

DAS FACHMAGAZIN FÜR  
BAURECHT UND TECHNIK

**OIB** aktuell

04 | DEZEMBER 2013 | 14. JAHRGANG | ISSN 1615-9950

04|13

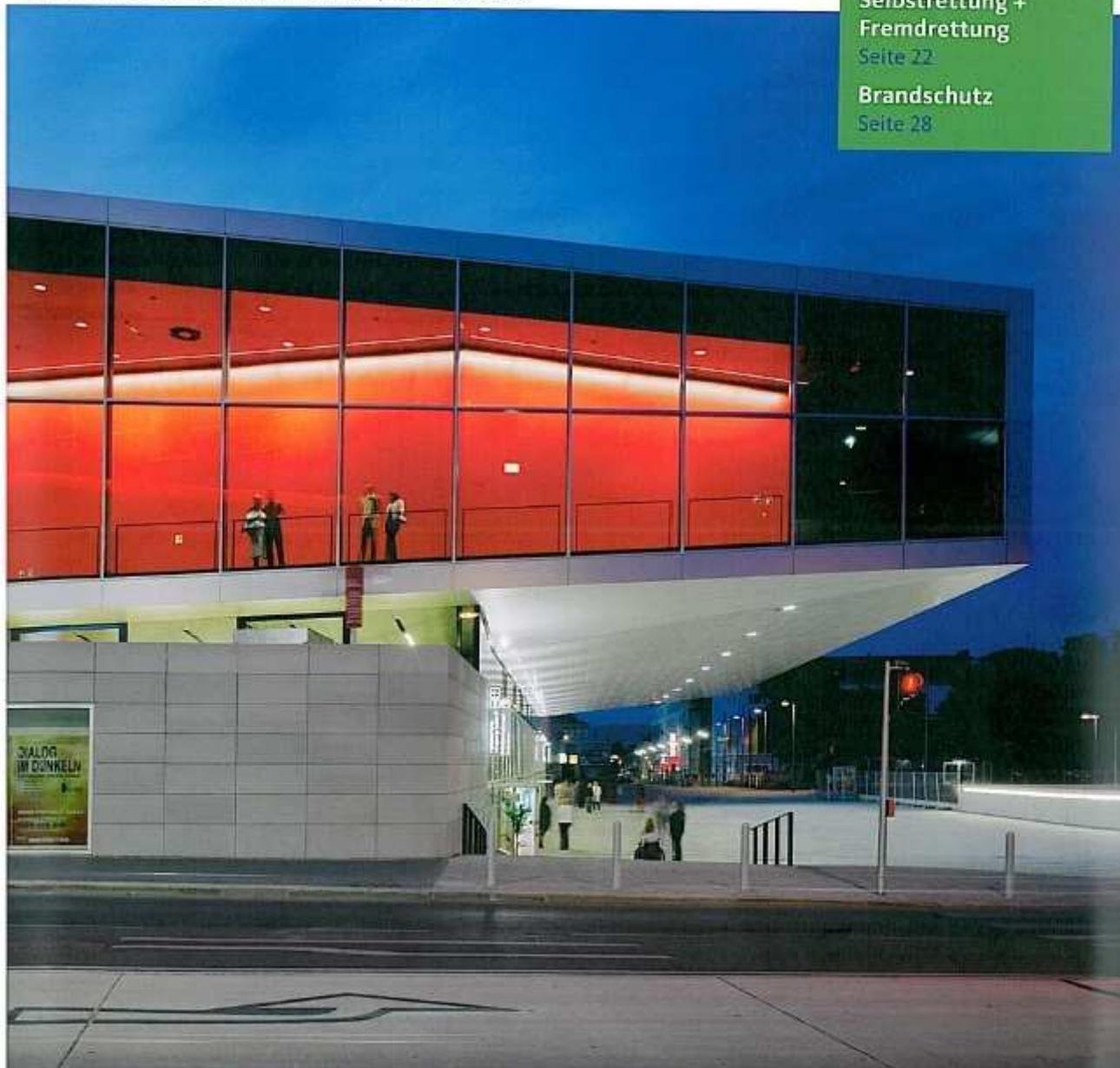
*Neue EOTA*  
Seite 4

Befüllen und  
Entleeren von Ver-  
anstaltungsstätten  
Seite 12

**THEMA**  
OIB-Leitfaden  
Seite 18

Selbstrettung +  
Fremdrettung  
Seite 22

Brandschutz  
Seite 28



# Selbstrettung + Fremdrettung = Faktoren zur Risikominimierung

Text Gerhard Greßlehner

Die Gleichung „Selbstrettung + Fremdrettung = Faktoren zur Risikominimierung“ – gilt diese? Unter welchen Voraussetzungen und nach welchen mathematischen Bedingungen lässt sich diese Gleichung in allgemein verständlicher Form begründen?

