

## Die Richtlinie VSWKI BT 101-04 «RWA Teil 4: Ingenieurverfahren zur Bemessung von Entrauchungsanlagen - Grundlagen»

Kurzseminare SWKI  
Bern, 31.01.2012  
Zürich, 08.02.2012  
Dr. Alois Schälin, AFC Air Flow Consulting






### Übersicht VSWKI BT101-04: Inhalt

- Kap. 0 Geltungsbereich
- Kap. 1 Verständigung
- Kap. 2 Einsatz von Nachweisverfahren
- Kap. 3 Ziele der Entrauchung
- Kap. 4 Brandszenarien
- Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung
- Kap. 6 Experimentelle Prüfmethoden am realisierten Objekt
- Anh. A Details zu Standard-Brandszenarien
- Anh. B Sprinklerauslösetabelle
- Anh. C Details zu CFD-Verfahren
- Anh. D Checkliste für Simulationsmodelle
- Anh. E Checkliste für Entrauchungsnachweise
- Anh. F Publikationen

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 2



### Kap. 2 Einsatz von Nachweisverfahren Praktisches Vorgehen Entrauchungs-Simulation


- Objektspez. Massnahme im Rahmen des Brandschutzkonzepts
- Entwicklung Entrauchungskonzept («RWA-Konzept»)
- Diskussion Konzept mit Behörde
- Festlegung der Schutzziele →
- Nachweis/Dokumentation
- Prüfung durch Behörde

Dokumentation enthält:

- Schutzziele
- Geometrische Dimensionen
- Brandorte, Brandszenarien \*
- Resultate in nachvollziehbarer Form
- Definitive Lösung
- Anweisungen wie zu realisieren

\* inkl. Verlauf Brandleistung, Verlauf der örtlichen Ausdehnung, Rauchproduktion, Ausgangszustand, Klimabedingungen usw.

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 3



### Kap. 2 Einsatz von Nachweisverfahren Umsetzung Entrauchungskonzept

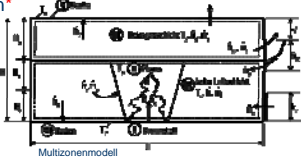
- Anweisungen für die Ausführung
- Wo welche Massnahmen
- Brandfall-Steuerungsmatrix
- Wie ausführen (Materialisierung) → SWKI BT101-02
- Überprüfung Funktion
- Integrale Tests
- Überprüfung Physik: Rauchversuch → VSWKI BT101-04 Kap. 6
- Dokumentation
- Unterhalt/ regelmässige Tests

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 4

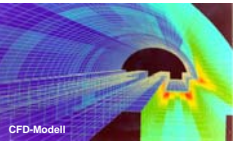


### Kap. 2 Einsatz von Nachweisverfahren Übersicht Nachweisverfahren

- Normen und Richtlinien mit einfachen Regeln oder Tabellen
- Analytische Rechenverfahren\*
- Zonenmodelle\*
- CFD-Verfahren\*
- Physikalische Modelle\*




Multizonenmodell



CFD-Modell

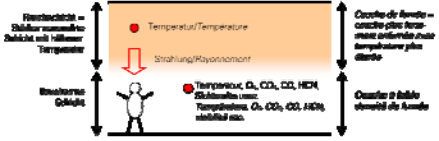
\* «Ingenieurverfahren»

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 5



### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Schutzziele

- Quantitative Schutzziele:
  - Notwendige Verdünnung → Sichtweite, Begrenzung schädlicher Brandgasbestandteile
  - Mindesthöhe der raucharmen Schicht
  - Erträglichkeitsgrenzen für Wärme
  - Temperatur in der Brandgasschicht über dem Flucht- und Rettungsweg
  - USW.



SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 6

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Schutzziele

Quantifizierung von Schutzzielen

- Oft zitierte Grenzwerte
- Grenzwerte mit Sicherheitsfaktor

Parameter	Grenzwert *	Grenzwert mit Sicherheitsfaktor *
Lufttemperatur **	< 65 °C	< 50°C
CO Konzentration **	< 1400 ppm	< 700 ppm
CO <sub>2</sub> -Konzentration **	< 6 Vol.-%	< 5 Vol.-%
Sauerstoff **	> 12 Vol.-%	> 14 Vol.-%
Höhe der raucharmen Schicht	> 1.80 m	> 2.20 m
Sichtweite	> 10 m	> 20 m

**SWKI: Rauch meist 2.50 m**

**SWKI: Rauch meist 2.50 m > 20 m**

Tabelle 1: Beispiele für rechnerische Grenzwerte für Überlebensbedingungen [Purser in SFPE-Handbuch].  
Tabelle aus VdS 2827. \* willkürliche Werte. \*\* Es wird angenommen, dass bei Einhaltung dieser Grenzwerte «normale» Personen die Brandwirkungen über einen Zeitraum von 30 Minuten schadlos überstehen. Die Verwendung derartiger Grenzwerte ist in jedem Einzelfall gesondert zu prüfen und zu vereinbaren.

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 7

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Grenz- und Zielwerte

- Auswertung Literatur:
  - VdS 2827
  - vfdB TB 04/01:2006
  - vfdB TB 04-01:2009
  - VDI 6019 Bl. 1 und 2
  - DIN 18232
  - CEN/TR 12101-5
  - TU München
- Fokus auf Höhe der raucharmen Schicht und Sichtweite

Spalte	1	2	3
Parameter	Grenzwert 1 (grünere Gefährdung)	Grenzwert 2 (grünere Gefährdung)	Zielwerte (SWKI)
Höhe der raucharmen Schicht	> 1.5 m (VdS) > 0.9 · H (CEN)	> 1.8 m (VdS) > 2.5 m (VdS, DIN, CEN, TU München)	> 2.0 m bis 2.5 m **
Lufttemperatur in der raucharmen Schicht	< 65 °C (VdS) < 60 °C (VdS/B09) < 50 °C (VdS/B09)	< 60 °C (VdS) < 50 °C (VdS/B09) < 40 °C (VdS/B09)	< 50 °C
Temperatur in der Rauchgas-Schicht (Rauchgas-Schicht)	300 °C (DIN)	300 °C (TU München) 180 °C (VdS) **	< 200 °C
Wärmeentladung auf Personen	< 2.5 kW/m <sup>2</sup> (VdS/B09, TU München)	< 1.7 kW/m <sup>2</sup> (VdS/B09)	< 2.0 kW/m <sup>2</sup>
Extinktionskoeffizient	> 0.22 m <sup>-1</sup> (VdS/B09) > 0.15 m <sup>-1</sup> (TU München)	> 0.48 m <sup>-1</sup> (VdS/B09) > 0.15 m <sup>-1</sup> (TU München)	> 0.30 m <sup>-1</sup>
Sichtweite in der raucharmen Schicht (Einkennweite)	> 10 m (VdS) 10 bis 20 m (VdS/B09)	> 20 m (VdS) 10 bis 20 m (VdS/B09)	> 10 m **** bzw. > 20 m ****
CO-Konzentration in der raucharmen Schicht	< 1.400 ppm (VdS) < 900 ppm (VdS/B09)	< 100 ppm (VdS) < 100 ppm (VdS/B09)	< 300 ppm *****
CO <sub>2</sub> -Konzentration in der raucharmen Schicht	< 6 Vol.-% (VdS) < 3 Vol.-% (VdS/B09)	< 5 Vol.-% (VdS) < 3 Vol.-% (VdS/B09)	< 1 Vol.-%
HCH-Konzentration in der raucharmen Schicht	< 85 ppm (VdS/B09) < 40 ppm (VdS/B09)	< 30 ppm (VdS/B09) < 8 ppm (VdS/B09)	< 30 ppm
Sauerstoff in der raucharmen Schicht	> 12 Vol.-% (VdS)	> 14 Vol.-% (VdS)	> 15 Vol.-%

Rechnerische Grenzwerte für Überlebensbedingungen

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 8

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Höhe der raucharmen Schicht

Schutzziele Höhe der raucharmen Schicht für verschiedene Raumhöhen

Illustrierte Beispiele für die Festlegung von raucharmen Schichthöhen

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 9

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Höhe der raucharmen Schicht

Schutzziele Höhe der raucharmen Schicht für verschiedene Raumhöhen

Illustrierte Beispiele für die Festlegung von raucharmen Schichthöhen

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 10

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Dauer der Gewährleistung

- Dauer der Gewährleistung der Schutzziele in Abhängigkeit von der Raumgröße

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 11

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Phasen eines Brandfalles

- Typische Brandphasen
- Abhängig von Brennmaterial, Umgebung, Sauerstoffzufuhr ...

