

Fire Safety and Smoke Management

Ein neues REHVA Guidebook

Thomas Winkler
Technische Hochschule Mittelhessen,
Institut für Gebäudesystemtechnik und
erneuerbare Energie
22. Februar 2018

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“



„Das vorliegende Buch beschreibt die unterschiedlichen Prinzipien der Rauchfreihaltung und deren praktische Umsetzung durch natürliche und maschinelle Rauchabzugsanlagen, Rauchschutzdruckanlagen und geeignete Abschottungsmaßnahmen.

Durch Einbeziehung normativer Verweise gibt dieses Rauch-Management Guidebook dem Leser ein geeignetes Werkzeug, ein dem Schutzziel entsprechendes Rauchfreihaltungskonzept zu beurteilen, auszuwählen und umzusetzen.“

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

Inhalt



Federation of European Heating,
Ventilation and Air Conditioning Associations

Fire Safety in Buildings

Smoke Management Guidelines

REHVA Guidebook No nm (tbd)

Authors:

Othmar Brändli (Lead)	othmar.braendli@belimo.ch
Dipl. Ing. Rainer Will, MEng. (Co-Lead)	rainer.will@belimo.de
Prof. Dr. Thomas Winkler	thomas.winkler@me.thm.de
Dipl. Ing. Bernd Konrath	konrath@ifi-aachen.de
Prof. Dr. Jörg Reintsema	Joerg.Reintsema@fh-koeln.de
Dipl. Ing. (FH) Frank Lucka, MEng.	buero@pvtling.de
Paul White	pwhite@advancedsmoke.co.uk
Gregory Sypek	g.sypek@smay.ae
Dr. Dmitri Samoshin	inbox-d@mail.ru

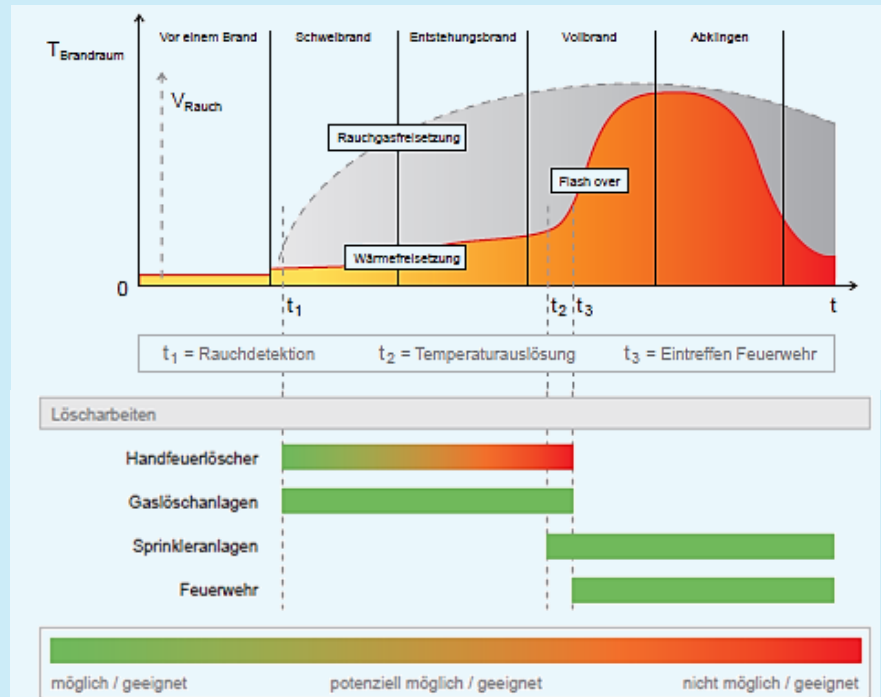
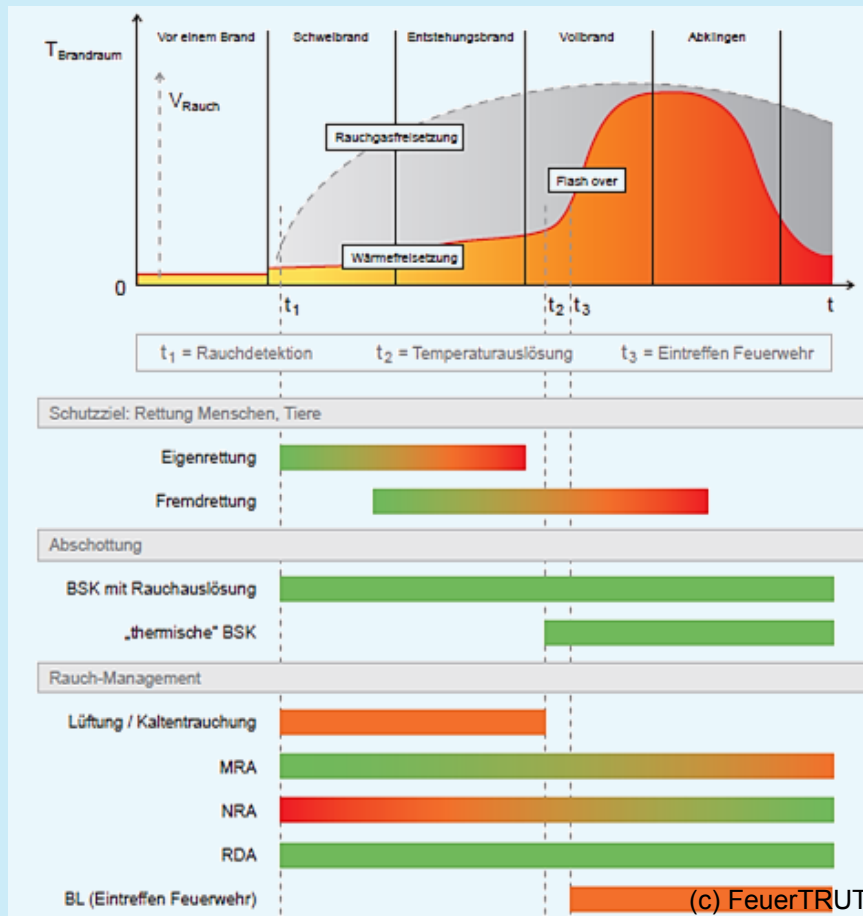
Questions can be directed to:
O. Brändli, Belimo Automation AG, Networking Europe
Brunnenbachstrasse 1
8340 Hinwil
Switzerland
othmar.braendli@belimo.ch