Dies und mehr muss bei hypothetischen Ansätzen des Brandschutzwesens (bestehend aus dem vorbeugenden und abwehrenden Brand- und technischen Katastrophenschutz sowie der Selbstrettung) das Ziel sein, um zu einem optimierten Prozess zu kommen.

Das Schutzgut Mensch steht im Vordergrund – alle anderen Schutzgüter seien hier vernachlässigt, finden jedoch in der Gesamtbetrachtung Berücksichtigung. Ausgehend von diesem Postulat ergeben sich eine Vielzahl von Fragen, die obige Gleichung beantworten lässt.

## Lösungsansätze – mathematische Modellierung versus normative Ansätze

Um zu einem Ergebnis zwischen dem ingenieurmäßigen Nachweis und den normativen Ansätzen zu kommen, insbesondere die beiden von verschiedensten Variablen abhängigen Rettungsmöglichkeiten (Selbst- und Fremdrettung) zu finden, sind Begrifflichkeiten von Bedeutung. Das heißt, eine einheitliche Sprachweise muss gewährleistet sein, um auch das Ergebnis gleich deuten zu können.

### Begrifflichkeiten

Es heben sich für die Lösung obigen Axioms (Selbst- und Fremdrettung in einer Gleichung) die Begrifflichkeiten der Hilfsfrist und der Schutzziele hervor. In Österreich gelten (auszugsweise):

#### ■ Hilfsfrist

Zeit ab Entdecken des Ereignisses bis zum Wirksamwerden der befohlenen Maßnahmen (*Anmerkung: in Deutschland ist hier die Eintreffzeit das Ende der Hilfsfrist, in Österreich muss eine Wirkung erzeugt werden*).

#### ■ Schutzziel

Hier vordergründig unter Maßgabe des Leitfadens „Abweichung im Brandschutz und Brandschutzkonzepte [1]“ dahingehend, dass nach Paragraph 2 u.a. Folgendes gilt:

„... danach muss ein Bauwerk derart entworfen und ausgeführt sein, dass bei einem Brand – die Bewohner des Gebäude unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können ...“

Auf Basis dieser beiden Begrifflichkeiten gelten entsprechende Zeiten = Zeiten versus der Brandentwicklung und somit auch proportional der Selbstrettung und damit auch proportional dem Einsatzerfolg. Es werden die beiden Parameter – soweit möglich – verständlich in mathematischer (ingenieurmäßiger Form) dargelegt, dem normativen Ansatz gegenübergestellt und daraus schlussendlich obige Gleichung bewiesen.

### Selbstrettung

#### Schutzziel

Das vorrangige Schutzziel ist die Identifizierung möglicher Gefahrenstellen bereits in der Planungsphase von komplexen Gebäudestrukturen im Hinblick auf die Personensicherheit.

Wie die nicht allzu ferne Vergangenheit gezeigt hat (Loveparade, Duisburg), ist das Verhalten von Menschen in Paniksituationen mit modernen Methoden nicht beschreibbar und vorhersehbar.

Umso wichtiger ist es, bereits in der Planungsphase mögliche Schwachstellen (Staubildung von Personen) im Verlauf von Fluchtwegen (= Rettungswege in Deutschland) zu identifizieren, um damit das Gefahrenpotenzial bereits in dieser Phase zu minimieren. So gilt es zum Beispiel in einem hypothetischen Brandfall (Einschränkung der Sichtweite, Hitzeeinwirkung durch Rauchgase, Toxizität) die verfügbare Entfluchtungszeit (= Selbstrettungszeit) unter Berücksichtigung moderner Simulationstools (Finite Elemente) zu ermitteln und diese im Gegenschluss mit der tatsächlich benötigten Entfluchtungszeit (Mikroskopische Entfluchtungsmodelle) unter Berücksichtigung der anwesenden Population (Altersverteilung, Vertrautheit, Handicap etc.) zu vergleichen und so wieder in den Planungsprozess eingreifen zu können.