**Wärmefreisetzung/ Rauchfreisetzung**

**Flash-over**

**Wärme**

**Für Selbstrettung entscheidend!**

**Zeit**

**Abklingen**

**Wichtigster Zeitraum für Flucht**

**Brandübergang in andere Räume**

**Fluchtzeit**

**Kennzeit**

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 12

### Kap. 3 Ziele der Entrauchung Brandszenario

**Dauer: In der Regel**

- Entrauchung 10 - 30 min je nach Schutzziel
- Tragfähigkeit 1 - 2 Stunden oder mehr je nach Frage

10-30 min

**Wärmefreisetzung**

$\dot{Q} = \sigma T^4$

$\dot{Q} = \dot{Q}_{max}$

**(Nicht ETK!)**

Zeit

Brandausbreitung, Volldetektor Brand, Abblühen

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 13

### Kap. 4 Brandszenarien Brandverlauf

**Gesamt-Szenario**

- Branddetektionszeit
- 2a Aktivierungszeitpunkt Entrauchung
- 2b Aktivierungszeitpunkt Sprinkler
- Zeitpunkt der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

Wärmefreisetzung

Entrauchung

Zeit

1, 2a, 2b, 3

Detektion Alarm, Autom. Entrauchung, Manuell Entrauchung, Eintreffen Angriff, Feuerwehr

Verrauchung weit weg, Verrauchung mittelweit, Verrauchung nahe

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 14

### Kap. 4 Brandszenarien Brandverlauf

**Idealisierter Brandverlauf**

**Wärmefreisetzung**

$\dot{Q} = \sigma T^4$

$\dot{Q} = \dot{Q}_{max}$

Zeit

Vergleichsbeispiel zur Berücksichtigung der Sprinklerstärke

Brandleistung [kW]

Zeit [min]

— Ohne Sprinkler, — Var. 1a, — Var. 1b, — Var. 2

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 15

### Kap. 4 Brandszenarien Einfluss Rauchproduktion

**1. Physikalisch:**

In Fällen mit Rauchsichtung spielt die Annahme nicht die grösste Rolle; Ausnahmen sind:

- Bei niederenergetischen Bränden (100 kW oder weniger, VDI 6019 Blatt 2)
- Fälle mit starken Verwirbelungen (Galerien, hohe Nachströmungsgeschwindigkeit, Drall-Lüftung im Deckenbereich, die weiterläuft, ...)
- Mischsituation, in denen die Entrauchung durch Verdünnung erzielt wird

**2. Modelltechnisch**

- Zonenmodelle: Einfluss wird nicht berücksichtigt
- CFD-Modelle, Labormodell: Einfluss kann berücksichtigt werden

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 16

### Kap. 4 Brandszenarien Stoffdaten

**Zusammenstellung aus SFPE Handbook**

	Freigesetzte Wärmeleistung $\Delta H$ in kJ/g				Produkte der Verbrennung in g/g		
	Theor. Max.	Total $\Delta H$	Konvektivanteil	Strahlungsanteil	CO <sub>2</sub>	CO	Russausbeute $y$
Methan	50,1	49,6	42,6	7,0	2,72	0,06	0,0
Propan	46	43,7	31,2	12,5	2,85	0,005	0,024
Holz, Fichte	17,9	12,4	8,7	3,7	1,33	0,005	0,005
Holz, Eiche	17,1	12,4	7,8	4,6	1,27	0,004	0,015
PMMA (Plexiglas)	25,2	24,2	16,6	7,6	2,12	0,01	0,02
Polyamid		28,8					0,01
PET		22					<0,05
Teflon		2,4					0,002
Wolle		19,5					0,008
Kerosen, Oktan	44	40	26	14	2,84	0,011	0,04