1. Einstieg ins Rauch-Management
2. Begriffe und Abkürzungen
3. Rauch-Management – Prinzipien
4. Anlagen für das Rauch-Management
5. Methoden zur Dimensionierung
6. Randbedingungen für das Rauch-Management
7. Lüftungsanlagen zur Unterstützung des Rauch-Managements
8. Bauprodukte für Systeme zur Rauchfreihaltung
9. Normierung von ausgewählten Bauprodukten
10. Brandmeldeanlagen
11. Ansteuerung von Komponenten zur Rauchfreihaltung
12. Abnahme und wiederkehrende Prüfungen

(c) FeuerTECH Netzwerke GmbH 2019

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

1. Einstieg ins Rauch-Management

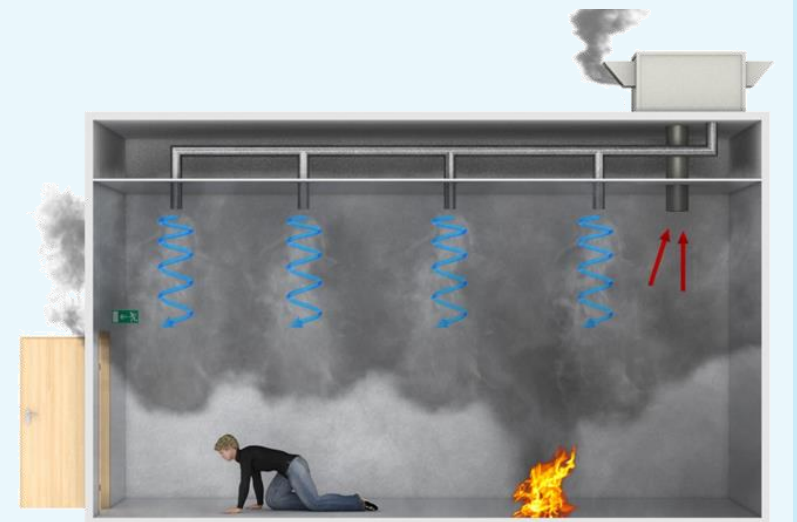
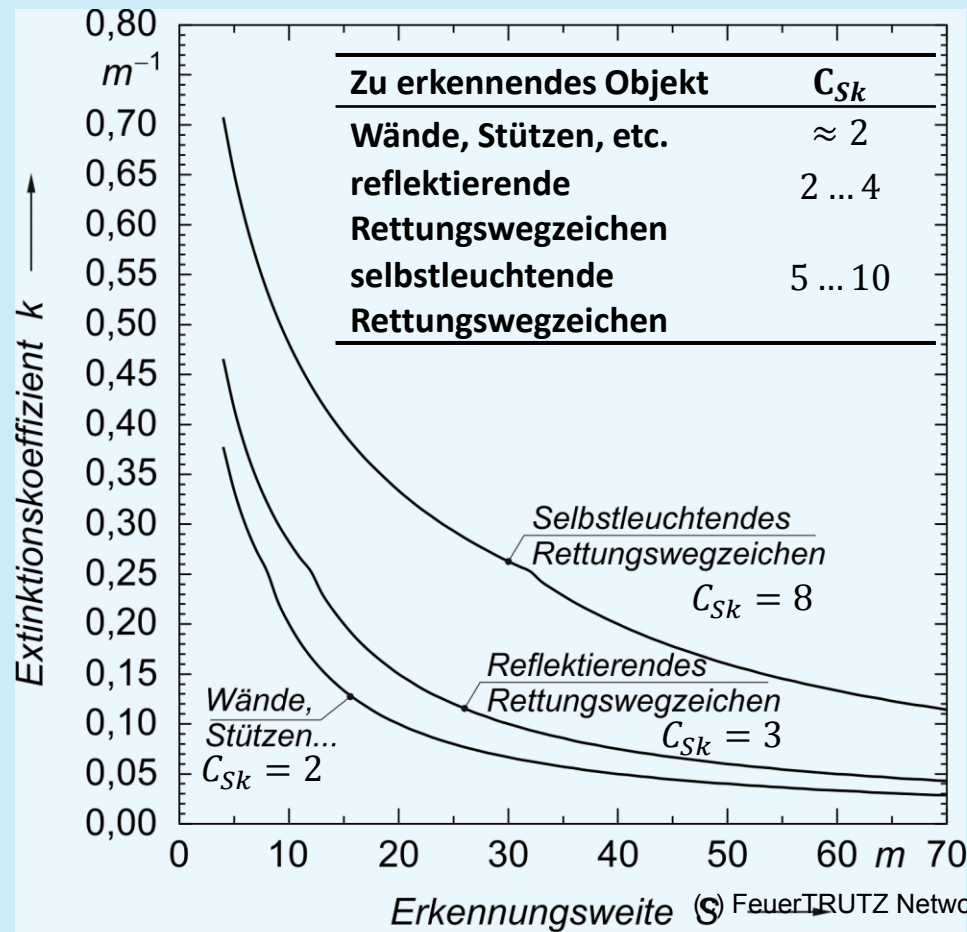


Übersicht zur Wirksamkeit von Systemen zum Rauch-Management, zur Brandbekämpfung und zur Abschottung.