*Wirkung des Brandes auf den menschlichen Organismus*  
In den meisten Fällen ist die Todesursache nicht die Flammeinwirkung, sondern die Toxizität der Brandgase.

Tabelle 1  
Toxizität von Brandgasen

### Toxizität von Brandgasen

CO	Giftiges Gas, leichter als Luft. Es entsteht bei der Verbrennung unter Sauerstoffmangel.
CO <sub>2</sub>	Ist ein erstickend wirkendes Gas, das schwerer als Luft ist. Die Gefährlichkeit entsteht durch die Verdrängung des Sauerstoffes aus der Luft.
HCN (Cyanwasserstoff)	Blockiert die Zellatmung und hat erstickende Wirkung.
Ruß	Beeinträchtigung der Sichtweite und damit Bewegungseinschränkung, krebserregend

Hitzestrahlung [kW/m <sup>2</sup> ]	Auswirkungen auf Menschen
1	Maximale Sonneneinstrahlung
1,5	Auch bei längerer Exposition keine nachteiligen Auswirkungen
4,5	Nachteilige Auswirkungen (Blasenbildung) nach 20 s
6,5	Schmerzschwelle
12,5	Verbrennungen 1. Grades nach 10 s
20	Blasenbildung nach 5 s
25	Verbrennungen 2. Grades nach 10 s
36	Verbrennungen 3. Grades nach 10 s

Tabelle 2  
Strahlungsintensität versus  
Auswirkungen

Thermische Einwirkungen:

- Direkte Strahlung: Brandherd
- Indirekte Strahlung: Heißgase

Brandlastdaten (als Beispiel ho. angeführt)

- Leistungsdichte: 500 kW/m<sup>2</sup>
- Fläche: 20 m<sup>2</sup>
- Leistung: 10 MW
- Ausbreitungsgeschwindigkeit: schnell ( $\alpha = 0,046 \frac{\text{kW}}{\text{s}^2}$ )
- Rauchlast:  $Y_s = 0,10 \text{ g/g}$  (Kunststoffe gut ventilert, mittel)
- $\dot{Q} = 10^6 \cdot \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2$
- $t_\alpha$  ... Zeit bis zum Erreichen von 1 MW

Brandlastgesteuerte Brände:  $\dot{Q}_{max,f} = \dot{m}'' * A_f * \chi * H_u$

- $\chi$  ... gemittelte Verbrennungseffektivität [-]
- $H_u$  ... gemittelter unterer Heizwert [MJ/kg]
- $A_f$  ... Fläche des Brandraumes [m<sup>2</sup>]
- $\dot{m}''$  ... spezifische Abbrandrate [kg/(s.m<sup>2</sup>)]

Ventilationsgesteuerte Brände:  $\dot{Q}_{max,v} = 0.1 * A_w * \sqrt{h_w} * \chi * H_u$

- $\chi$  ... gemittelte Verbrennungseffektivität [-]
- $H_u$  ... gemittelter unterer Heizwert [MJ/kg]
- $A_w$  ... Fläche der Ventilationsöffnungen [m<sup>2</sup>]
- $h_w$  ... gemittelte Höhe der Ventilationsöffnungen [m]

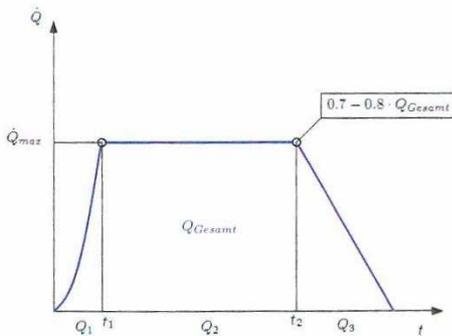


Diagramm 1

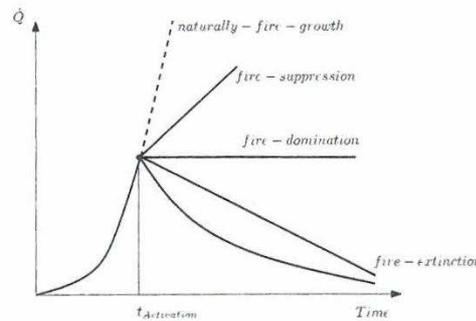


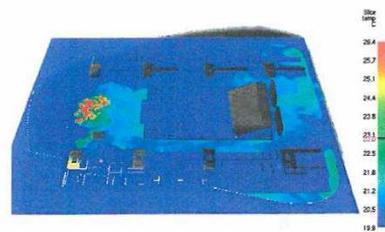
Diagramm 2

Diagramm 1  
HRR-Energiefreisetzung  
(Heat Release Rate),  
© FireX Greßlehner GmbH

