

GESPRÄCHSKREIS ENTRAUCHUNG

Informationsblatt Nr. 3 / März 2005

Entrauchung von Räumen im Brandfall – Notwendige Zeiten für Entfluchtung, Rettung, Löschangriff

Grundlagen

Damit im Brandfall die sich in Gebäuden aufhaltenden Menschen diese nach einer Alarmierung noch verlassen können, sind Fluchtwege entsprechend anzuordnen, zu kennzeichnen, zu unterhalten und frei von Brandgasen zu halten, die die Orientierung und Atmung be- oder verhindern. Auch Rettungs- und Löschkräfte benötigen rauchfreie Sichtbedingungen, um die zu Rettenden finden und bergen bzw. den Brandherd aufspüren und bekämpfen zu können. Unsere Baugesetze formulieren dies in der Musterbauordnung (MBO) folgendermaßen:

§ 14 MBO

Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der **Ausbreitung von Feuer und Rauch** (Brandausbreitung) **vorgebeugt** wird und bei einem Brand die **Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich** sind.

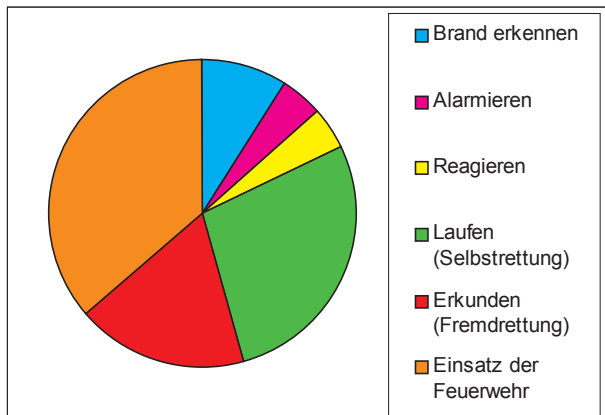
Dieses **Schutzziel** ist durch die Sicherstellung von rauchfreier Luft zumindest im Aufenthaltsbereich der Menschen umzusetzen. Da wenige beigemischte Moleküle Rauchgas diese Schicht im Sinne des Schutzzieles nicht spürbar verschlechtern, spricht man auch von der „raucharmen“ Schicht. Diese raucharme Schicht ist mindestens in einer Höhe von 2,50 m über jeder Ebene im Raum sicherzustellen, die für die Flucht, Rettung oder den Löschangriff betreten werden kann.

Wie lange dauert es, bis im Brandfall

- Menschen die Räume und Gebäude verlassen haben (Selbstrettung)?
- verbliebene Menschen in den Räumen gefunden und gerettet werden können (Fremdrettung)?
- der Brandherd durch die Feuerwehr lokalisiert ist und gezielt bekämpft werden kann (Löschangriff)?

Welche Rahmenbedingungen müssen für diese Zeiträume mindestens gesichert bleiben, damit diese Maßnahmen überhaupt noch erfolgreich durchgeführt werden können?

1. Brandmeldezeiten



Wie lange es dauert, bis ein Brand entdeckt wird, hängt von vielen Faktoren ab. Dies hängt zum Beispiel davon ab, **wo** sich der Brandherd befindet (auf dem Boden, im Schrank, in der Zwischendecke usw.), **wie** intensiv der Brandherd ist (großes Feuer, Glut usw.) und ob **automatische Meldersysteme** vorhanden (Wärme-, Flammen- oder Rauchmelder, Sprinkleranlage) und wo sie platziert sind.

Unter günstigen Voraussetzungen (z.B. richtig platzierte Rauchmelder) darf man davon ausgehen, dass ein entstehender Brand innerhalb von 2 bis 4 Minuten erkannt und lokalisiert werden kann. Ohne technische Hilfsmittel kann

das Erkennen des Brandes unter ungünstigen Voraussetzungen auch bei Anwesenheit von Menschen mehr als 1 Stunde dauern. (Vergleiche: Düsseldorfer-Flughafenbrand)

Automatische Wärmemeldersysteme und über Wärme automatisch auslösende Sprinkleranlagen reagieren bei kleinen Bränden und in der Brandentwicklungsphase mit geringer Wärmefreisetzung meist wesentlich träger und zudem später als Rauchmelder. Auch unter günstigen Verhältnissen (z.B. in niedrigen Räumen mit gleichzeitig größerer Wärmefreisetzung) sollte man in der Praxis von **mindestens 3 Minuten Brandmeldezeit** ausgehen.

