



Text: ELFR Dr. Otto Widetschek

Foto: Archiv LFV Stmk.

Wenn in einem geschlossenen Raum Feuer ausbricht, wird dieser innerhalb kürzester Zeit vollständig durch Rauch und toxische Brandgase verqualmt. Diese sind jedoch – obwohl selbst Verbrennungsprodukte – in der Regel auch brennbar und explosiv. Eine Erkenntnis, die selbst für alte Feuerwehrprofis oft ein großes Überraschungsmoment darstellt. Daher wollen wir hier das in den letzten Jahrzehnten immer mehr in den Vordergrund rückende Phänomen der Rauchdurchzündung genauer unter die Lupe nehmen.

Teil 3: **FLASHOVER,  
ROLLOVER UND  
BACKDRAFT**

**EXPL  
BRAN**

**F**rüher war das Phänomen des explodierenden Brandrauchs vielleicht eine überzogene Illusion aus utopischen Katastrophenschutzfilmen. Heute sind Flashover, Rollover und Backdraft im Feuerwehralltag schon harte Realität geworden und halten viele unserer Führungskräfte in Atem. Und immer wieder hören wir, da und dort wäre es zu einem schlagartigen Ausbreitungsphänomen im Zuge eines Brandgeschehens gekommen. Doch nur die wenigsten dieser gefährlichen Ereignisse werden auch fachlich sauber dokumentiert. Außerdem herrschen über diesen Problemkreis viele Missverständnisse und Fehlmeinungen vor.

#### „Backdraft“ im Film

Im Jahre 1991 wurde auch in Österreich der US-Spielfilm „Backdraft“ mit viel Werbeaufwand gezeigt. Als ich damals interviewt wurde, charakterisierte ich den Film mit den Worten: „Spannendes, feuriges Riesenspektakel mit realistischem Hintergrund!“. Natürlich hatte man im Sinne der künstlerischen Freiheit und dem amerikanischen Selbstverständnis für ein ausgeprägtes „Heldentum“ in der Feuerwehr manche Szenen überzogen. Aber eines wurde dabei hervorragend dargestellt: Das Feuer hat ein „Eigenleben“;

ja, es ist vergleichbar mit einem Lebewesen, das atmet und frisst. Und vor allem, es kann erst besiegt werden, wenn man es versteht!

#### Mit dem Feuer auf Du und Du?

Obwohl der Mensch schon lange das Feuer zu nutzen gelernt hat, ist dieses Phänomen noch lange nicht richtig erforscht. Selbst die einfache Frage „Was geschieht in einem brennenden Haus?“ kann die Naturwissenschaft in allen ihren Einzelheiten bis heute nicht beantworten.

Das Feuerwehrpersonal, welches die Brände zu bekämpfen hat, geht nach einem mehr oder weniger eingedrillten Schema vor, das in den Feuerweherschulen gelehrt wird. Man verwendet dabei das Modell des sogenannten Feuertreiecks oder vielleicht auch des Feuer-tetraeders, womit die elementaren Löschmethoden erklärt werden können.

Aber verstehen wir das Brandgeschehen wirklich? Wir glauben es zumindest. Aber wenn es zu einem Ereignis, wie in Kaprun, am Düsseldorfer Flughafen oder im Londoner Grenfell Tower kommt, erkennen wir, dass wir noch lange nicht mit dem Feuer auf Du und Du sind.

#### Ein persönlicher Blick zurück!

Schon im Rahmen meiner Grundausbildung bei der Wiener Berufsfeuerwehr im Jahre 1968 wurden wir von unseren Ausbildern besonders auf die Brandausbreitungsgefahr bei Zimmerbränden geschult. Damals sprachen wir von Stichflammen, welche beim Öffnen einer Türe zu einem Brand-

raum auftreten können. Heute wird dafür der neudeutsche Begriff Backdraft verwendet. Der Feuersprung (Flashover bzw. Rollover) war Ende der Sechzigerjahre bei uns noch weitgehend unbekannt.

Eines ist aber dabei klar: Vor 50 Jahren hat man bei uns noch weniger Kunststoffe in Form von Einrichtungsgegenständen und Textilien in den Wohnungen, Büros und Hotelzimmern verwendet. Aber gerade bei den verschiedenen Plasten kommt es in verstärktem Maße zu gefährlichen Rauchdurchzündungen.