Diagramm 2  
Energiefreisetzung unter  
Berücksichtigung technischer  
Brandschutzeinrichtungen,  
© VFDB Leitfaden



Grafik 1

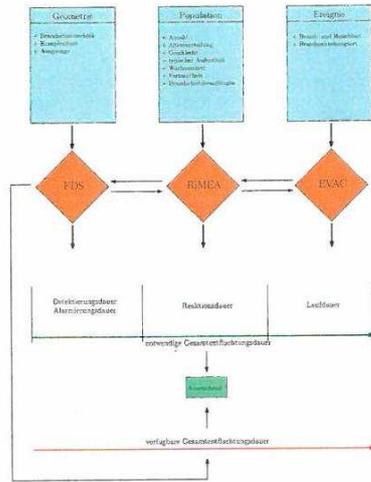


Grafik 2

Grafik 1  
Smokeview-Ausbreitung des  
Brandes (Wirkung),  
© FireX Greßlehner GmbH

Grafik 2  
Auswertung – Temperatur,  
© FireX Greßlehner GmbH

Personenstromanalyse – Mikroskopische Entfluchtungsanalyse

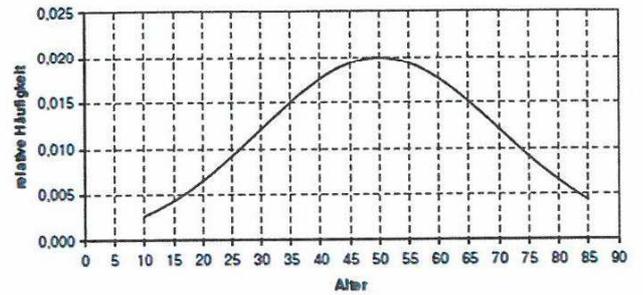


Grafik 3 Entscheidungsbaum, © FireX Greßlehner GmbH

Tabelle 3 Reaktionszeit [2]

(Reaktions-) Szenario			$t_{\text{Reakt, min}}$ (min)	$t_{\text{Reakt, max}}$ (min)
Kategorie A: wach, vertraut, geringe Dichte				
M1	B1-B2	A1-A2	0,5	1
M2	B1-B2	A1-A2	1	2
M3	B1-B2	A1-A3	10	20
B3: schwierigere Orientierung			+0,5	
Kategorie B: wach, unvertraut, hohe Dichte				
M1	B1	A1-A2	0,5	2
M2	B1	A1-A2	1	3
M3	B1	A1-A3	10	20
B2: schwierigere Orientierung			+0,5	
B3: schwierigere Orientierung			+1	
Kategorie C(a): schlafend, vertraut, geringe Dichte				
M2	B1	A1	5	10
M3	B1	A3	10	>20
Kategorie C(b): betreute Wohnanlagen, geringe Dichten				
M1	B2	A1-A2	10	20
M2	B2	A1-A2	15	25
M3	B2	A1-A3	15	25
Kategorie C(c): schlafend, unvertraut, geringe Dichten				
M1	B2	A1-A2	15	20
M2	B2	A1-A2	20	25
M3	B2	A1-A3	20	25
B3: schwierigere Orientierung			+1	

Diagramm 3 Altersverteilung – Standardpopulation, © RIMEA



Population

Sind keine situativen Altersverteilungen bekannt, wird eine Standardpopulation (50 % Männer, 50 % Frauen) mit der Altersverteilung nach Diagramm 3 verwendet.