2. Alarmierungszeiten

Wie lange eine Alarmierung dauert, hängt ebenfalls von zahlreichen Faktoren ab, zum Beispiel der internen und externen Alarmierung, die automatisch oder auch manuell erfolgen kann. In einem großen voll besetzten Fußballstadion kann die Entscheidungsfindung, ob nach einer Meldung überhaupt geräumt oder eine andere Maßnahme ergriffen werden soll, auch 15 Minuten erfordern. Auch unter günstigen Verhältnissen sollte man in der Regel mit **mindestens 1 Minute Alarmierungszeit rechnen**.

3. Reaktionszeiten

Wie lange es dauert, bis ein alarmierter Mensch reagiert und seine Flucht beginnt, ist unter anderem abhängig von der Art der Alarmierung (z.B. leise und monotone Klingel oder aber Feuerwehmann in voller Montur) und der Einsichtigkeit, dass er sich wirklich in unmittelbarer Gefahr befindet. Oft behindert Neugier die schnelle Umsetzung. Auch unter günstigen Bedingungen sollte im Regelfall mit **mindestens 3 Minuten Reaktionszeit** gerechnet werden.

Bevor der Mensch sich im Brandfall in Richtung des rettenden Ausgangs bewegt, können bereits 7 und mehr Minuten verstrichen sein.

4. Laufzeiten

Als Laufzeit wird die Zeit bezeichnet, die ein Mensch benötigt, die Strecke bis zum Heraustrreten ins Freie, in den gesicherten Treppenraum oder in einen nicht betroffenen Brandabschnitt zu bewältigen.

Damit der Mensch die für ihn jeweils kürzeste Strecke wählen kann, muss diese für ihn leicht erkennbar und passierbar sein (Rauchfreiheit, Beschilderung, Ordnungskräfte, keine Versperrungen durch Engpässe in den Fluchtwegen, usw.).

Bei Unsicherheit wird der Mensch meist sogar versuchen, nicht den nächsten Ausgang, sondern den zuvor benutzten Eingang auch als Fluchtausgang zu nutzen.

Die mögliche Laufgeschwindigkeit hängt vom Alter, der Beweglichkeit (z.B. Mutter mit Kinderwagen) und dem Gesundheitszustand des einzelnen Menschen ebenso ab wie von der Beschaffenheit des Weges selbst (z.B.: Gehen auf ebener Fläche ca. 1,2 m/s, auf der Treppe abwärts ca. 0,6 m/s, Kriechen auf ebener Fläche ca. 0,3 m/s).

5. Evakuierungszeit

Als Evakuierungszeit wird der Zeitraum bezeichnet, bis die letzte der anwesenden Personen sich durch Selbstrettung in einen gesicherten Bereich begeben kann. In die Betrachtung von Evakuierungszeiten fließen die Zusammensetzung der betroffenen Personengruppe (z.B. können viele junge durchtrainierte Männer schneller flüchten als ein älterer untrainierter Personenkreis) ebenso ein, wie auch Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Personen. (Eltern mit kleinen Kindern werden diese erst suchen.....)

Die Breite von Fluchtwegen oder Türen (Durchlass ca. 1,2 Personen pro m Türbreite pro Sekunde) gibt die Aufnahme- oder Durchlassmöglichkeit von Engpässen wieder. Je nach Grundrissgestaltung, Nutzung und Personenbelegung ist im Einzelfall mehr die Laufgeschwindigkeit oder mehr die Durchlassmöglichkeit für die Evakuierungszeit bestimmend. Bei geringer Personenbelegung im Raum ist meist die Weglänge und Laufgeschwindigkeit, bei größerer Personenanzahl eher die Durchlasskapazität der Wege und Ausgänge (einschließlich der davor stattfindenden Trichterbildung) maßgeblich bestimmend. Zu berücksichtigen ist auch das Abflussvermögen der Personen, die ins Sichere gelangt sind (Rückstau im Inneren erfolgt, wenn die Personen draußen einfach stehen bleiben).