#### DIE URSACHEN FÜR RAUCHDURCHZÜNDUNGEN

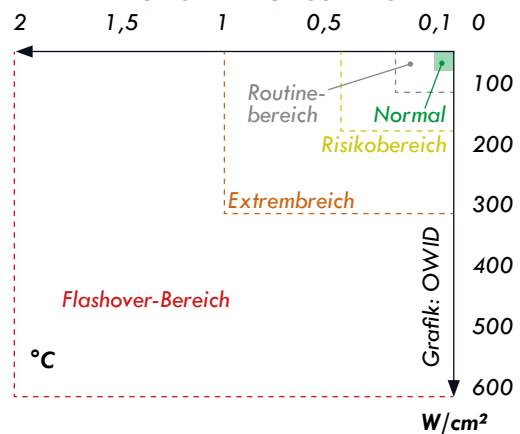
Viele Menschen können nicht verstehen, dass der Rauch als Verbrennungsprodukt eines Feuers überhaupt gezündet werden kann. Dazu muss man wissen: Das Feuer ist ein chemisch-physikalisches „Zwitterwesen“. Bei der Verbrennung treten physikalische Aufbereitungsprozesse und in der Folge chemische Reaktionen auf, welche Energie in Form von Wärme und Strahlung freiset-

zen. Am Beispiel einer brennenden Kerze: Nicht sie bzw. ihr Docht brennen, sondern die dampfförmigen Produkte, welche dabei freigesetzt werden. Der Verbrennungsvorgang läuft dabei im Grunde nach der folgenden allgemeinen Formel ab:

**Brennbarer Stoff + Luftsauerstoff → Verbrennungsprodukte + Energie.**

Ähnlich ist es auch bei allen Brennstoffen. Sie müssen erst thermisch aufbereitet (gecrackt) werden, bevor sie sich in gasförmige Moleküle aufspalten können. Diesen Umwandlungsprozess nennt man Pyrolyse. Die Folge ist, dass sich im Brandrauch mehr oder weniger große Mengen unverbrannter Rauchgase befinden. Diese werden thermisch durch die vorhandene Hitzestrahlung weiter aufbereitet und können schließlich hochexplosiv sein. Anmerkung: Der sogenannte Flashover-Bereich tritt schlagartig bei Raumtemperaturen um die 500 °C sowie einer Wärmestrahlung (Rückstrahlung) zwischen 1,0 und 2,0 Watt/cm<sup>2</sup> (siehe Temperatur-Strahlungs-Diagramm) auf.

#### TEMPERATUR-STRAHLUNGS-DIAGRAMM



Voraussetzung für einen Flashover: hohe Temperatur und entsprechende Wärmestrahlungs-Intensität.

# OSIVER DRAUCH!

## Brennbare Pyrolyseprodukte

Betrachten wir nun im Speziellen einen Zimmerbrand. Was geschieht hier? Wie wir schon gesehen haben, werden durch die hohen Temperaturen die Stoffe, aus welchen die Einrichtungsgegenstände bestehen, gecrackt und in gasförmige Moleküle aufgespalten. Sie gasen aus! Natürlich wird die Zusammensetzung der gebildeten Pyrolyseprodukte sehr stark von der Molekülstruktur der Brennstoffe und der Ventilation des Brandraums abhängen.

Alle organischen Stoffe (Holz, Textilien, Plaste etc.) enthalten Kohlenstoff und bilden bei der Verbrennung daher neben Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) auch das giftige Kohlenmonoxid (CO), welches brennbar ist. Chlorwasserstoff (HCl) tritt beispielsweise bei der thermischen Zersetzung von Kabelisolierungen und Cyanwasserstoff = Blausäure (HCN) beim Abbrand von Polstermöbeln und Matratzen auf.

Nun muss man wissen, dass Pyrolyseprodukte meist brennbar sind und somit in Luft ein zündfähiges Gemisch bilden können.