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

3. Rauch-Management – Prinzipien (Verdünnung)



$$C_{Sk} = S \cdot k \quad \text{für } k \leq 0,25 m^{-1}$$

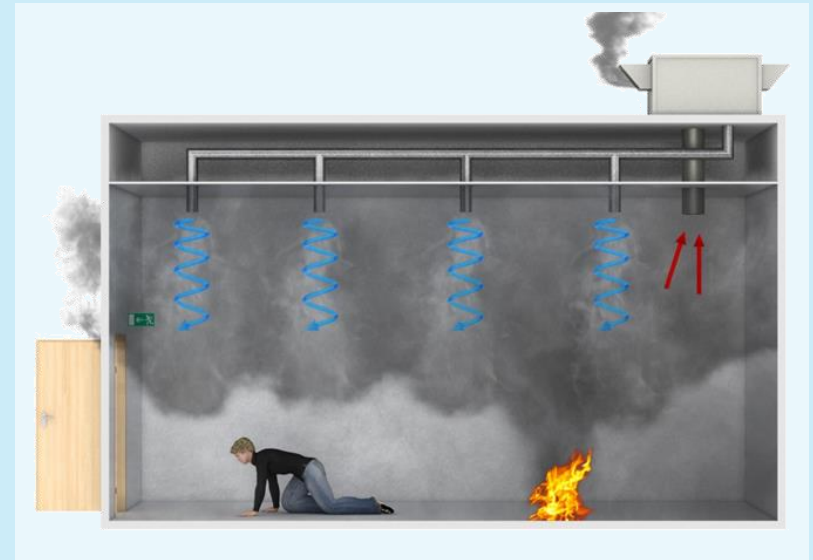
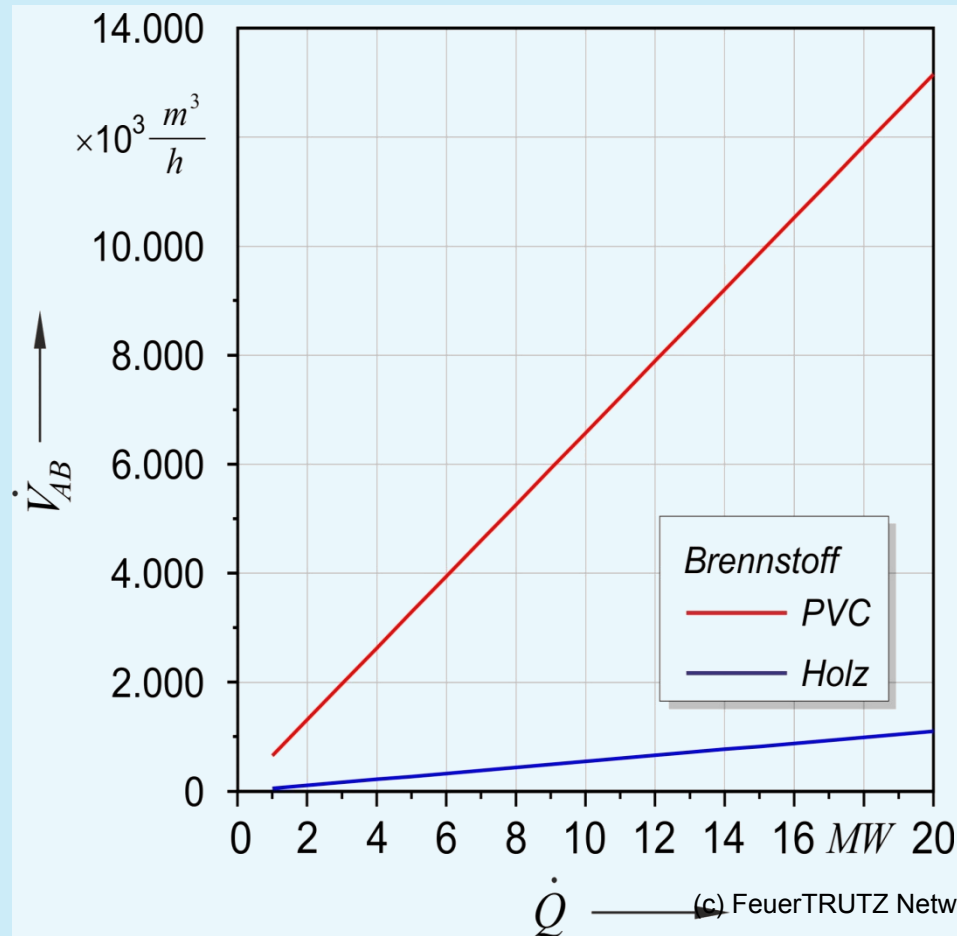
$$C_{Sk} = \frac{S \cdot k}{0,133 - 1,47 \log(k)} \quad \text{für } k > 0,25 m^{-1}$$

$$k = \sigma_S \cdot c_R, \quad c_R = \dot{m}_R / \dot{V}_{AB}, \quad \dot{m}_R = \dot{Q} \cdot \gamma_R$$