*Materialien mit eher leichter Verrauchung*

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 18

### Kap. 4 Brandszenarien Sichtbarkeit

- Bei einer konkreten Annahme für einen Brandherd ist es mit den heutigen Hilfsmitteln möglich, Sichtbarkeiten zu bestimmen.
- Die Sichtweiten wurden mit Testpersonen bestimmt. Die Sichtweite  $S$  in [m] ist grösser für selbstleuchtende Zeichen (wie die heutigen Notbeleuchtungen) als nur für lichtreflektierende Zeichen.
  - $S = 3/K$  selbstleuchtende Zeichen
  - $S = 8/K$  lichtreflektierende Zeichen
  - $S = 3/K = 3 / (7,6 [m^2/g] \cdot c) = 0,395 [g/m^2] / c [g/m^3]$

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 18

### Kap. 4 Brandszenarien Sichtbarkeit

Eine Russ-Konzentration von 0.04 g/m<sup>3</sup> führt zu Sichtweiten von

- 10 m für lichtreflektierende Zeichen und
- 20 m für selbstleuchtende Zeichen

Sichtweite für Rauchgase ohne und mit Reizstoffen

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 19

### Kap. 4 Brandszenarien Standard-Brandszenarien

Nr. No	Bezeichnung Designation	$\dot{Q}_{max}$	t	t	$\alpha$	$\dot{m}$	$Y_s$	s	$S_s$
	nach/ selon VSWKI BT101-01/ VSIIC BT101-01	kW kW	s	min mm	kW/s <sup>2</sup> kW/s <sup>2</sup>	g/s g/s	-	g/s	-
1	SDF 00.10-0300	100	300	5,0	linear lineaire	4	25 %	1,0	-
2	SDF 00.75-0600	750	600	10,0	0,0021	30	5 %	1,5	75 %
3	SDF 00.75-0150	750	150	2,5	0,0333	30	5 %	1,5	75 %
4	SDF 01.50-0300	1'500	300	5,0	0,0167	60	5 %	3,0	75 %
5	SDF 03.00-0600	3'000	600	10,0	0,0083	120	5 %	6,0	75 %
6	SDF 03.00-0300	3'000	300	5,0	0,0333	120	5 %	6,0	75 %
7	SDF 04.50-0600	4'500	600	10,0	0,0125	180	5 %	9,0	40 %
8	SDF 06.00-0600	6'000	600	10,0	0,0167	240	5 %	12,0	75 %
9	SDF 12.00-0900	12'000	900	15,0	0,0148	480	5 %	24,0	75 %
10	SDF 24.00-1200	24'000	1'200	20,0	0,0167	960	5 %	48,0	75 %

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 20

### Kap. 4 Brandszenarien Standard-Brandszenarien

Nr.	Nutzungen (nach VKF-BSR 22-03d bzw. 16-03d)	Standard-Brandszenarien									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Max. Gesamt-Wärmeleistungsdichte (MW) Brandentwicklungsdauer (min)	0,10 5	0,75 10	0,75 23	1,5 5	3,0 10	3,0 5	4,5 10	6,0 10	12,0 10	24,0 20
1	Industrie-, Gewerbe- und Lagerräume - sehr kleine q bis 250 MJ/m <sup>2</sup> - kleine q bis 500 MJ/m <sup>2</sup> - mittlere q bis 1'000 MJ/m <sup>2</sup> - grosse q bis 2'000 MJ/m <sup>2</sup> - sehr grosse q über 2'000 MJ/m <sup>2</sup>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
2	Parkhäuser und Einstellräume für Motorfahrzeuge - PKW - Minibus - Car, Anlieferung Lastwagen	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
3	Verkaufsräume - Regale mit Höhe bis 2,5 m - Regale mit Höhe über 2,5 m	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
4	Räume mit grosser Personenbelegung (> 100 Personen) - Messen mit Ausstellungsständen - mit Ständen bis 3 m Höhe - mit Ständen über 3 m Höhe - Restaurant	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
		-	-	X	-	-	-	-	-	X	-