6. Luftqualitäten

In der jüngeren Fachliteratur werden meist „raucharme“ Rettungswege verlangt, wobei der Begriff „raucharm“ nicht genau definiert ist. Rauchgase können aber nicht nur durch Trübung direkt die Sichtweiten reduzieren, sondern sie enthalten auch Reizstoffe und reduzieren so die Sehfähigkeit der Betroffenen weiter. Zusammen mit den atmungsbe- oder verhindernden Rauchgasen wird der durch Brandrauch belastete Mensch deshalb auch schnell in einen nicht planbaren Zustand fallen (Panik).

Um eine Evakuierungszeit annähernd genau vorhersagen zu können, ist deshalb unbedingt eine weitgehend rauchfreie Umgebung der Flüchtenden sicherzustellen.

7. Gezielte Selbstrettung nur ohne Panik möglich

Neben den bisher beschriebenen Grundlagen ist es für die gezielte Flucht auch erforderlich, dass der Mensch sich rational verhält, er darf keinesfalls in Panik geraten. Menschen, die in Panik geraten, können nicht mehr kontrolliert handeln, eine gezielte Flucht ist so nicht mehr sicherzustellen.

Eine **gute Ortskenntnis** ist teilweise ersetzbar durch gute Kennzeichnung der Rettungswege und durch einweisendes Hilfspersonal. **Die nächste Fluchttür sollte auch im Brandfall immer gut erkennbar sein** (Rauch reduziert die Sichtweiten erheblich, Rettungswegschilder nicht in zu großer Raumhöhe anbringen).

Rettungswege dürfen nie verstellt, Notausgangstüren nie versperrt sein.

Die bis zur Notausgangstür vorhandene Umgebungsluft muss im Aufenthaltsbereich möglichst **frei von** direkten **Schadstoffen** sein, man spricht von der sogenannten rauchfreien, besser von der **raucharmen Schicht**. Ohne diese möglichst sauberen Luftverhältnisse be- oder verhindert der Rauch schnell die Orientierung und die Atmung.

8. Beispiel für die Ermittlung der Selbstrettungszeit

Um auf einfache Art und Weise eine vollständige Räumungszeit der sich selbstrettenden Personen grob abschätzen zu können, erfolgt eine Addition der zuvor benannten Einzelzeiten.

Im folgenden Beispiel wird dargestellt, wie lange es mindestens dauern kann, bis x Personen einen Raum selbst verlassen haben, der 70 Meter lang ist und an beiden Seiten je 1 Tür von je 1,2 Meter Breite hat.

	100 Personen stehen in der Raummitte und gehen je zu 50% zu den beiden Ausgängen	100 Personen stehen in der Nähe des einen Ausganges und gehen alle zu dem gegenüberliegenden Ausgang	200 Personen stehen in der Raummitte und gehen je zu 50% zu den beiden Ausgängen	200 Personen stehen in der Nähe des einen Ausganges und gehen alle zu dem gegenüberliegenden Ausgang
Branderkennung	3 Minuten	3 Minuten	3 Minuten	3 Minuten
Alarmierungszeit	1 Minute	1 Minute	1 Minute	1 Minute
Reaktionszeit	3 Minuten	3 Minuten	3 Minuten	3 Minuten
Laufzeit	35m / 1,2 m/s ca 0,5 Minuten	70m / 1,2 m/s ca 1 Minute	35m / 1,2 m/s ca 0,5 Minuten	70m / 1,2 m/s ca 1 Minute
Türdurchlass	50 Pers/1,4 Pers/m/s ca 0,5 Minuten	100 Pers/1,4 Pers/m/s ca 1 Minute	100 Pers/1,4 Pers/m/s ca 1 Minute	200 Pers/1,4 Pers/m/s ca 2 Minuten
Evakuierungszeit	8 Minuten	9 Minuten	8,5 Minuten	10 Minuten

9. Rauchfreihaltung für die Selbstrettungszeiträume

Ab dem Zeitpunkt der Alarmierung (Erkennungs- und Alarmierungszeit von mindestens 4 Minuten ist noch hinzuzurechnen) kann von mindestens folgendem weiteren Zeitbedarf für eine Selbstrettung ausgegangen werden.

Kleinere, klar strukturierte Räume	> 4 Minuten
Größere, gut übersichtliche Räume	6 bis 10 Minuten
Große Räume	> 10 Minuten

Mindestens für diese Zeiten müssen für die Menschen die Voraussetzungen für eine Flucht sichergestellt sein, das heißt eine mindestens 2,50 m hohe raucharme Schicht muss durch eine ausreichende Rauchabführung erreicht werden.