Detektionszeit optischer Rauchmelder

$$\delta t_e = \alpha_e u^{\beta_e}$$

$$\delta t_c = \alpha_c u^{\beta_c}$$

$$\frac{dY_c}{dt} = \frac{Y_e(t - \delta t_e) - Y_c(t)}{\delta t_c}$$

SD1

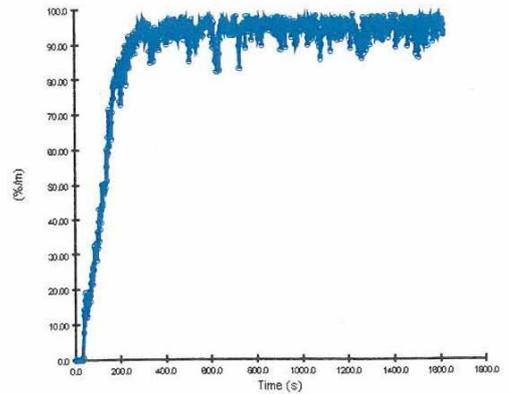


Diagramm 4 Optischer Rauchmelder, © FireX Greßlehner GmbH

**Entfluchtungszeit**

Hierbei wird zwischen verschiedenen Szenarien unterschieden:

- **Modellvalidierung**  
Überprüfung des digitalen Modells auf Fehler in der Geometrie und Fehler im Modellaufbau. Bestimmung der theoretischen Auslastung der Notausgangsöffnungen auf Basis von Staubildung.
- **Selektiv**  
Personengruppen werden dem nächst möglichen Notausgang (= Fluchtweg) zugewiesen und die ideale Entfluchtungszeit bestimmt.
- **Alternativ**  
Durch einen hypothetischen Störfall stehen nicht alle Fluchtwege zur Verfügung und Personenströme müssen alternative Fluchtwegrouten wählen und die Entfluchtungszeit wird bestimmt.
- **Statistische Entfluchtung**  
Bestimmung der kritischen Personenzahl und maximaler Entfluchtungszeit unter statistischer Personenverteilung und zufälliger Ausgangszuweisung
- **Speziell**  
Überprüfung der Wirksamkeit von baulichen Maßnahmen (z. B. Fluchttunnel, Maschinenübergänge etc.)

**Mathematische Modellierung – Bewegungsmodell**

Die Basis für das Bewegungsmodell stammt aus dem zweiten (Aktionsprinzip) und dem dritten Newtonschen (Wechselwirkungsprinzip) Axiom der klassischen Mechanik<sup>1</sup>. Hier liegt der Vorteil einer mikroskopischen im Vergleich zur makroskopischen Analyse, denn über jede (virtuelle) Person in der Simulation ist zu jedem Zeitpunkt die Information über Ort und Geschwindigkeit verfügbar. Sind die Anfangsparameter bekannt (z. B. ausverkauftes Fußballstadion = Anzahl, Position und Blickrichtung der Personen durch Platzzuweisung festgelegt), ist ein Rückschluss über jede Person und deren Entfluchtungssituation (Entfluchtungszeit, physischer Druck durch Staubildungen, Rauchsituation etc.) möglich. Grundlage für die Bewegungsmodellierung sind die beiden Erhaltungssätze für Impuls (Translation) und Drall (Rotation).

$$m_i \frac{d^2 \mathbf{x}_i(t)}{dt^2} = \mathbf{f}_i(t) \quad (1)$$

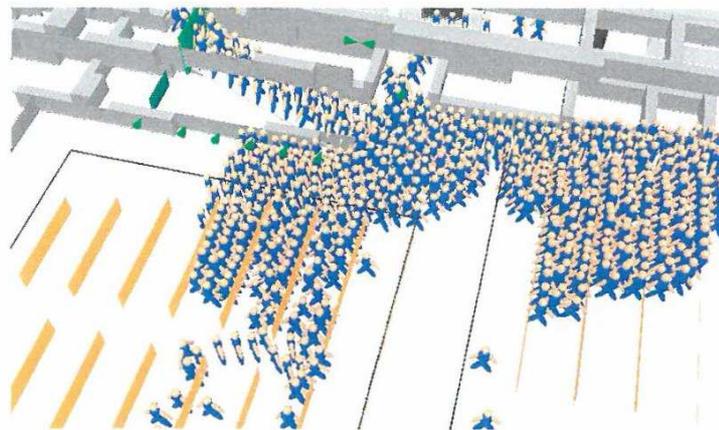
$$I_i^z \frac{d^2 \varphi_i(t)}{dt^2} = M_i^z(t) \quad (2)$$

