

# Neue Erkenntnisse zur Belüftung

Der International Fire Instructors Workshop (IFIW) wurde im März 2011 in Indianapolis abgehalten. Zahlreiche Feuerwehrleute und Wissenschaftler hielten Lesungen ab zu verwandten Themen. Verschiedene dieser Präsentationen hatten das veränderte Brandverhalten und den Einfluss der Ventilation zum Thema. Ventilation (Belüftung) wurde hierbei als geplante, systematische und koordinierte Entsorgung von Hitze, Rauch und anderen Brandgasen, sowie dem Austausch selbiger durch Frischluft, definiert.

## 1. The fire formula

Die rapide voranschreitende Veränderung des Brandverhaltens ist bereits seit geraumer Zeit in Feuerwehrkreisen bekannt. Auf der Suche nach Erklärungen und Lösungen für diese gefährliche Entwicklung wurde in Amerika das Konzept der Fire Formula eingeführt. Diese Brandformel besteht aus fünf Komponenten: größere Häuser, offene Räume, höhere Brandlast, verborgene Zwischenräume und neue Baumaterialien. Diese fünf Komponenten gelten als verantwortlich für eine ganze Reihe von veränderten Abläufen, die sowohl im Einzelnen, wie auch in der Summe die Gefährlichkeit der Brände um ein Vielfaches erhöhen. Es handelt sich um Phänomene und Vorgänge, wie die schnelle Brandausbreitung, die Verminderung der Zeitspanne bis zum Flashover, die rapide Veränderung des Brandverhaltens, die Verkürzung der Evakuierungszeit und der plötzliche (schnelle) Einsturz.

### 1.1 Größere Häuser

In den VS ist eine deutliche Entwicklung hin zu immer größeren Häusern erkennbar. In den vergangenen 30 Jahren hat die Fläche der Wohnhäuser um 40% zugenommen. In Belgien wird ein solcher Trend wahrscheinlich nicht einsetzen, allerdings konnte man hierzulande in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Zunahme in der Anzahl der Stockwerke feststellen. In immer mehr Gemeinden werden niedrige und mittelhohe Appartement-komplexe gebaut. Als Folge der immer weiter schwindenden Fläche an zur Verfügung stehendem Baugrund werden mittlerweile Appartementgebäude von bisher nicht gekannten Ausmaßen konstruiert.

### 1.2 Offene Räume

In Wohnungen wurden früher Küche und Esszimmer separat aufgeteilt. Das Wohnzimmer bildete manchmal noch einen zusätzlichen Raum. Die einzelnen Zimmer wurden durch Mauern abgetrennt und waren durch abschließbare Türen miteinander verbunden. Es wird heutzutage jedoch immer öfter nach dem Prinzip der offenen Küche gebaut. Hierbei bilden Esszimmer und Living einen einzigen großen Raum. Ein solcher Raum enthält sehr viel mehr Brennstoff und ein bedeutend größeres Luftsauerstoffvolumen. Das hat zur Folge, dass die Brandleistung stark ansteigt.

### 1.3 Höhere Brandlast

Die Beschaffenheit der Inneneinrichtung hat sich in den letzten Jahren stark verändert. So besteht beispielsweise heutzutage ein Sessel größtenteils aus Polyurethanschaum. Polyurethan ist jedoch ein Produkt, das aus Erdöl abgeleitet wird und enthält daher bedeutend mehr Brennstoff, als die Materialien, die früher genutzt wurden. Aus diesem Grund werden diese Sessel auch „solid gasoline“ (festes Benzin) genannt. Wenn ausreichend Sauerstoff im Raum zur Verfügung steht, kann ein moderner Sessel drei bis vier Megawatt (MW) an Energie freisetzen. Eine Leistung von zwei bis drei Megawatt (MW) reicht jedoch aus, um bei einem Brand in einem geschlossenen Raum, einen Flashover auszulösen. Ein Dreisitzer wiederum, wird das dreifache Energievermögen eines Einsitzers abgeben. Darüber hinaus enthält ein Wohnzimmer viel mehr Brennstoff als nur die Sofagarnitur. In der heutigen Zeit finden sich in einer Wohnungseinrichtung hauptsächlich synthetische Produkte, die bei Erhitzung große Mengen an Pyrolysegase produzieren. In den meisten Fällen wird das Feuer, aufgrund von Sauerstoffmangel, nicht seine maximale Brandleistung erreichen. Das hat zur Folge, dass ein großes Volumen an Pyrolysegase nicht verbrennt, sondern im gasförmigen Zustand im Raum verbleibt. Wenn dann an einem bestimmten Zeitpunkt eine Frischluftzufuhr entsteht, wird die Brandleistung rapide zunehmen und es kommt zu einer Form der schnellen Brandausbreitung.