## Kunststoffe: Komplexes Brandverhalten

Eines ist klar: Vor einigen Jahrzehnten hat man bei uns noch weniger Kunststoffe in Form von Einrichtungsge-

genständen und Textilien in den Wohnungen, Büros und Hotelzimmern verwendet. Aber gerade bei den verschiedenen Plasten kommt es zur relativ raschen Bildung einer ganzen Palette von brennbaren Pyrolyseprodukten und großen Rauchmengen bei der Verbrennung. Sie besitzen ein komplexes Brandverhalten und führen zu einer raschen Feuerausbreitung („rapid fire progress“). Es ist daher fast zwingend, dass es in verstärktem Maße zum Phänomen des Feuersprungs (Flashover) und zu Stichflammen (Backdraft und Rollover) kommen muss. Man kann also salopp sagen: Die Rauchdurchzündungen in Form der plötzlichen Entflammung eines Raumes und die Stichflammen beim Zuströmen von Sauerstoff sind bei modernen Bränden größer und häufiger geworden [1]!

## Einflussfaktoren

Doch nicht nur der Chemismus der brennbaren Stoffe spielt bei der Entstehung von Rauchdurchzündungen eine große Rolle, sondern auch

- Brandlast,
- Ventilationsbedingungen,
- Geometrie des Brandraums sowie
- thermische Eigenschaften der Umfassungsbauteile

eines Bauwerks sind von entscheidender Bedeutung [2].

## Brandentwicklung

Einen entscheidenden Faktor spielt dabei auch die Frage, ob genügend Sauerstoff für eine Verbrennung vorhanden ist. Man unterscheidet demgemäß zwei Arten von Bränden:

### • Brandlastgesteuerte Brände

Hier steht genügend Sauerstoff zur Verfügung. Damit ist der Brandverlauf ausschließlich von der vorhandenen Brandlast abhängig. Beispiel: ein entzündendes Streichholz in einem Raum mit genügend Sauerstoff, welches unter normalen Umständen erst erlöschen wird, wenn nicht mehr genügend Brennstoff zur Verfügung steht. Brände im Freien und in großen Räumen sind brandlastgesteuerte Brände.

### • Ventilationsgesteuerte Brände

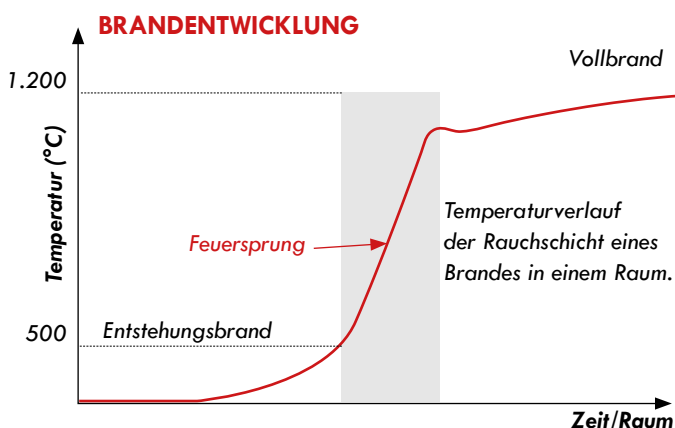
Hier ist der Brandverlauf vom vorhandenen Sauerstoffangebots stark abhängig. Beispiel: Eine brennende Kerze, über welche ein Glasbehälter gestülpt wird. Aufgrund des begrenzten Sauerstoffangebots wird die Flamme nach einer gewissen Zeit erlöschen. Brände unter Sauerstoffmangel (sogenannte unterventilierte Brände) sind im Feuerwehreinsatz bei Innenangriffen in Gebäuden häufig anzutreffen.

## Übergang zwischen den Brandarten

Ein Brand muss nicht zwangsläufig über seinen gesamten Verlauf ventilations- oder brandlastgesteuert sein, sondern er ist in der Regel eine Mischform mit zeitlicher Abhängigkeit zwischen diesen beiden Brandarten. In der Anfangsphase ist ein Zimmerbrand aufgrund des ausreichenden Sauerstoffgehalts brandlastgesteuert. Später kann es dann sein, dass er aufgrund von Sauerstoffmangel mit oder ohne Flashover in einen ventilationsgesteuerten Brand übergeht. Durch das Zuführen von Sauerstoff (z. B. Öffnen einer Tür oder eines Fensters) kann er auch wieder in einen brandlastgesteuerten Brand übergehen. Dies ist vor allem in Gebäuden mit moderner Bauweise (Passiv- und Niedrigenergiehäuser) aufgrund ihrer Bau- und Funktionsweise in verstärktem Maße der Fall [2].