Die Ursache der translatorischen Bewegung  $\mathbf{f}_i(t)$  ist durch nachstehende Komponenten implementiert:

$$\mathbf{f}_i = \frac{m_i}{\tau_i} (\mathbf{v}_i^0 - \mathbf{v}_i) +$$

$$\sum_{i \neq j} (\mathbf{f}_{ij}^{soc} + \mathbf{f}_{ij}^c) + \sum_w (\mathbf{f}_{iw}^{soc} + \mathbf{f}_{iw}^c) \quad (3)$$

<sup>1</sup> Isaac Newton Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, 1687



Die rotatorischen Terme sind Großteils durch drehmomentbildende Angriffspunkte der translatorischen Kräfte außerhalb des Schwerpunktes (= Steiner'scher Anteil) bedingt und werden hier nicht speziell angeführt. Die einzelne Auflistung der Terme von  $\mathbf{f}_i$  ist nachstehend genauer beschrieben. Grundsätzlich repräsentieren die Summenterme 2 Grundeinflüsse auf die Personen, → siehe Nachstehendes auf der nächsten Seite:

**Grafik 4**  
Staubildungen,  
© FireX Greßlehner GmbH

# NoFire

## Schulung & Consulting

### für betrieblichen Brandschutz und Arbeitssicherheit

**Schulung:**

Kurse und Seminare nach den Richtlinien der TRVB 117 O

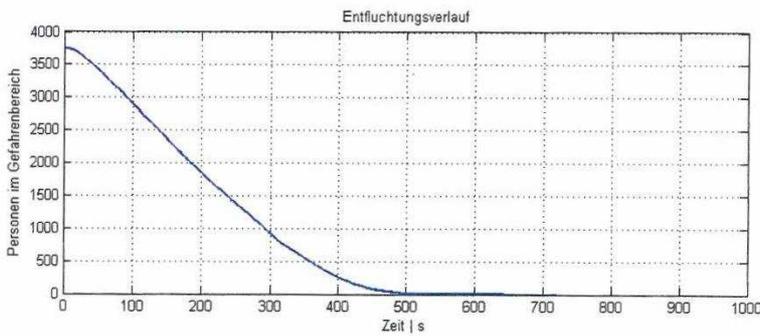
- Grundausbildung: Ausbildung von Brandschutzwartenden (BSW) und Brandschutzbeauftragten (BSB)
- Weiterführende themenspezifische Seminare für Betreiber von Brandschutzanlagen
- Fortbildung für Betriebe mit besonderen Gefährdungen
- Schulungen für ArbeitnehmerInnenschutz
- Zertifizierungslehrgänge
- Dokumentation

**Consulting:**

- Sicherheitstechnisches Zentrum gem. ASchG
- Arbeitsplatzevaluierung
- Arbeitsmittelüberprüfung
- Abfallwirtschaft
- Brandschutzpläne, Fluchtwegspläne
- Brandschutzmanagement
- Projektbegleitung
- Sachverständige, Gutachten
- Elektrotechnik

NoFire Brandschutz GmbH  
T +43 1 545 33 14  
F +43 (0) 810 9554 275 105

[www.nofire.pro](http://www.nofire.pro)