### 1.4 Verborgene Zwischenräume und neue Baumaterialien



**Bild 1.1** Hölzerner Fachwerkunterbau (Foto: NIST)

In den USA werden sehr oft Holzkonstruktionen verbaut. Früher wurden dazu massive Holzbalken eingesetzt. In den letzten Jahren ging man jedoch dazu über, schmale Holzsparren zu gebrauchen, deren Tragfähigkeit genau berechnet werden kann. Ingenieure entwarfen hölzerne I-Träger und Fachwerk, bei dem Holz- und Stahlelemente kombiniert werden. In Nordamerika wird dieser Vorgang auch als „replacing mass by math“ (das Ersetzen von Masse durch Mathematik) bezeichnet.

Wenn eine solche Fachwerkkonstruktion am unteren Ende durch Platten abgeschlossen wird, entsteht ein weitläufiger, verborgener Zwischenraum, in dem sich große Mengen Rauchgase ansammeln können. Auch bei der Verkleidung von Wänden mit Gipsplatten entstehen verborgene Zwischenräume in denen sich die Brandgase unbemerkt sammeln und fortbewegen können und in denen sogar ein Feuer entstehen kann, falls die Konstruktion aus Holz aufgebaut wurde. Bei einem (teilweisen) Einsturz kann ein verborgenes Feuer plötzlich auf die darunterliegende Etage übergreifen und sich dort ausbreiten. In Testversuchen wurde festgestellt, dass derartige Konstruktionen lediglich einen Feuerwiderstand von zehn Minuten aufweisen.

In den VS kommt es aufgrund dessen immer wieder zu Unfällen, bei denen Feuerwehrleute durch Böden stürzen. In Belgien ist diese Art von Bodenkonstruktionen äußerst selten. Die Holzbauweise gewinnt jedoch auch hierzulande mehr und mehr an Beliebtheit und die Geschehnisse, die sich zurzeit in den USA abspielen, könnten ein Vorbote sein, für das, was noch auf unser Land zukommt.

## 2. Untersuchungen durch die UL

Underwriters Laboratories (UL) ist eine bekannte Forschungsanstalt in den USA. Bei den Untersuchungen stehen immer das Feuer und der Brandschutz im Vordergrund. Es werden Feuerwiderstandstests und andere Überprüfungen durchgeführt. Diese dienen hauptsächlich industriellen Zwecken, aber seit einigen Jahren widmen sie einen Teil der Forschungen auch der Brandbekämpfung. Im Zuge ihrer Untersuchungen warfen sie die Frage auf, welchen Einfluss die Belüftung auf das Brandverhalten in neuartigen Wohnungen hat. Die UL verfügen über eine geräumige Halle (1.338 m<sup>2</sup>) in der sie großangelegte Versuche durchführen können. In diesem Hangar wurden zwei verschiedene Wohnungen aufgebaut, von denen eine aus nur einem Geschoss und die andere aus zwei Geschossen bestand. Im Ganzen wurden 15 Brände in diesen Wohnungen entfacht. Dabei wurde erst das Brandverhalten während der Entstehung und der Ausbreitung betrachtet und anschließend wurden die Räume belüftet. Fünf verschiedene Szenarien wurden studiert:

1. das Öffnen der Eingangstüre
2. das Öffnen der Eingangstüre und eine horizontale Ventilation dicht beim Feuer
3. das Öffnen der Eingangstüre und eine horizontale Ventilation weit vom Feuer entfernt
4. eine horizontale Ventilation vor dem Öffnen der Türe
5. das Öffnen der Eingangstüre und eine horizontale Ventilation durch fünf Fenster

Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden zu einem Onlinedokument verarbeitet und für jedermann zugänglich ins Internet gestellt. Jeder interessierte Feuerwehrmann(-frau) sollte sich die Mühe machen, diesen höchst interessanten Schriftsatz durchzulesen. Das Dokument heißt „*Impact of ventilation on Fire Behavior in contemporary and legacy residential construction*“. Es lässt sich leicht finden auf der Seite [www.ul.com/fireservice](http://www.ul.com/fireservice).