$$\dot{V}_{AB} = \sigma_S \cdot \frac{\dot{Q} \cdot \gamma_R}{k}$$

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

3. Rauch-Management – Prinzipien (Verdünnung)

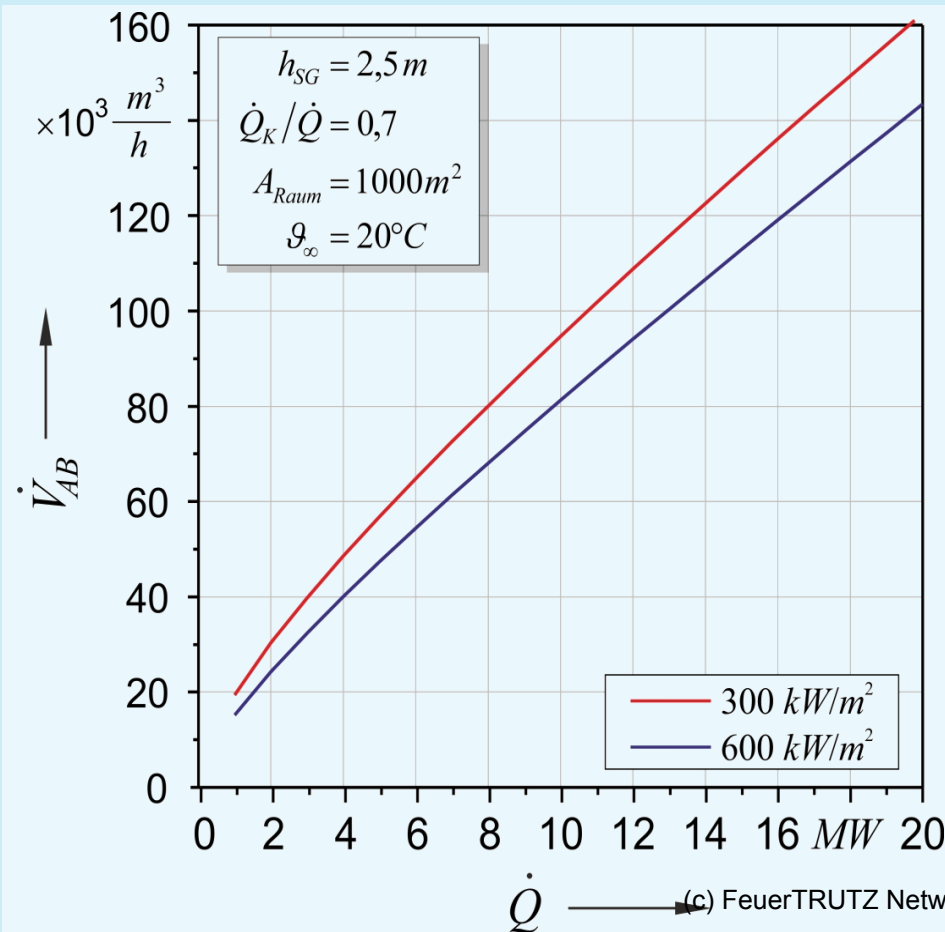


Entrauchung durch Verdünnung

Notwendige Entrauchungsvolumenströme bei der Verdünnung von Rauch zur Erkennung eines zehn Meter entfernten, hinterleuchteten Rettungswegzeichens.

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

3. Rauch-Management – Prinzipien (Schichtung)

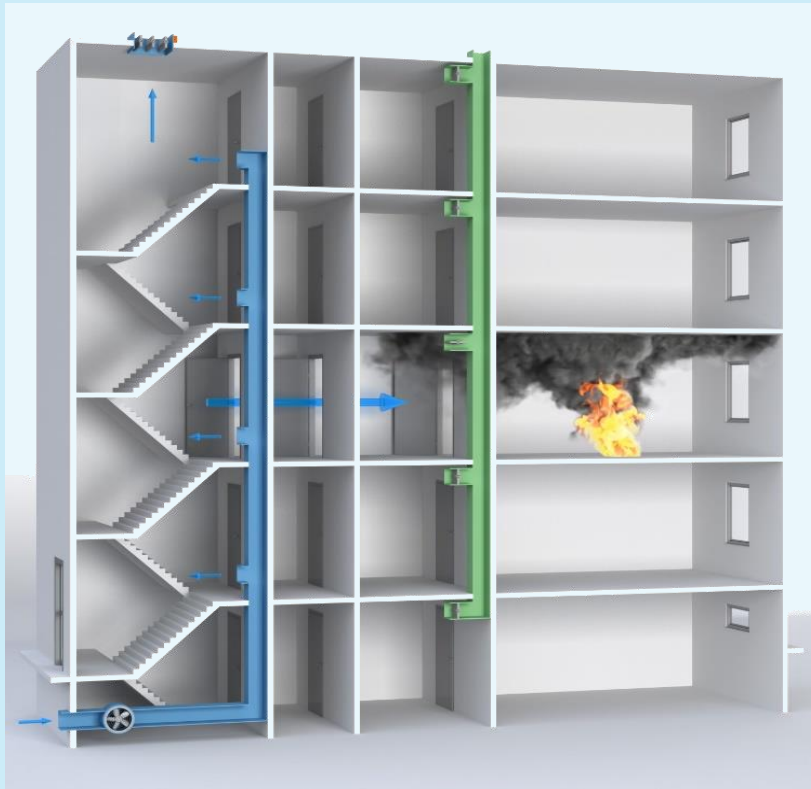


Entrauchung durch Schichtung

Notwendige Entrauchungsvolumenströme bei der Entrauchung nach dem Prinzip der Schichtung zur Aufrechterhaltung einer 2,5 m hohen raucharmen Schicht.