## WELCHE RAUCH-DURCHZÜNDUNGEN UNTERSCHIEDET MAN?

In der Praxis werden, wie umfassende Recherchen ergeben haben, im Wesentlichen drei Arten von Rauchdurchzündungen mit unterschiedlicher Auswirkung auf den Menschen und die Bauwerke unterschieden [3]. Man kennt sie als:



	<b>Flashover</b>	<b>Rollover</b>	<b>Backdraft</b>
<b>Voraussetzung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pyrolyseprodukte bei vollkommener Verbrennung (genug Sauerstoff)</li> <li>▶ Große Räume, offene Bauwerke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pyrolyseprodukte im Deckenbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pyrolyseprodukte bei unvollkommener Verbrennung (Sauerstoffmangel)</li> <li>▶ Auch in kleineren Räumen möglich</li> </ul>
<b>Mögliche Merkmale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Starke Rauchbildung auch außerhalb des Brandraums</li> <li>▶ Hohe Temperaturen</li> <li>▶ Flammenzungen im Rauch</li> <li>▶ Sekundärbrände an Einrichtungsgegenständen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Rauchgase können sich an der Decke ausbreiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Starke Rauchbildung im Brandraum</li> <li>▶ Hohe Temperaturen</li> <li>▶ Lange Zeit unentdeckt</li> <li>▶ Heiße Türklinken</li> <li>▶ Mit Brandrauch beschlagene Fensterscheiben</li> <li>▶ Stoßweiser Rauch aus Tür- und Fensterspalten</li> </ul>
<b>Auswirkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Durchzündung im gesamten Raum</li> <li>▶ Raumeinrichtung brennt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stichflammen nur im Deckenbereich</li> <li>▶ Raumeinrichtung brennt nicht (außer Brandherd)</li> <li>▶ Keine Druckwirkung</li> <li>▶ Beim Öffnen von Türen und Fenstern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stichflammen durch Bauwerksoffnungen</li> <li>▶ Druckwirkungen auf Menschen und Bauwerksteile</li> <li>▶ Verpuffung</li> <li>▶ Beim Öffnen von Türen, Fenstern, Dächern etc. zu Brandräumen</li> <li>▶ Meist beim Vorgehen der Feuerwehr</li> </ul>
<b>Auftreten (Zeitpunkt)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ einige Minuten bis etwa 30 Minuten (empirischer Mittelwert etwa 7 Minuten) [1]</li> </ul>		

### • Flashover

Der Flashover stellt die Übergangsphase zwischen Brandentstehung und Vollbrand dar, welche mit einer starken Temperaturerhöhung verbunden ist. Dabei werden Rauchgase im gesamten Raumbereich gezündet.

### • Rollover

Durchzündung von Pyrolysegasen im Deckenbereich eines Raumes, wobei es zu einem Überrollen der Einsatzkräfte (daher der Name) durch die Flammen kommen kann.

### • Backdraft

Durchzündung von Pyrolysegasen in einem Brandraum, in welchem sich ein ventilationsgesteuerter Brand

entwickelt hat, bei Zutritt von Sauerstoff. Stichflammenbildung im Bereich geöffneter bzw. zerstörter Türen und Fenster (Verpuffung).