**Bild 2.1** Wohnung (112 m<sup>2</sup>) mit einem Stockwerk (Foto: UL)

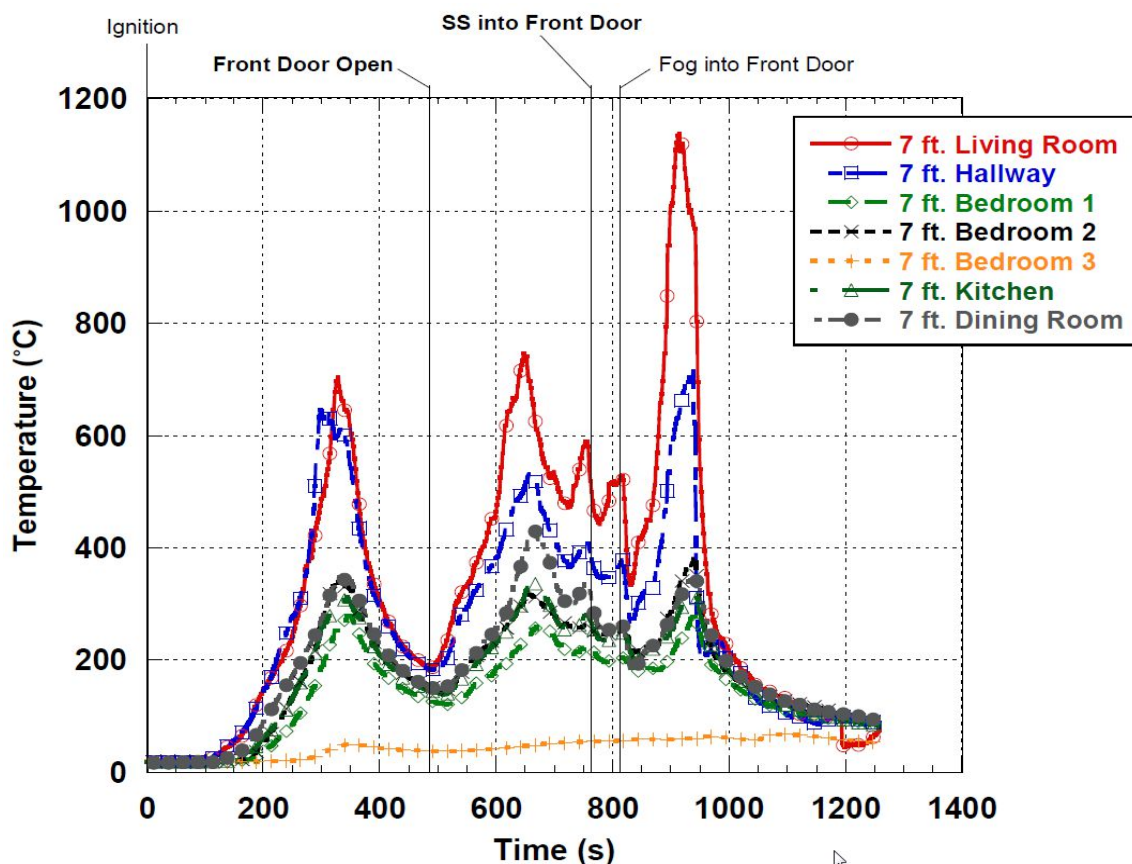


**Bild 2.2** Wohnung (297 m<sup>2</sup>) mit zwei Stockwerken (Foto: UL)

### 3. Öffnen der Zugangstüre = Belüftung

#### 3.1 Das Experiment

Bei den verschiedenen Testen, die von den Leuten der UL durchgeführt wurden, erwies sich ein Versuch als wahrer „Augenöffner“. In einem Szenario, bei dem nur die Eingangstüre geöffnet werden sollte, wurde der Brandherd entzündet. Das Feuer erhielt die benötigte Zeit, um sich zu entwickeln. So wie erwartet, wechselte der Brand nach einiger Zeit in ein unterbelüftetes (sauerstoffkontrolliertes) Stadium. Das Eintreffen der Feuerwehr vor Ort wurde simuliert und wenig später wurde die Eingangstüre unter den gleichen Bedingungen geöffnet, mit denen die Feuerwehr dies getan hätte, um die Wohnung für den Innenangriff zu betreten. Als überaus interessant erwies sich die Entwicklung der Heat Release Rate (Hitzeabgaberate -> Brandleistung) nach dem Öffnen der Eingangstüre. Im Moment, in dem die Maßnahme durchgeführt wurde, befand sich der Brand in einem sauerstoffkontrollierten Stadium, die Brandleistung wurde durch den Mangel an Luftsauerstoff stark eingeschränkt. Durch das Öffnen der Eingangstüre kam es zu einer Frischluftzufuhr, die das Feuer schon nach kurzer Zeit ausnutzte um die Brandleistung zu steigern. Es verstrichen nur etwa 80 Sekunden zwischen dem Öffnen der Türe und dem rapiden Anstieg der Brandleistung. In der Realität, wäre dies genau die Zeit, die die Feuerwehr zum Vorrücken in das Brandobjekt brauchen würde. Besonders prekär: Das Vorrücken geschähe noch unter verhältnismäßig „kühlen“ Bedingungen – bis plötzlich ein ventilationsinduzierter Flashover auftreten würde. Feuerwehrleute, die inmitten eines Raumes von dieser Situation überrascht werden, sitzen in einer tödlichen Falle, aus der es kein Entkommen mehr gibt.



**Bild 3.1** Die Temperatur-Zeitkurve des Experimentes zeigt, dass die Brandleistung unmittelbar nach dem Öffnen der Türe stark ansteigt (Grafik: Underwriters Laboratories)

### 3.2 Schlussfolgerungen

Aus den Resultaten dieses Experimentes lässt sich ableiten, dass es nicht anzuraten ist, eine Türe zu öffnen, bevor nicht ein bemanntes und wasserführendes Strahlrohr in Stellung gebracht wurde, um das Feuer im Bedarfsfall sofort angreifen zu können. Man kann sagen, „dass die Uhr tickt“, von dem Moment an, in dem die Türe geöffnet wird. Unmittelbar nach dem Öffnen der Türe wird die Brandleistung beinahe explosiv ansteigen. Indem die Türe wieder geschlossen wird, ist es möglich die Uhr anzuhalten.

## 4. Untersuchung des NIST in einem Gebäude mit Studentenwohnungen

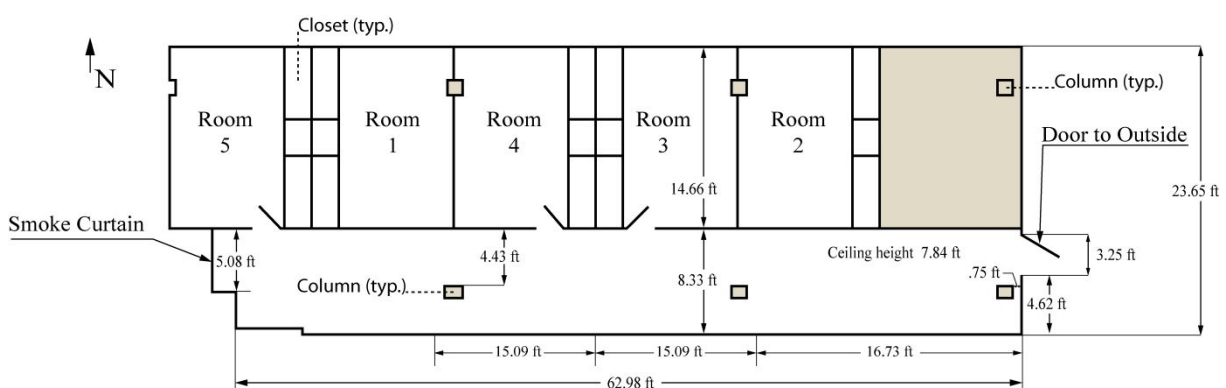
### 4.1 Das Gebäude

Dem amerikanischen NIST wurde durch die Universität Arkansas ein Gebäude zur Verfügung gestellt. In dem, zum Abriss freigegebenen, Bau waren Studentenwohnungen untergebracht. Das Haus war in den 50er Jahren gebaut worden. Die tragende Struktur bestand aus Stahlbeton und die Wände zwischen den Zimmern waren gemauert.

Für die Experimente wurde das Erdgeschoß genutzt. Hier befanden sich fünf Studentenwohnungen und ein Flur, der 19 Meter lang, 2,5 Meter breit und 2,4 Meter hoch war. Jedes Zimmer maß 3,44 auf 4,48 Meter und allesamt mündeten sie in den Flur.