10. Rauchfreihaltung für die Fremdrettungszeiträume

Die Fremdrettung von verunglückten oder in ihrer Bewegung be- oder gehinderten Personen wird durch freiwillige Helfer, Mitarbeiter (z.B. Pflegekräfte in Altenheimen) oder auch die Feuerwehr erfolgen.

Die Rettung durch die Feuerwehr kann verständlicherweise erst nach ihrem Eintreffen an der Einsatzstelle erfolgen. Der Beginn der Einsatzmaßnahmen der Feuerwehr hängt von folgenden Faktoren ab:

- Art der Alarmierung (Automatische Brandmeldeanlage, Telefon),
- Erfüllung der gesetzlichen Hilfsfrist (länderspezifisch geregelt),
- Erkundung des Einsatzobjektes,
- Anmarschwege im Gebäude (Nutzung von Feuerwehrezufahrten....).

In den meisten Fällen kann mit dem **Eintreffen der ersten Feuerwehreinheiten 10 Minuten** nach deren Alarmierung gerechnet werden.
 Danach sind für die **Erkundung** und Einsatzentwicklung **mindestens weitere 3 Minuten** zu berücksichtigen.

Für die personalintensive Maßnahme der Fremdrettung werden zusätzliche Einsatzkräfte benötigt, die aber üblicherweise erst zu einem späteren Zeitpunkt eintreffen.
 Eine verringerte Anforderung an die Atemluftqualität darf für die Fremdrettung nicht angesetzt werden, da zum einen die zu rettenden Personen sonst bis zu ihrem Auffinden ungeschützt wären und zum anderen die Feuerwehr insbesondere durch Sichtbeeinträchtigung dann längere Zeiten zum Auffinden der Personen benötigen würde.

Eine abschließende Aussage des Einsatzleiters über die erfolgreich beendete Evakuierung durch Eigen- und Fremdrettung kann nur nach visueller Überprüfung aller Räumlichkeiten durch die Feuerwehr getroffen werden.

Die Entrauchung ist für die Fremdrettung auch noch **nach** dem Eintreffen der Feuerwehr (dafür sollten mindestens 13 Minuten angesetzt werden) für die Erkundungs- und Einsatzentwicklungszeit wenigstens für folgende weitere Zeiträume sicherzustellen:

Kleinere, klar strukturierte Räume	> 3 Minuten
Größere, gut übersichtliche Räume	8 bis 10 Minuten
Große Räume	> 10 Minuten

Abhängig von den Gegebenheiten an der Einsatzstelle und der Leistungsfähigkeit der zuständigen Feuerwehr müssen eventuell auch längere Zeiten zugrunde gelegt werden.

11. Gesamtzeiten für die Rauchfreihaltung

Zusammenfassend sind folgende Gesamtzeiten für die Rauchfreihaltung mindestens vorzusehen. Dabei ist für diese Gesamtzeit eine gleichbleibend gute Luftqualität (raucharme Schicht) sicherzustellen, wie sie zur Selbstrettung erforderlich ist.

	Kleinere, klar strukturierte Räume	Größere, gut übersichtliche Räume	Große Räume
Brandentdeckung	> 3 Minuten	> 3 Minuten	> 3 Minuten
Alarmierungszeit	> 1 Minute	> 1 Minute	> 1 Minute
Reaktionszeit ^{*)}	> 3 Minuten	> 3 Minuten	> 3 Minuten
Laufzeit ^{*)}	> 2 Minuten	> 5 Minuten	> 10 Minuten
Anfahrts-, Erkundungs- und Einsatzentwicklungszeit der Feuerwehr	>13 Minuten	>13 Minuten	>13 Minuten
Fremdrettung	> 3 Minuten	> 8 Minuten	> 10 Minuten
Gesamt ^{*)}	> 20 Minuten	> 25 Minuten	> 27 Minuten

^{*)}Die Laufzeit und die Reaktionszeit wurden bei der Ermittlung dieser Mindest-Gesamtzeit nicht einzeln berücksichtigt, da sie vor, beziehungsweise zeitlich parallel zur Fremdrettung verlaufen können.