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

3. Rauch-Management – Prinzipien (Abschnittsbildung)



Druckhaltung
Rauchschutz-Druckanlage

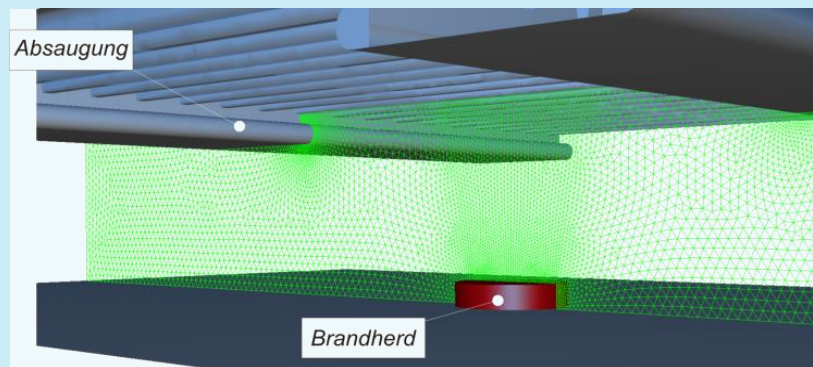
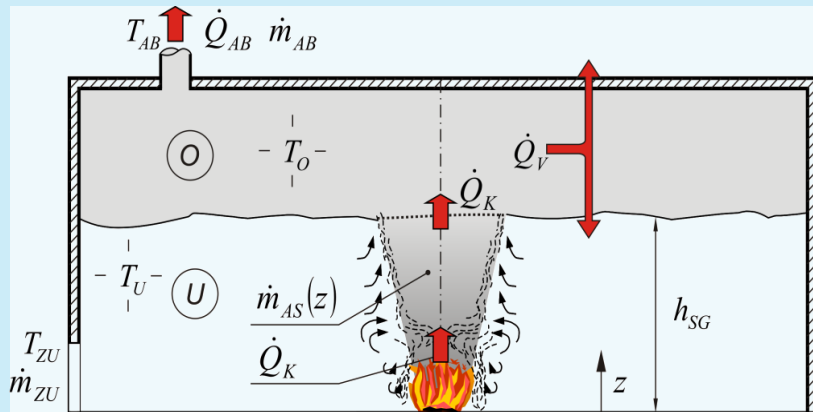


Rauchabschnittsbildung durch lufttechnische
Maßnahmen

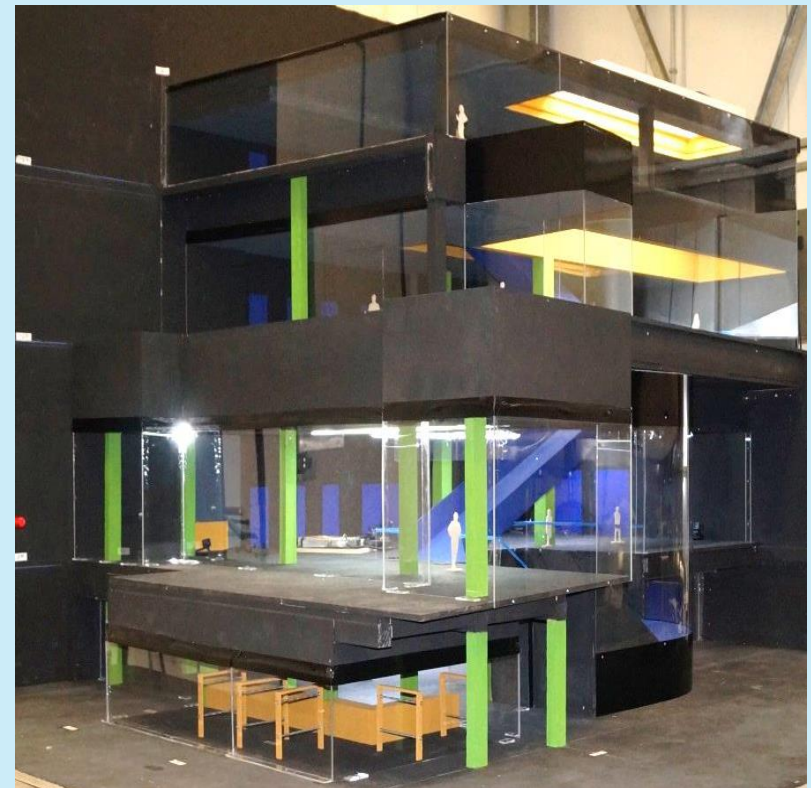
(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

5. Methoden zur Dimensionierung



Zonenmodell
CFD-Modell



Skaliertes Gebäudemodell

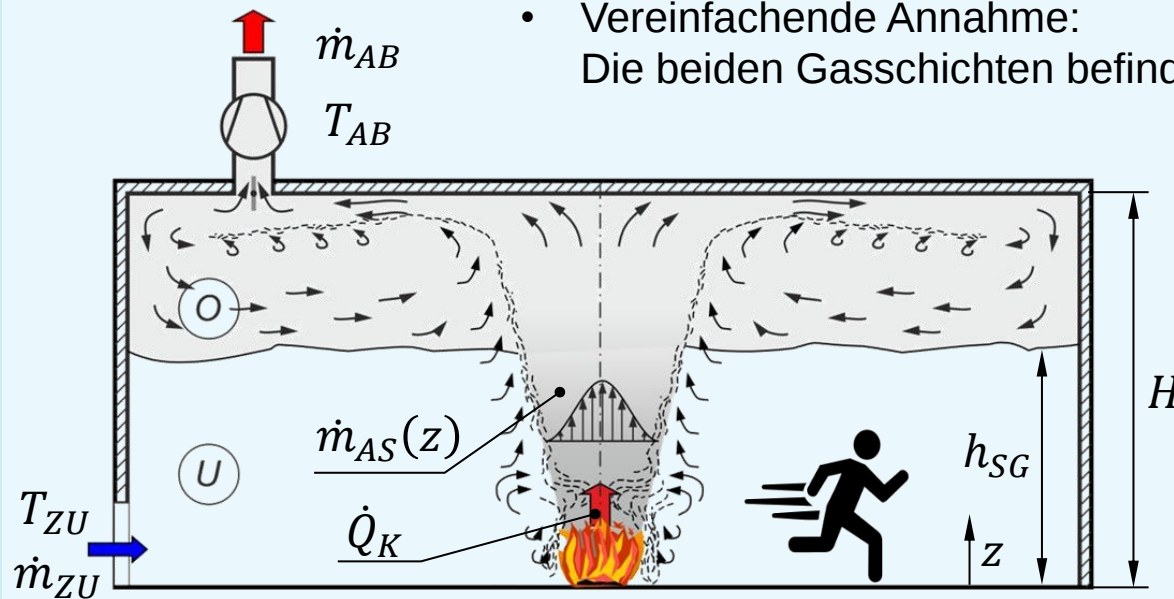
(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

5. Methoden zur Dimensionierung

- Ableitung eines einfachen Handkalkulationsverfahrens zur Bestimmung der erforderlichen Zuluft- und Abströmflächen (NRA) bzw. des Entrauchungsvolumenstroms (MRA) zur Rauchschtung in der Höhe h_{SG} .
- Basis: Massen-, Impuls- und Energiebilanz.