**Bild 4.1** Sicht auf den Flur mit den bereits installierten Messapparaturen (Foto: NIST)



**Bild 4.2** Grundplan des Erdgeschosses (Bild: NIST)

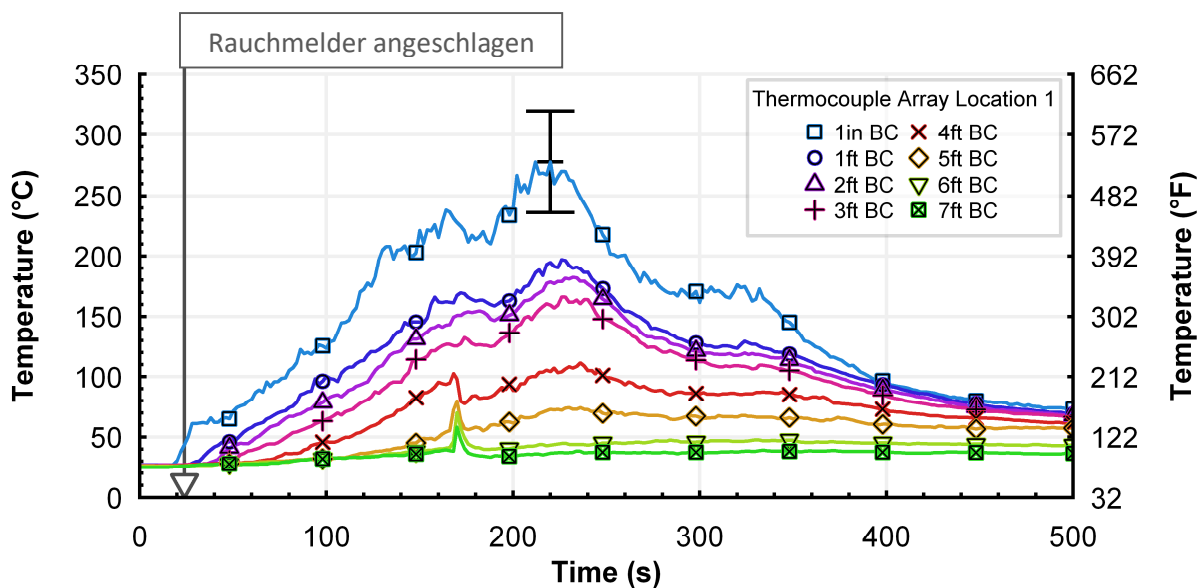
## 4.2 Die Experimente

### 4.2.1 Die Brandlast

In jedem Zimmer wurde eine Brandlast angebracht, die der einer Studentenwohnung entsprach. Der Boden war mit Teppich ausgelegt und es gab ein Bett, auf dem einige Kissen lagen, ein Büro mit Computer, Studienbücher, Poster, ein Kleiderschrank,...