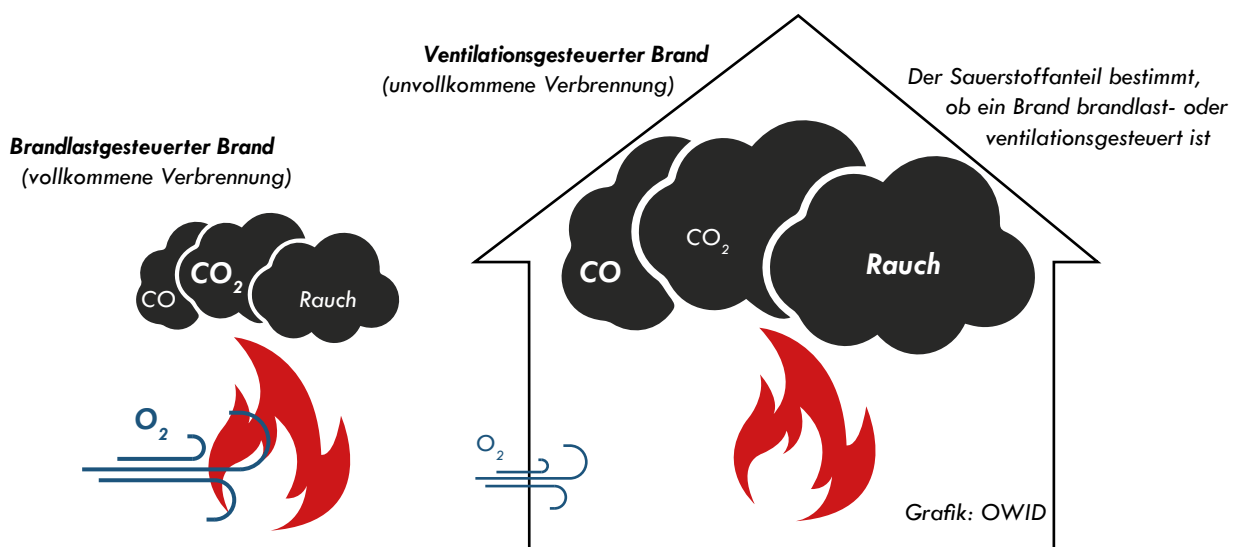
### Wie ein Flashover entsteht!

Wir haben schon gesehen: Mit fortlaufender Zeit heizen sich die Rauchgase auf und werden durch die bis über 1.000 °C hohen Temperaturen im Deckenbereich thermisch aufbereitet (aus größeren Molekülen entstehen besser brennbare kleinere Moleküle). Dann die kritische Phase, in welcher bestimmte lokale Rauchgasströme zu brennen beginnen: Es bilden sich Flammenzungen, die sich an der Decke des Raums entlang-

schlängeln. Im Englischen spricht man von sogenannten dancing angels (tanzenden Engeln). Damit verbunden ist in der Regel ein plötzliches Entflammen von brennbaren Einrichtungsgegenständen (Tische, Sessel, Polstermöbel, Textilien etc.), wenn diese auf Zündtemperaturen von über 500 °C aufgeheizt sind (tritt vor allem durch Rückstrahlung der heißen Brandgase ein). Jetzt sind alle Voraussetzungen für den Feuersprung (Flashover) gegeben: Die Rauchgase entzünden sich und die Einrichtungsgegenstände entflammen innerhalb kürzester Zeit. Dadurch entsteht eine Flammenwalze, vor der es kein Entrinnen gibt!

### Dancing angels: Der Beginn des Feuersprungs

Der Brandherd wird nun in der Regel nach den alten Einsatzgrundsätzen bekämpft, die da vereinfacht lauten: Bekämpfe stets das Feuer, spritze vor allem in Glut und Flammen, aber ja nicht in den Rauch! Dabei ist den meisten Feuerwehrleuten gar nicht bewusst, dass sich die Rauchgase entzünden können. Wie kann nun die Gefahr des drohenden Flashovers erkannt werden? Es gibt glücklicherweise einige Hinweise: Vielfach werden mitten im deckennahen Rauch die bereits erwähnten Feuerzungen wahrgenommen, welche in den USA und in England als dancing angels (tanzende Engel) bezeichnet





werden. Sie sind die untrügerischen Vorboten des Feuer-sprungs, welcher in Sekun-denschnelle den brennenden Raum in ein Flammeninferno verwandeln kann. Wehe den Feuerwehrkräften, die das übersehen, denn sie hören dann im schlechtesten Fall die „Engel singen“.

**„Backdraft“: Großer Bruder der Stichflammen!**

Eine besonders heimtückische Situation liegt vor, wenn die Wohnungen – aus Gründen der Energieeinsparung – gut abgedichtet und isoliert sind. Bei geschlossenen Türen und Fenstern kommt es im Brandfall nämlich alsbald zum Sauerstoffmangel. Die erzeugten Rauchgase „sitzen“ nun wie ein Tier im Käfig und warten, dass eine Tür geöffnet oder ein Fenster eingeschlagen wird [4]. Nun kommt es durch die Luftzufuhr zum gefürchteten Backdraft, also einer gewaltigen Stichflammenwirkung oder gar Explosion.