- Vereinfachende Annahme:
Die beiden Gasschichten befinden sich in Ruhe.



(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

5. Methoden zur Dimensionierung

- Massenbilanz für die Rauchschiicht:

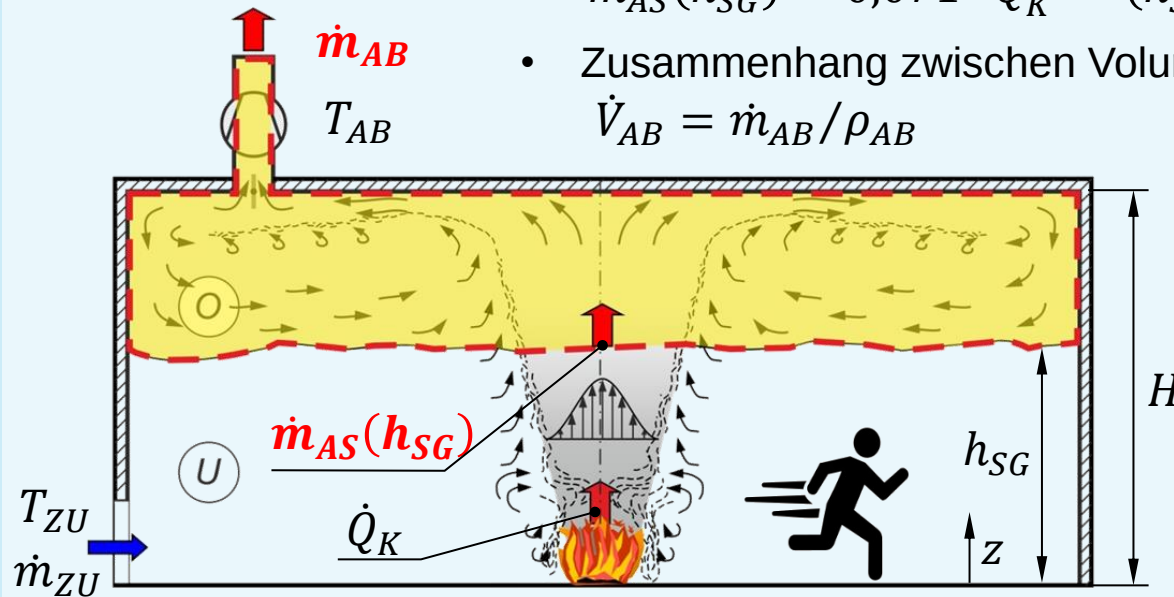
$$\dot{m}_{AB} = \dot{m}_{AS}(h_{SG})$$

- Massenstrom im Auftriebsstrahl aus „Plumegleichung“, z.B.:

$$\dot{m}_{AS}(h_{SG}) = 0,071 \cdot \dot{Q}_K^{1/3} \cdot (h_{SG} - z_0)^{5/3}$$

- Zusammenhang zwischen Volumen- und Massenstrom:

$$\dot{V}_{AB} = \dot{m}_{AB} / \rho_{AB}$$



(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

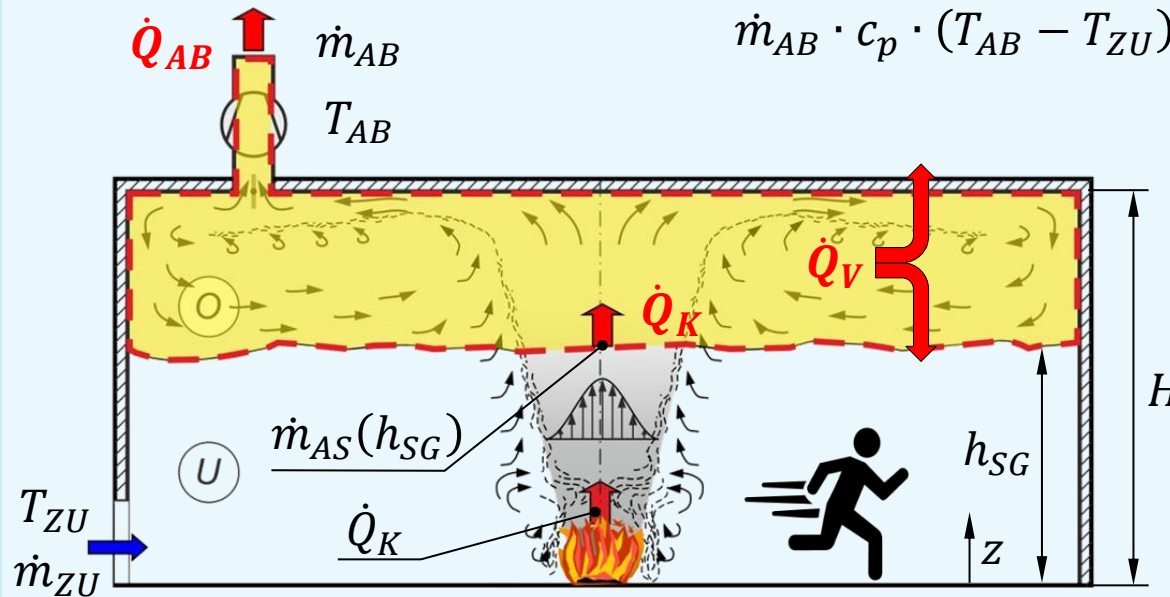
5. Methoden zur Dimensionierung

- Ermittlung der Dichte aus Energiebilanz für die Rauchschiicht:

$$\dot{Q}_{AB} = \dot{m}_{AB} \cdot c_p \cdot (T_{AB} - T_{ZU}) = \dot{Q}_K - \dot{Q}_V$$

$$\dot{Q}_V = \delta \cdot \dot{Q}_K$$

$$\dot{m}_{AB} \cdot c_p \cdot (T_{AB} - T_{ZU}) = (1 - \delta) \cdot \dot{Q}_K$$