12. Computersimulation

Die zuvor beschriebene recht grobe Abschätzmöglichkeit von Evakuierungszeiten ist besonders in großen Verkaufs- und Versammlungsstätten mit größerer Personenzahl oft nicht hinreichend genau genug. Der Stau effekt im Bereich von Türen (Trichterbildung) wird z.B. ebenso wenig berücksichtigt wie eine unterschiedliche Zusammensetzung der Personengruppen.

Auch wenn es gilt, eine gewünschte Überschreitung von z.B. im Baurecht tolerierten Rettungsweglängen nachzuweisen, müssen speziellere Werkzeuge eingesetzt werden.

Bewegungsabläufe von Personenströmen sind schon seit vielen Jahrzehnten untersucht worden. Numerische Entleerungsrechnungen basieren in der Regel auf allgemeinen Beobachtungen, Fotografien, Filmaufnahmen und Zeitrafferstudien sowie speziellen Versuchen. Neben der Verhaltensforschung lag das Ziel dieser Untersuchungen meist darin, Gestaltungselemente für Fußgängerbereiche oder auch Planungsrichtlinien, meist in Form von Regressionsgleichungen, zu entwickeln.

Selbstorganisationseffekte der Menschen, die zu unerwarteten Behinderungen aufgrund der gegenseitigen Störungen in Fußgängerströmen führen, wurden damit aber genauso wenig berücksichtigt wie das Verhalten von Menschen in komplexerer Umgebung (z.B. wie in einem Warenhaus) unter extremen Bedingungen (wie z.B. während einer Evakuierung).

Hier setzt die über Computer durchzuführende dynamische Evakuierungssimulation ein. Je nach Software kann der reale Grundriss mit der realen Möblierung und mit individuellen Personen oder Personengruppen gefüllt werden.

Die Bewegung der Personen ähnelt dem Verhalten von Gasen und Flüssigkeiten. Da aber spezielle Wechselwirkungen zwischen den Menschen (z.B. Ausweich- oder Bremsmanöver) nicht wie bei den Gasen und Flüssigkeiten energie- und impulserhaltend sind, konzentriert sich die heutige Forschung auf eine direkte Simulation, auf die sogenannte Mikrosimulation der Fußgängermengen.

Die Personen werden dabei u.a. durch den Anwender der Simulation gezielt oder auch zufällig verteilt und mit unterschiedlichen Merkmalen (einzelnen Personen oder statistisch strukturiert zugeordnet) ausgestattet.

physikalische Parameter

z.B.: Alter, Geschlecht, Gewicht, Agilität, Beweglichkeit, Bewegungsgeschwindigkeit

Psychologische Parameter

z.B.: Geduldigkeit, Durchsetzungsvermögen, Reaktionszeit

Diese Eingaben und Parameter werden meist innerhalb der Programme solcher dynamischer Evakuierungssimulationen berücksichtigt, so dass eine sehr differenzierte Betrachtung komplexer Gebäudegeometrien selbst mit großen Personengruppen möglich ist. Dies war mit den bisherigen Näherungsverfahren nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

Die durch die dynamische Evakuierungssimulation so ermittelbaren Laufzeiten in individuellen Umgebungen sind noch um die Zeiten für die Brandentdeckung, die Alarmierung und die Reaktionszeit zu ergänzen, um die gesamte Räumungszeit des Gebäudes oder Gebäudeteils vorhersagen zu können.

Bei sehr großen Versammlungsstätten (z.B. Sport-Stadien oder Messehallen) kommt vor der Alarmierung noch die Zeit zur Entscheidung, ob und wie geräumt werden soll (u.U. Zusammenrufen eines Krisenstabes) und die Platzierung von Hilfspersonal, das die Personenströme lenken soll.

In der Praxis oft zu sehen ist die Einengung von Fluchtwegen (z.B. Paletten oder Wagen mit Ware zur Auffüllung der Regale, Aktionsartikel vor der Kassenzone usw.) oder auch blockierte Notausgänge (oft wird die Fläche davor als Abstellplatz missbraucht).

13. Zusammenfassung

Im Brandfall müssen Menschen, die sich in Gebäuden aufhalten, diese noch verlassen können. Dazu sind Fluchtwege entsprechend anzuordnen, zu kennzeichnen, zu unterhalten und frei von Brandgasen zu halten, die die Orientierung und Atmung be- oder verhindern. Auch die Rettungs- und Löschkraften benötigen rauchfreie Sichtbedingungen, um die Rettenden finden und bergen bzw. den Brandherd finden und löschen zu können.