**WANN ES KRITISCH WIRD!**

Der kritische Punkt bei der Entstehung einer Rauchexplosion ist also der Moment der Sauerstoffzuführung. Diese kann im Wesentlichen durch das Bersten oder Öffnen von

- Türen,
- Fenstern,
- Dacheindeckungen und
- Zwischendecken

erfolgen. Das Betriebs- und Feuerwehrpersonal muss sich also im Klaren sein, dass jede derartige Maßnahme von einem Backdraft begleitet sein kann. Wir haben uns also in Zukunft genau zu überlegen, wann und wo welche Tür, welches Fenster, welche Dacheindeckung und welche Zwischendecke geöffnet werden darf (Achtung, Stichflammen-gefahr!). Eine wichtige Erkenntnis in diesem Zusammenhang: Die Rauchdurchzündung

erfolgt nicht sofort nach Öffnen der Tür etc., sondern erst einige Sekunden später, nachdem sich Rauchgase und zuströmender Luftsauerstoff vermischt haben!

**Türen sind wie „rohe Eier“ zu behandeln!**

Aber auch das Wie des Öffnungsvorganges spielt dabei eine wesentliche, ja entscheidende Rolle. Wir wollen uns dies am Beispiel des Öffnens einer Türe etwas genauer ansehen, weil es gerade dabei bereits zu fürchterlichen Unfällen (siehe beispielsweise in Paris mit fünf toten Feuerwehrmännern im Jahre 2002) gekommen ist [5].

Es hat sich gezeigt, dass Brandraumtüren eigentlich wie „rohe Eier“ zu behandeln sind. Das unbeherrschte Aufreißen oder Aufbrechen ist das Schlechteste, was man machen kann. Vor einer Türe, hinter welcher ein Feuer vermutet wird, einer sogenannten „heißen Tür“, muss man wohlüberlegt handeln. Zuerst ist auf Verfärbungen, Verformungen und eventuelle Ausgasungen zu achten. Dann ist der Türcheck (Abtasten von unten nach oben, am besten mit dem bloßen Handrücken, vorsichtiges Berühren der Türschnalle) durchzuführen, durch welchen die Wärmeentwicklung im Brandbereich abgeschätzt werden kann.

**Kritischer Moment: Tür öffnen!**

Nach dem Türcheck geht der Truppmann mit dem Strahlrohr seitlich in Stellung, während der Truppkommandant die Tür einen Spalt öffnet. Davor sollte jedoch ein kurzer Sprühwasserstoß vor der Tür abgegeben werden (Grund: Wenn die Außenluft in den Brandraum gesaugt werden sollte, wird dieser Wassernebel ebenfalls in den Brandraum eingebracht und kann sogar eine Rauchdurchzündung verhindern). Nach

Öffnen der Tür wird danach die dahinterliegende Rauchschiicht mit zwei bis drei Sprühimpulsen (etwa 60 Grad nach oben) gekühlt und dann die Tür wieder geschlossen. Dies kann vor allem dann mehrmals wiederholt werden, wenn der Brandrauch im Deckenbereich bleibt, er also sehr heiß ist. Vor dem endgültigen Vordringen in den Brandraum sind mehrere Sekunden abzuwarten.

**Literaturhinweise**

- [1] WIDETSCHEK O.: Das schnelle Feuer – Flashover, Rollover & Backdraft; 16. Aprilsymposium, Edition Brandschutzforum, 2015.
- [2] KUNKELMANN J. und BREIN D.: Feuerwehrein-satztaktische Problemstellungen bei Brandbekämpfung in Gebäuden moderner Bauweise; Forschungsbericht Nr. 154, Forschungsstelle für Brandschutz-technik, Karlsruhe, 2010.
- [3] KUNKELMANN J.: Flash-over/Backdraft – Ursachen, Auswirkungen, mögliche Gegenmaßnahmen; Forschungsbericht Nr. 130, Forschungsstelle für Brandschutztechnik, Karlsruhe, 2003.
- [4] WIDETSCHEK O.: Wie eine Bestie im Käfig; BLAU-LICHT – Brandschutz und Feuerwehrtechnik, Graz, Heft 10/1996.
- [5] WIDETSCHEK O.: Tödlicher Feuersprung – Warum fünf Pariser Berufsfeuerwehr-männer sterben mussten; BLAULICHT, Heft 10/2002.

**Folge 4: Verhängnisvolle Rauchdurchzündungen (Fallstudien) und Erkenntnisse.**