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 21

### Kap. 4 Brandszenarien Szenarien in anderen Richtlinien

Werk	Inhalt	Szenarien Wärme	Spezifikation Rauchproduktion
VdS 2827	Brandleistungen, t2-Kurven	ca. 1 bis 6 MW, nicht konkretisiert	keine
DIN 18232-2 NRA	Einfache Tabelle für Einzelzelle	BMG-Gruppen, 1,5 bis 24 MW, nicht konkretisiert	keine
DIN 18232-5 MRA	Einfache Tabelle für Einzelzelle	BMG-Gruppen, 3 bis 48 MW, nicht konkretisiert	keine
VDI 6019 Blatt 1	Brandkurven, Auslösung Sprinkler/BMA, Versuche	nicht konkretisiert	keine
VDI 6019 Blatt 2	Ingenieurmethoden	nicht konkretisiert, ausser «niederenergetisch» 100 kW	keine, ausser «niederenergetisch» 100 kW
Vfdb TB04/01	Ingenieurmethoden	wie VdS 2827	keine

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 22

### Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung Ziele verschiedener RWA-Konzepte

Mögliche Konzepte (z.B. gelistet in den Merkblättern GVZ)

- Natürliche Entrauchung nach VKF (1 % Abströmöffnungen, 1 % Nachströmöffnungen)
- Entrauchung mit mobilen Ventilatoren der Feuerwehr und Entrauchungsöffnungen
- Maschinelle Entrauchung mit vorgegebenem Luftwechsel

Mit diesen Methoden können i.a. keine Schutzziele eingehalten werden! (in einzelnen, spezifischen Fällen möglich)

Demgegenüber:  
Entrauchung mit Schutzzielen und Nachweis (im Prinzip mit jeder beliebigen Methode, meist aber maschinelle Entrauchung)

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 23

### Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung Abhängigkeit der RWA-Leistung

Zur Erreichung von Schutzzielen sind für die Dimensionierung der Leistung folgende Parameter entscheidend

- Raumgrösse (je grösser, umso einfacher)
- Raumhöhe (je höher als die Schutzzielhöhe, umso einfacher)
- Brandszenario (je mehr Brandleistung oder Verrauchung, umso schwieriger)
- Spezielle Raumgeometrie wie schmale Passagen, Galerien, Unterzüge Rauchabschnittunterteilungen usw.
- Hohe Nachströmgeschwindigkeiten sind ungünstig

Am kritischsten sind kleine Räume mit Galerien und hoher Personenbelegung auf den Galerien.

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 24

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Abhängigkeit RWA-Leistung

Beispiel Abhängigkeit von Raumgröße  
(Basis der VKF-Regel für nat. Lüftung, oder der vorgegebene konstante Luftwechsel)

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 26

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Nachweisverfahren Brand/Entrauchung

- Normen mit einfachen Regeln oder Tabellen (z.B. VKF, DIN 18232-2)
- Handrechenverfahren (z.B. jenes, das der DIN 18232-2 zugrunde liegt)
- Vollbrandmodelle
- Zonenmodelle (z.B. CFAST, MRFC)
- CFD-Modelle (z.B. CFX-5, Fluent)
- Physikalische Modelle (z.B. 1:10-Modell)
- Brandversuche/Rauchversuche am realen Objekt

CH

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 26

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Analytische Formeln

- «Handrechnungen»
- Für verschiedene Strömungselemente, primär Auftriebsplume

Massenstrom  $[kg/s] \dot{m}_e = 0,071 \cdot Q_p^{1/3} \cdot (z - z_0)^{5/3}$

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 27

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Zonenmodelle

Basieren auf analytischen Modellen für verschiedene Effekte: Auftriebs Plume, Ceiling-Jet, Large Opening, ...

**Geometriemodellierung**

- Umfasst typisch wenige Zonen (1 bis 10) mit Subzonen
- Jede Zone hat 2 Subzonen: einen unteren kühlen, «raucharmen» und einen oberen heißen, «verrauchten» Bereich
- Der Brandraum weist eine dritte Kernzone mit Wärmefreisetzung auf

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 28

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Zonenmodelle

**Physikalische Gesetze berücksichtigen:**

- Bilanzgleichungen für Energie, Luft und Zusatzstoffe (toxische Gase)
- Ideales Gasgesetz ( $p \cdot V = RT$ )
- Wärmeflüsse in Wände, Decken und Böden
- Strahlung zwischen Oberflächen
- Jede Zone hat 2 Subzonen: einen unteren kühlen, «raucharmen» und einen oberen heißen, «verrauchten» Bereich
- Der Brandraum weist eine dritte Kernzone mit Wärmefreisetzung auf
- Bilanzgleichungen für Energie, Luft und Zusatz-Stoffe (toxische Gase)
- Wärmeflüsse in Wände, Decke und Böden