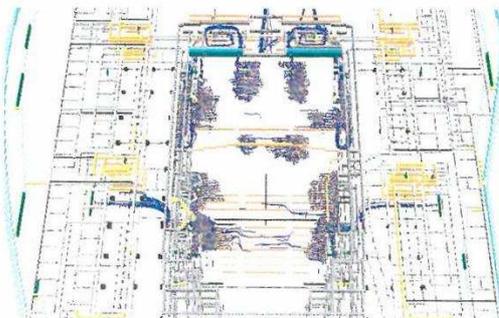


**Diagramm 5**  
Zeitlicher Entfluchtungsverlauf,  
© FireX Greßlehner GmbH

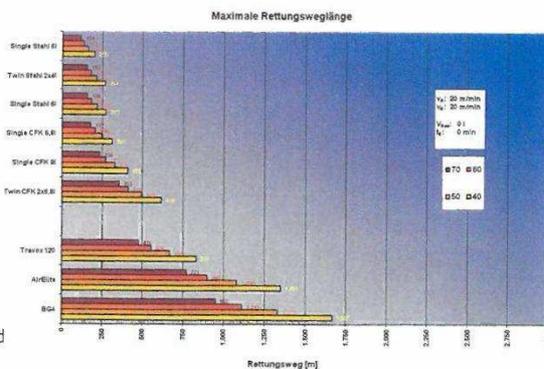
- Sozial-psychologische (Social force) Kraft ( $f^{soc}$ ): Wie zum Beispiel Abbremsen vor einer Wand, um einen Aufprall zu vermeiden oder natürlicher Abstand während der Bewegung entlang einer Wand.
- Physische Kontaktkraft ( $f^c$ ): Schieben von Personen und Staudruckerzeugung durch beispielsweise Anpressen von Personen, ausgehend von den Randschichten einer Menschenansammlung in Richtung Mittelpunkt (= bei Verengungen wie Aus- oder Durchgängen).

**Conclusio**

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass moderne Simulationswerkzeuge für verschiedene Anwendungsfälle (Brand, Evakuierung) zusammen angewendet eine hohe Wertschätzung erfahren. Es ermöglicht kosteneffiziente Maßnahmen zu überprüfen, die Sinnhaftigkeit von Auslegungen streng nach Norm zu hinterfragen – mit dem adäquaten oder noch höheren Sicherheitsgewinn für den Gebäudebetreiber und die Gebäudenutzer (Versammlungsstätten, Stadien, Industriebetriebe etc.).



**Grafik 5**  
Mikroskopische Personenstromanalyse, © FireX Greßlehner GmbH



**Diagramm 6**  
Maximale Rettungsweglänge versus Umgebungsluft, unabhängiger Atemschutz- und Einsatztaktik, © ÖBFV SG 4.4

**Fremdrettung**

Um die Zeiten (Hilfsfristen) – insbesondere die Erträglichkeits- bzw. Reanimationsgrenze (13–15 Minuten) – einzuhalten, ist auch die Fremdrettung Teil des gesamten Schutzniveaus. Diese wiederum ist hinsichtlich einer maximal möglichen Einsatzdauer an der Einsatzstelle bei bekannter Fluchtweglänge begrenzt.

Dem österreichischen Bundesfeuerwehrverband (ÖBFV) obliegt es, Regelwerke aufzustellen, welche zum Ziel haben, die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der maximalen Rettungsweglängen für Atemschutzträger für eine geplante Einsatzzeit an der Einsatzstelle zur Verfügung zu stellen.

Die Berechnungsmethodik wiederum dient weiters der Verifizierung der richtigen Auswahl der erforderlichen Atemschutzausrüstung in Abhängigkeit der baulichen Flucht- und Rettungsweglängen.

Die Berechnung kann sowohl für Pressluftatmer (PA) als auch für Sauerstoffkreislaufgeräte (SKG) / Sauerstoffschutzgeräte (SSG) angewendet werden. Taktische Überlegungen bleiben mit Ausnahme der Vorgabe für die Atemluftreserve von der Berechnung unberührt.

Insbesondere in unterirdischen Verkehrsanlagen (Tunnelbauwerke o.Ä.) handelt es sich um spezielle Einsatzformen (keine oder nur geringe Ventilation, Hitzeanstieg versus Zeit ungleich höher als bei oberirdischen Baulichkeiten etc.), bei der in Verbindung mit den Grundsätzen der Atemschutzeinsatztaktik besondere Berücksichtigung dahingehend findet, dass für den Atemluftvorrat beim Rückmarsch mindestens die 2-fache Atemluftmenge des Anmarschweges einzuplanen ist. In diesem Zusammenhang wird bei den Feuerwehreinsatzkräften auch von der Atemschutztaktik für lange Wegstrecken gesprochen.

Es ergibt sich somit die Berechnungsmodalität, die beispielhaft im Diagramm 6 gezeigt wird.

Was bedeuten diese Vorgaben, sind es Einsatzgrenzen? Durch diese „statischen“ Vorgaben im Hinblick auf die einsatztaktischen Grundüberlegungen mit all den Einsatz- und Führungsmitteln, die der Feuerwehr zur Verfügung stehen, ist die Fremdrettung auf ein Maß zurechtgeschnitten. Die Hilfsfrist (hier entscheidend der Reanimationsfaktor bzw. aber auch die Erträglichkeitsgrenze) ist als Grenzwert einzusetzen.