Die in diesem Merkblatt zusammengetragenen Zeiten erlauben es, dem Praktiker Zeiträume festzulegen, für die die Flucht-, Rettungs- und Angriffsebenen eines individuellen Gebäudes mindestens rauchfrei gehalten werden müssen.

Die hier unterstellten meist günstigen Eingangswerte ergeben für die Sicherstellung der raucharmen Schicht in unterschiedlichen Räumen bereits ohne Sicherheitszuschläge Zeiten von mindestens 20, 25 bzw. 27 Minuten.

Aus diesen Gründen sollten die Flucht-, Rettungs- und Angriffsebenen immer mindestens 30 Minuten rauchfrei gehalten werden und die Rauchabzugsanlage immer mindestens für einen Funktionserhalt von 30 Minuten ausgelegt sein.

Liegen für den Einzelfall bei einigen Eingangsdaten ungünstigere Verhältnisse als hier angenommen vor, müssen diese Zeiträume entsprechend verlängert werden.

Gesprächskreis Entrauchung

Unter dem Dach des Fachverbandes Allgemeine Lufttechnik im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) arbeitet der Gesprächskreis Entrauchung. Ihm gehören Unternehmen des Lüftungsanlagenbaues und des Ventilatorenbaus, weitere Experten des Brandschutzes und der Brandbekämpfung sowie Vertreter der Versicherungswirtschaft und anderer Verbände an.

Der interdisziplinäre Gesprächskreis sieht sich als fachkompetente Stelle aller Themen zur Entrauchung von Gebäuden und ist an einer Zusammenarbeit auch mit anderen Organisationen interessiert. Vor dem Hintergrund des Personenschutzes will er über die Bedeutung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen für die schnelle Entrauchung im Brandfall informieren.

Die Mitglieder haben sich folgende Arbeitsschwerpunkte gesetzt:

- Der Gesprächskreis leistet Aufklärungsarbeit über Probleme und Lösungen bei der Entrauchung und gibt im Rahmen einer Schriftenreihe Informationsblätter zu verschiedenen Themen heraus.
- Der Gesprächskreis hat eine technische Untersuchung zu Fragen der Rauchfreisetzungsrates von Objekten durchgeführt und deren Ergebnisse der Öffentlichkeit vorgestellt.
- Die Mitarbeiter bringen ihren Sachverstand in Normungsgremien ein und wollen einen technischen Standard festschreiben.
- Der Gesprächskreis nimmt Stellung zu Normentwürfen und Richtlinien und informiert die Öffentlichkeit über deren Auswirkung in der Praxis.
- Der Gesprächskreis hat im Jahr 2001 eine Tagung „Rauchentwicklung im Brandfall“ veranstaltet.
- Er gibt das VDMA-Einheitsblatt 24177 mit dem Titel „Ventilatoren für Rauch- und Wärmefreihaltung von Gebäuden im Brandfall“ heraus.

Publikationen des Gesprächskreises:

Lieferverzeichnis Entrauchung (kostenlos)

Tagungsmappe „Rauchentwicklung im Brandfall“ (vom 8. März 2001, 25 Euro)

Einheitsblatt VDMA 24177 „Ventilatoren zur Rauch- und Wärmefreihaltung von Gebäuden im Brandfall“ (Beuth-Verlag, Berlin, 28,10 Euro)

Informationsblatt Nr. 1 „Nachströmung im Brandraum“, 4.2002 (kostenlos)

Informationsblatt Nr. 2 „Kaltentrauchung/Sprinkler und Entrauchung“ (kostenlos)

Veröffentlichung: Detzer, Rüdiger; Klingsch, Wolfram; Lehnhäuser, Frank: „Rauchausbreitung in Räumen während der Initialbrandphase“, VFDB 3/2004

Geschäftsstelle: Gesprächskreis Entrauchung

FV ALT im VDMA – Lyoner Str. 18 – 60528 Frankfurt am Main

Fax: 069/6603-2860 – E-Mail: barbara.leyendecker@vdma.org – www.luftreinhaltung.vdma.org Stand: 03.2005