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 29

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Zonenmodelle

**Geometriemodellierung**

- Umfasst typisch wenige Zonen (1 bis 10) mit Subzonen

**Vorteile**

- Einfacher Modellaufbau (einige Stunden)
- Schnelle Berechnung (einige Minuten)
- Einfachere Bedienung (Modellannahmen haben mindestens genauso viel Fehlerpotential wie CFD !!)

**Beispiele**

- CFAST (von NIST)
- MRFC (von VIB, Dr. Max, Prof. U. Schneider, Dr. Lebeda)
- viele andere...

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 30

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Zonenmodelle

**Resultate**

- Zeitverläufe (meist 30 oder 60 Minuten) verschiedener Größen
- In jeder Subzone eine einzige mittlere Größe wie Temperatur, Schichthöhe oder Konzentration

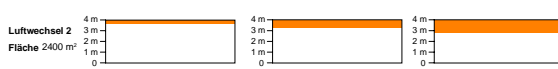
**Anwendung**

- einfache Geometrien: Hohe Räume besser als niedrige, grosse (H/L < 10 zweifelhaft !!)
- einfache Randbedingungen
- Mit Wärmeverhalten in Struktur
- Gut für lange Berechnungszeiträume

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 31

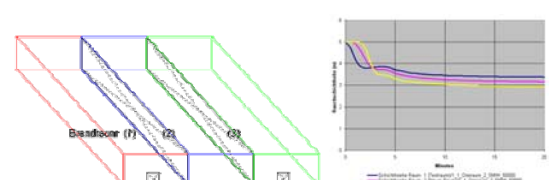
Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Zonenmodelle

- Einzonenmodell (1 Raum = 1 Zone)



Luftwechsel 2  
Fläche 2400 m<sup>2</sup>

- Variante Einzonenmodell (1 Raum = 3 Zonen)



SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 32

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Grenzen von Zonenmodellen

Diverse wichtige physikalische Effekte **NICHT** berücksichtigt

- Impulseffekte, z.B. hohe Nachströmgeschwindigkeiten (VKF-Maximum 5 m/s), Einströmung aus Dachbereich
- Verwirbelung an Unterzügen, Schürzen
- ...

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 33

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Grenzen von Zonenmodellen

Daher nicht geeignet und nicht empfohlen für Probleme, bei denen die Strömungsdetails eine wichtige Rolle spielen


- Mehrgeschossige Räume mit Galerien
- Brände unter Galerien, Rolltreppen oder Passerellen
- Räume mit Querlüftung oder Jetventilatoren
- Besonders niedrige Räume (Parkings) oder Tunnels
- Komplexe Geometrien
- ...

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 34

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Numerische Strömungsberechnung (CFD)

CFD = «Computational Fluid Dynamics»

- Geometriemodell mit Details
- Rechengitter generieren (z.B. 500'000 bis 5'000'000 Zellen)
- Relevante Transportgleichungen
- Anfangs- und Randbedingungen
- Gleichungen in iterativem Verfahren bis zur Konvergenz lösen
- Resultate prüfen/auswerten
- Umsetzen für End-User, Empfehlungen



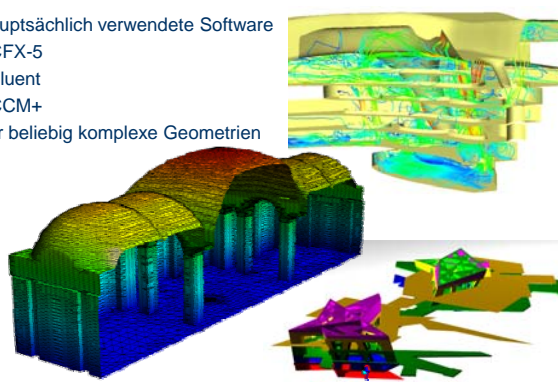
SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 35

