modell) ein Laufzeit von 3 Tagen je Szenarium hat, würde dies eine reine Rechenzeit der CFD Analyse von über 4 Wochen bedeuten! CFD Simulationen laufen in der Regel nicht unterbrechungsfrei, z.B. ist die Überprüfung von Zwischenergebnissen erforderlich, so dass die tatsächliche Simulationszeit mehr als doppelt so lang sein kann. Hinzu kommt die Modellierung der Garagengeometrie vor Beginn der Simulation und die Zeit für Erstellung des Berichts. In unserem Beispiel sind das etwa 3 Wochen. Die gesamte Simulation kann also bis zu 3 Monate dauern!

Verifikation

Der Konstrukteur dokumentiert seine Arbeit unter anderem in einer Steuerungsmatrix die pro Schaltzone bei dem jeweiligen Alarmzustand festlegt, welche Ventilatoren auf welcher Stufe eingeschaltet werden. Besonders für den Brandfall kann der Kunde pro Schaltzone erwarten, dass eine detaillierte Beschreibung der verrauchten Bereiche erstellt wird.

Dabei ist meistens klar, dass es in fast allen Garagen eine oder mehrere Stellen gibt, die besonders problematisch sind. Hier kann CFD einen Beitrag leisten.

Für diese Bereiche kann ein CFD Modell erstellt werden (aus Sicht des Kunden sollte dies immer von einem unabhängigen Ingenieurbüro gemacht werden um die Objektivität und Seriosität zu garantieren. Es ist für Außenstehende nicht möglich im Detail zu kontrollieren, ob das Modell wirklich der Realität annähernd entspricht). Das Ingenieurbüro sollte über Referenzen hinsichtlich Entrauchungssimulation verfügen. Büros, die z.B. bisher Kühllüfter für Lkw berechnen, machen erfahrungsgemäß bereits Fehler in den Randbedingungen einer Brandsimulation.

Wichtig ist dabei sowohl den Rauchverlauf über Zeit als auch die wahrscheinliche Konzentration zu berechnen. Als Grundlage für das Feuerszenario könnte die oben erwähnte BSI Norm gelten, die von Feuern zwischen 4 – 8 MW ausgeht. Üblich ist ansonsten als Grundlage für den Bemessungsbrand die Schneider-/Steinertkurve (vfdb 4/94 und 4/97).

Inbetriebnahme

Es ist heute in Deutschland Standard, dass zusammen mit z.B. dem TÜV eine Inbetriebnahme und damit verbunden eine Überprüfung der Steuerung des Systems stattfindet. Dabei sollte zumindest für jede Rauchzone ein Kaltrauchversuch stattfinden, idealerweise für jede Schaltzone. Die Erfahrung zeigt, dass alle Systeme einer Anpassung bedürfen, z.B. in der Steuerungsmatrix oder den Blasrichtungen. Der Grund für solche Anpassungen ist, dass die Tiefgaragen nie so gebaut werden, wie es in den Zeichnungen steht (besonders Lüftungskanäle haben eine Tendenz sich zu vervielfachen), aber auch weil eine exakte Vorhersage der tatsächlichen Luftströmung mit heutigen Methoden nicht wirklich möglich ist.

Konklusion

CFD Modelle, besonders von externen Ingenieurbüros erstellt, können sehr hilfreich sein, um für kritische Bereiche in einer Tiefgarage zu zeigen, dass die Anforderungen erfüllt werden können. CFD ist nicht geeignet IVS Systeme auszulegen, zu konstruieren oder gar die

Anzahl der Ventilatoren zu bestimmen. Auch ist die Verwendung um die Wirkung eines IVS im Detail zu verifizieren nicht praktikabel. Die Anzahl der Simulationen die nötig waren, sind nicht nur zeitlich und wirtschaftlich in den meisten Fällen nicht vertretbar, sondern die Modelle sind fast nie genau genug, um alle relevanten Details zu erfassen.

CFD ist ein wunderbares Werkzeug um gegenüber Kunden und anderen Beteiligten kritisch Problemfelder sehr plastisch zu kommunizieren. Ein Werkzeug um IVS Anlagen zu konstruieren oder zu bauen ist es nicht.

Jahrelange Erfahrung aus Echtbrandversuchen und Inbetriebnahmen kann durch CFD derzeit nicht ersetzt werden.