(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

6. Randbedingungen für das Rauch-Management

- Nachströmluft (Schichtung)
 - Strömungsgeschwindigkeit sollte 1 m/s nicht überschreiten,
 - bodennah,
 - bei mehreren verbundenen Rauchabschnitten
 - ➔ Nachströmung über benachbarten Rauchabschnitt führen,
 - Nachströmöffnungen nach Möglichkeit verteilt anordnen,
 - aufwärts gerichtete Nachströmung vermeiden.
- Hinweise zu Wind- und Außentemperatureinflüssen
- Schnittstellen zu anderen Gewerken (z.B. Sprinkler)



A) Große Einströmfläche



B) Kleine Einströmfläche

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

7. RLT-Anlage zur Unterstützung des Rauch-Managements

- „Kaltentrauchung“ mit der RLT-Anlage
 - Allgemeine Annahme zur Definition des Begriffs „Kaltrauch“:
 - ➔ Rauch mit einer Temperatur $< 72^{\circ}\text{C}$ (Brandschutzklappen)
 - Prinzipielle Bedingung für die Verwendung der RLT-Anlage zur Entrauchung:
 - ➔ Vorhandensein einer Sprinkleranlage
 - Nutzen:
 - ➔ Verzögerung der Rauchausbreitung
zusätzliche Zeit für die Selbstrettung von Personen
 - ➔ nur bedingte Eignung für die Unterstützung der Brandbekämpfung,
in der Regel vollständige Verrauchung bei Eintreffen der Feuerwehr
 - Wirksamkeit:
 - ➔ wird in Frage gestellt

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

7. RLT-Anlage zur Unterstützung des Rauch-Managements

■ „Kaltentrauchung“ mit der RLT-Anlage - Beispielrechnung

■ Versammlungsraum für 300 Personen

- Grundfläche: 380 m^2
- Raumhöhe: $4,5 \text{ m}$
- Zu- bzw. Abluftvolumenstrom: $10.500 \text{ m}^3/\text{h}$
(entspricht $35 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$)

■ Sprinkleranlage

- Sprinklerraster: $4,6 \text{ m}$
- Trägheitsindex (RTI): $50\sqrt{\text{m} \cdot \text{s}}$
- Nennauslösetemperatur: $68 \text{ }^\circ\text{C}$

■ Brandherd

- Brandentwicklung nach α - t^2 -Modell
- schnelle Brandausbreitung, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

7. RLT-Anlage zur Unterstützung des Rauch-Managements

Sprinklerauslösezeitpunkt: Modell nach SFPE Handbook 3rd Ed., Section 4, Chapter 1 (S. 4-1 ff)

Die hier berechneten Werte gelten für t^2 -Brände bis zum Erreichen der maximalen Wärmefreisetzungsrate!

Randbedingungen:

Bezeichnung

Formelzeit Wert

Sprinklerdaten

RTI	RTI	50 (m s) ^{0,5}
Nennauslösetemperatur	theta_N	68 °C
Sprinkleraster (Abstand zwischen zwei Sprinklern)	delta_S	4,60 m

Raumdaten

Raumhöhe	H	4,50 m
Raumtemperatur vor Brandausbruch	theta_infty	20 °C

Brandherd

max. Brandlast	Q_max	5,00 MW
Brandintensitätskoeffizient	alpha	0,047 kW/s ²
Konvektionsanteil	Xi	80%

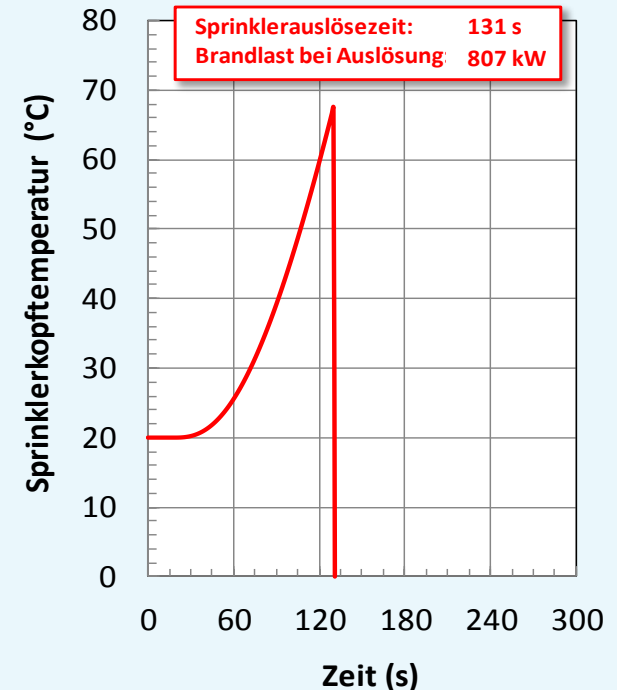
Hilfsgrößen (werden berechnet - keine Eingabefelder!)

max. Abstand plume-Achse - Sprinklerkopf	r_S	3,25 m
dimensionslose Vorlaufzeit	t'2f	1,401
Stoffwertkonstante [g/(c_p * T_∞ * ρ_∞)]	A	0,028 m ⁴ /(kW s ³)
Produkt aus "alpha" und "Xi"	alpha_c	0,038 kW/s ²
Bezugs-Strömungsgeschwindigkeit	U_B	0,34 m/s
Bezugs-Temperaturdifferenz	deltaT_B	0,775 K
Bezugsgröße D	D	0,278
Geschwindigkeits-Temperaturdifferenz-Verhältnis	u_deltaT	0,724
Brandlast zum Auslösezeitpunkt:	Q_Auslöse	807 kW

Sprinklerauslösezeit:

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

131 s



REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

7. RLT-Anlage zur Unterstützung des Rauch-Managements

Versammlungsraum

Entrauchung

Randbedingungen:

Bezeichnung

Formelzeichen

Wert

Raumdaten und -infrastruktur:

Länge	L_H	30,00 m
Breite	B_H	12,70 m
Höhe	H_H	4,50 m
(Zuluft-) Temperatur	theta_ZU	20,00 °C
Zuluftfläche (geometrisch)	A_ZU	3,00 m²
Sprinklerauslösezeitpunkt	t_S	131,00 s
Sprinklerung wirkt abmindernd	☒ ja ☐ nein	
Startzeit der MRA	t_MRA	0,00 s
Entrauchungsvolumenstrom	Vdot_AB	10500 m³/h
Anzahl der Absaugstellen	n_Absaug	2 Stück
Höhe der Absaugstellen über OKFFB	h_Absaug	4,50 m

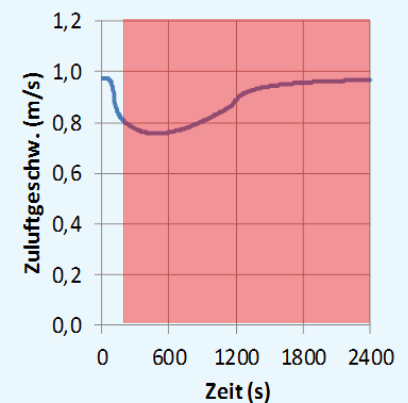
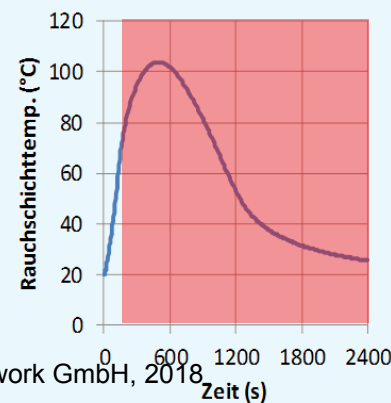
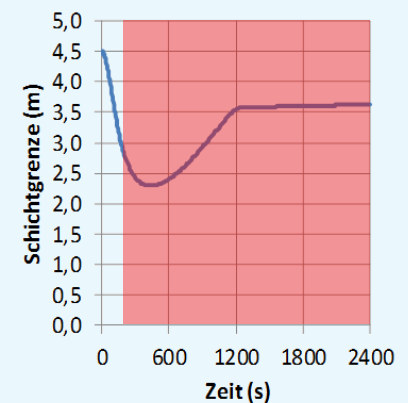
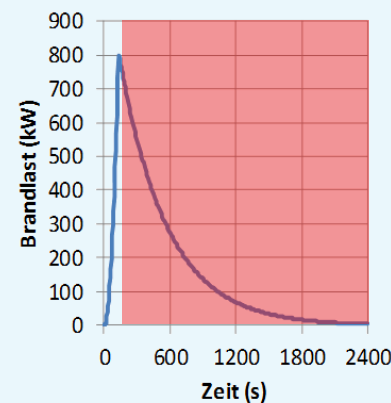
Brandherd

max. Brandlast	Q_Bmax	5,00 MW
Brandfläche bei max. Brandlast	A_Bmax	16,67 m²
Brandintensitätskoeffizient	alpha	0,047 kW/s²
Konvektionsanteil	X	80%

Sonstiges

Wärmeverlustkoeffizient der RS	delta	22%
--------------------------------	-------	-----

Rauchtemperatur 72°C nach 160 s



(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

7. RLT-Anlage zur Unterstützung des Rauch-Managements

- Unterstützung der Nachströmung mit geeignetem Luftführungssystem



(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

8. Bauprodukte für Systeme zur Rauchfreihaltung

- Entrauchungskappen
- Brandschutzklappen
- Entrauchungsleitungen
- Feuerwiderstandsfähige Leitungen
- Entrauchungsventilatoren

Informationen zu den einzelnen Bauprodukten:

- typische Einsatzbereiche
- Angaben zu Produkt-, Prüf- und Klassifizierungsnormen



(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

12. Abnahme und wiederkehrende Prüfungen

- Einzelprüfungen
 - Prüfung bereitgestellter Unterlagen
Genehmigungsdokumente, Pläne, Schemen, Funktionsbeschreibungen...
 - Prüfung MRA
Anforderungen an Bauteile, Umsetzung der Verwendbarkeitsnachweise, Funktionsprüfung/Leistung des Entrauchungsventilators, Zuluftführung/-geschwindigkeit...
 - Prüfung NRA
Größe der Abströmöffnungen, Zuluftführung/-geschwindigkeit...
 - Prüfung RDA
Druckdifferenzen zwischen geschütztem und ungeschütztem Bereich, Türbetätigungskräfte, Volumenstrom/Strömungsgeschwindigkeit im Türquerschnitt, zeitabhängige Leistungsdaten (Zeit für $\dot{V}$ - bzw. Δp -Aufbau)...
- Vollprobetest / Wirkprinzipprüfung / integraler Test
- Brandrauchversuche

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

REHVA Guidebook „Fire Safety in Buildings“

Zusammenfassung

- Das Guidebook liefert viele Informationen zu verschiedenen Aspekten der Entrauchung und Rauchfreihaltung.
- Insbesondere werden Dimensionierungsverfahren diskutiert (MRA, NRA, RDA).
- Typische Bauprodukte für Entrauchungs- und Rauchfreihaltungsanlagen werden vorgestellt.
- Es werden umfangreiche Hinweise zum Prüfumfang im Rahmen der Abnahme von Anlagen gegeben.

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Thomas Winkler

Technische Hochschule Mittelhessen
Institut für Gebäudesystemtechnik und
erneuerbare Energie

E-Mail: thomas.winkler@me.thm.de

(c) FeuerTRUTZ Network GmbH, 2018