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
CFD Programm Beispiele

Hauptsächlich verwendete Software

- CFX-5
- Fluent
- CCM+

Für beliebig komplexe Geometrien



SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 36

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Strömungsberechnung (CFD)

**Vorteile gegenüber Zonenmodellen:**

- Komplexe Geometrien mit komplexen Strömungen
- Einflüsse verschiedener Strömungsphänomene berücksichtigt (z.B. Interaktion mit Nachströmung, Jetventilator)
- Quantitative Aussagen zur Verrauchung für verschiedene Rauchproduktionen bei Durchmischung

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 37

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
Strömungsberechnung (CFD)

**Zeigt unerwartete Probleme**

- schlecht belüftete Zonen
- verrauchte Fluchtwege
- usw.

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 38

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
RWA Konzept

Grundriss VE2 =EG=Ebene 4 RWA-Konzept muss noch mit Simulationen überprüft werden

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 39

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
RWA Konzept

Schematischer Schnitt C-C Darstellungen RWA-Konzept

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 40

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
RWA-Optimierung im Verkauf

Mehrgeschossiger Verkauf mit mehreren Läden

ABBILDUNG 18: Brandschichtkurve für den Brand im Verkaufsbereich

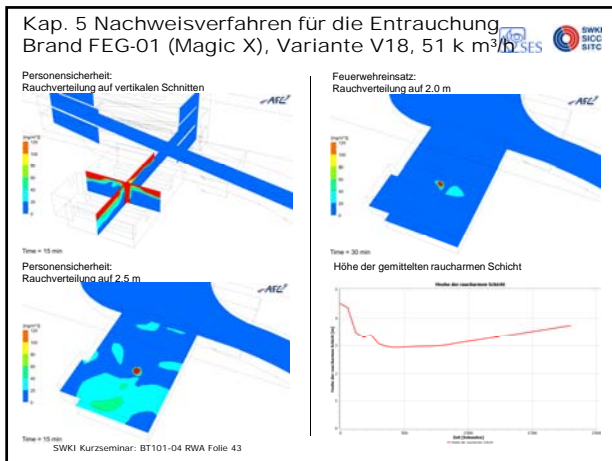
SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 41

Kap. 5 Nachweisverfahren für die Entrauchung  
RWA-Optimierung im Verkauf

Mehrgeschossiger Verkauf mit mehreren Läden, Beispiel

Russkonzentration auf vertikalen Schnitten

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 42



### Kap. 6 Experimentelle Prüfmethode Warmrauchversuch

**Funktionstest/Entrauchungstest Warmrauch**

- Auslösung der Entrauchung
- Korrekte Öffnung der Nachströmung
- Strömungsverhältnisse im Raum, Nachströmung, Entrauchung, Rauchschichtung
- Entrauchungs-Volumenstrom
  - im mechanischen Fall ja
  - im natürlichen Fall nein

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 44

### Kap. 6 Experimentelle Prüfmethode Versuche am realen Objekt

Hohe Wärmelast (MW)

- Grosser Aufwand
- In Deutschland oft verlangt, hier selten (evtl. in Tunnels)

vdi 6019, Teil 1  
(von „Australian Standard“)

Anzahl der Brandräume	Abmessungen der Brandräume (L x B x H) in m	Abmessungen der Wasserwanne (L x B x H) in m	Einbaulänge je Brandraum	Gesamtlänge Wasserwanne
1	420 x 297 x 85	400 x 390 x 130	2,5	60
1	594 x 420 x 90	700 x 490 x 130	5,5	140
1	841 x 595 x 130	900 x 790 x 130	13	340
2	841 x 595 x 130	900 x 790 x 130	13	720
4	841 x 595 x 130	900 x 790 x 130	16	1560

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 45

### Kap. 6 Experimentelle Prüfmethode Nachweisverfahren CFD

▪ Beispiel Kino

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 46

### Kap. 6 Experimentelle Prüfmethode Nachweisverfahren CFD / Rauchversuch

▪ Beispiel Kino

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 47

### Kap. 6 Experimentelle Prüfmethode Nachweisverfahren CFD / Rauchversuch

▪ Beispiel Medienhaus Bern

SWKI Kurzseminar: BT101-04 RWA Folie 48