Unendlich große Längen mögen wohl für die Selbstrettung (je nach Gebäude, Dimension der Abmessungen etc.) möglich sein, nicht jedoch für die Fremdrettung.

**Resümee**

Die Gleichung, dass die Selbstrettung UND die Fremdrettung als Maß der Risikominimierung und somit ein entscheidender Faktor auch für Planungen nicht nur sein können, sondern auch tatsächlich sind, wird durch die jeweiligen ingenieurmäßigen (aber auch normativen) Vorgaben begründet nachgewiesen.

Die Entscheidung hinsichtlich zusätzlicher Ventilatoren, damit das Erreichen einer rauchgasarmen Schicht in der Frühphase durch betriebstechnische

Brandschutzmaßnahmen nachgewiesen wird, kann wohl die Selbstrettung zu einem Maximum führen, die Fremdrettung jedoch zum Scheitern verurteilen.

Im Einsatzfall geht man von einem Worst-Case-Szenario aus, d.h. Ausfall der Ventilation, Sichtverhältnisse (visibility) gegen Null etc. Dies bedeutet, dass man nebst der Selbstrettung (deren Grenzen) auch die Einsatzgrenzen der Feuerwehr erkennen muss. Diese wiederum sind unterschiedlichst je nach Einsatzträger (eine Werkfeuerwehr = Betriebsfeuerwehr mit hauptberuflichen Kräften, eine Berufsfeuerwehr sowie freiwillige Feuerwehren haben unterschiedlichste Hilfsfristen und somit auch unterschiedlichste Voraussetzungen ihrer effizienten Einsatzfähigkeit).

Die Selbstrettungsform ist ein statischer Vorgang, wengleich hier auch Variablen in unterschiedlichster Form eingesetzt werden. Gemeinsam (Selbst- und Fremdrettung) weisen diese ein Kalkül auf, welches zum Schutz der NutzerInnen von Gebäuden bzw. Anlagen sein muss. Der Optimierungsprozess ist noch lange nicht abgeschlossen, die Technik bei den Einsatzkräften schreitet voran, die physikalischen Grundsätze bleiben jedoch die gleichen – daher kann es hier nicht einen Maximierungsweg, sondern einen Optimierungsprozess geben.

**Literatur- und Normenverzeichnis**

- [1] OIB-Leitfaden: Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte, Oktober 2011.
- [2] vfdb TB 04/01: Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, in: Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V., 2009.
- [3] ÖNORM F 1000: Feuerwehrtechnik und Brandschutzwesen – Allgemeine Begriffe, 1. Dezember 2007.
- [4] Arbeitsgemeinschaft der leitenden Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland – AGBF: Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft der Leiter für Berufsfeuerwehren für Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten, 16. September 1998.
- [5] Webner, D.: Verkehrsberuhigung, wo die Grenzen sind, in: Feuerwehrmagazin, Juni 1989.
- [6] Wibera AG: Grundsatzstudie, August 1978.
- [7] Schrams, T. et. al.: Ermitteln Sie vorgegebene Eingreifzeiten für Feuerwehr- und Rettungsdienste in Nordrhein-Westfalen, Abschnittsarbeit, Düsseldorf 1995.
- [8] Seidel, K. W. et.al.: Die Strukturen einer Feuerwehr und ihre Abhängigkeit vom Baurecht, Vortragsserie im Rahmen der Vfdb-Zeitschrift, März 1982.



**BFR BrOR Dipl.-Ing. Gerhard Greßlehner,**  
Mitglied des Präsidiums des Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes, Vertreter Österreichs im Weltverband CTIF, Gesamtleitung der FireX Greßlehner GmbH. ref4@bundesfeuerwehrverband.at

**DAS BESTE UNTER EINEM DACH.**

TICKETS UNTER: [www.bauen-wohnen.co.at](http://www.bauen-wohnen.co.at)

bauen+salzburg  
wohnen

DIE INT. MESSE FÜR  
BAUEN, WOHNEN & ENERGIESPAREN

06.-09.02.2014

Messezentrum Salzburg

Mit Sonderbereichen:

HOLZWELT  
WOHNART

Eine Veranstaltung der Reed Exhibitions® Messe Salzburg