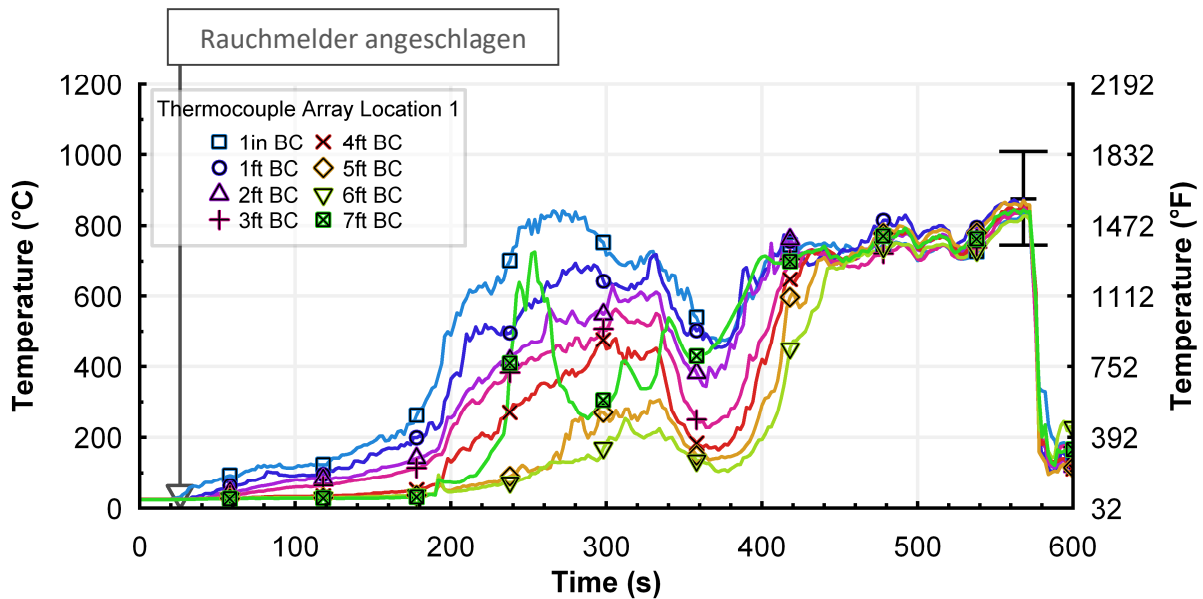
### 4.2.2 Die Tests

Im ersten Test wurde in Raum 1 Feuer gelegt. Die Türe blieb geschlossen und der Brand erreichte nach 210 Sekunden seinen Spitzenwert. Danach ging er über in die Abklingphase. Die maximale Temperatur, die 30 cm unterhalb der Zimmerdecke erreicht wurde, belief sich auf 200 °C (sh. Bild 4.3).



**Bild 4.3** Temperaturverlauf in einem geschlossenen Raum (Grafik: NIST)

Bei dem Brandtest in Raum 5 stand die Türe zum Flur offen. Schon nach kurzer Zeit stand fest, dass man für zwei völlig identische Räume, zwei komplett verschiedene Brandverläufe erleben würde. In Raum 5 bildete sich eine Rauchsicht, die bereits von Beginn an bedeutend heißer war, als im ersten Experiment. Schon nach nur rund 200 Sekunden begann die Temperatur unter der Zimmerdecke stark anzusteigen und bereits nach 400 Sekunden trat der Flashover ein. Im Gegensatz zur Situation im ersten Experiment, war hier der Raum komplett verloren. Dazu kommt, dass dieses Feuer in der Realität zu einer echten Bedrohung für das gesamte Gebäude geworden wäre. Die Bewohner hätten sich nur schnell genug in Sicherheit bringen können, wenn im Haus Rauchmelder installiert gewesen wären. Das Feuer hätte die heißen Rauchgase auch in den Flur und in die angrenzenden Räume getrieben und hätte sich auf diese Weise rasend schnell ausgebreitet - wenn die Feuerwehr nicht eingegriffen hätte.



**Bild 4.4** Temperaturverlauf im Zimmer mit der offenstehenden Türe. Die Temperatur steigt nach 200 Sekunden stark an. Der Flashover tritt nach ungefähr 400 Sekunden ein. (Grafik: NIST)

#### 4.3 Schlussfolgerung

Auch aus dieser Versuchsreihe ging einmal mehr hervor, dass die Belüftung einen sehr großen Einfluss auf das Brandverhalten hat. In Räumen mit normalen Abmessungen ist es in der Regel nicht möglich, dass das Feuer sich zu einem Flashover entwickelt, solange keine Belüftungsöffnungen (Türen, Fenster,...) vorhanden sind. Diese Erkenntnis kann die Feuerwehr auf verschiedene Weise nutzen. Es ist möglich, die Brandleistung zu verringern, indem eine offenstehende Türe geschlossen wird. Auf der anderen Seite, muss die Feuerwehr sich der Tatsache bewusst sein, dass das Öffnen einer Türe eine Luftzufuhr in den Raum zur Folge hat. Diese Luft wird dafür sorgen, dass die Intensität des Brandes zunimmt. Im Extremfall kommt es zu einem ventilationsinduzierten Flashover. Die Ventilation kann also sowohl ein Verbündeter, wie auch ein Gegner sein. Auch hier gilt: *Wer die Luft kontrolliert, der kontrolliert das Feuer...*

#### 5. Quellennachweis

- [1] Kerber Stephen & Madrzykowski Dan, *Fire Dynamics for the fire service, presentatie op FDIC, 2011*
- [2] Kerber Stephen, *Ventilating today's residential fires, presentatie op FDIC, 2011*
- [3] Madrzykowski Dan, *The impact of ventilation on Line-of-duty Deaths, presentatie op FDIC, 2011*
- [4] Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)
- [5] Kerber Steve, *Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*

Karel Lambert