

The Squire in Frankfurt

Anlagentechnischer Brandschutz – Nichts fehlt

Dr.-Ing. Eckhard Hagen

FEUER•TRUTZ 2015 - Nürnberg - 18./19. Februar 2015

Inhalt

- Einleitung
- Komponenten des Anlagentechnischen Brandschutzes
- Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)
- Vorrichtungen zur Rauchableitung
- Brandmeldung und Alarmierung
- Zusammenfassung

Einleitung

Projektspezifische Besonderheiten

- Besonderheit der Gebäudelage
- Lange Planungs- und Bauzeit
- Fortschreibung der Regelwerke
- Begrenzte Gültigkeitsdauer der Verwendbarkeitsnachweise

Aufgaben der Anlagentechnik

- Umsetzung der baurechtlichen Vorschriften
- Kompensation von Abweichungen
- Reaktion auf nutzungs- und gebäudespezifische Besonderheiten
- Reaktion auf bauliche Zwänge im Zuge der Baurealisierung
- Begründung von Abweichungen von Verwendbarkeitsnachweisen bei
geregelten und ungeregelten Bauprodukten und Bauarten, unter anderem
auch zur Unterstützung von Begründungen für Zustimmungen im
Einzelfall

Inhalt

- Einleitung
- Komponenten des Anlagentechnischen Brandschutzes
- Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)
- Vorrichtungen zur Rauchableitung
- Brandmeldung und Alarmierung
- Zusammenfassung

Komponenten des anlagentechnischen Brandschutzes

- flächendeckende selbsttätige Feuerlöschanlage
- Brandmeldeanlage mit automatischen und nichtautomatischen Brandmeldern
- natürliche und maschinelle Rauchabzugsanlagen
- Rauchableitung über die Lüftungsanlage
- Rauchschutz-Druck-Anlagen für Sicherheitstreppenträume und die Feuerwehraufzüge
- elektroakustische Alarmierungsanlage
- Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
- Wandhydranten Typ F
- Außenhydrantenanlage mit Wasserdruckerhöhungsanlage
- Brandfallsteuerungen für alle Aufzüge
- Feuerwehraufzüge
- Gebäudefunkanlage (BOS)
- Blitzschutzanlage

Inhalt

- Einleitung
- Komponenten des Anlagentechnischen Brandschutzes
- Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)
 - baurechtliche Begründung
 - Varianten, Arten der AFL
 - Dimensionierung
 - Speziallösungen
- Vorrichtungen zur Rauchableitung
- Brandmeldung und Alarmierung
- Zusammenfassung

Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Baurechtliche Begründung

- Hessische Hochhaus-Richtlinie
(generelle Anforderung)
- Muster der Verkaufsstättenverordnung
(Gebäudecharakteristik, Grenzkriterien)
- Muster der Versammlungsstättenverordnung
(Gebäudecharakteristik, Grenzkriterien)
- Garagenverordnung
(Gebäudecharakteristik, Grenzkriterien)

Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Allgemeine und besondere Schutzziele

- Schutz gegen Brandübertragung zwischen Geschossen
- Schutz gegen Brandübertragung zwischen Gebäudeabschnitten bei Brandwandversatz und bei inneren Ecken
- Schutz vor Brandübertragung zwischen unterschiedlichen Nutzungen, auch in Verbindung mit der Atriumkonstruktion
- Reduktion von Brandflächen und Energiefreisetzungsraten zur Unterstützung anderer Brandschutzeinrichtungen
- Schutz von Konstruktionen

Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Reduktion von Brandflächen und Energiefreisetzungsraten zur Unterstützung anderer Brandschutzeinrichtungen



Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Schutz von Konstruktionen, Brandschutzvorhang EI₂90-CS_m

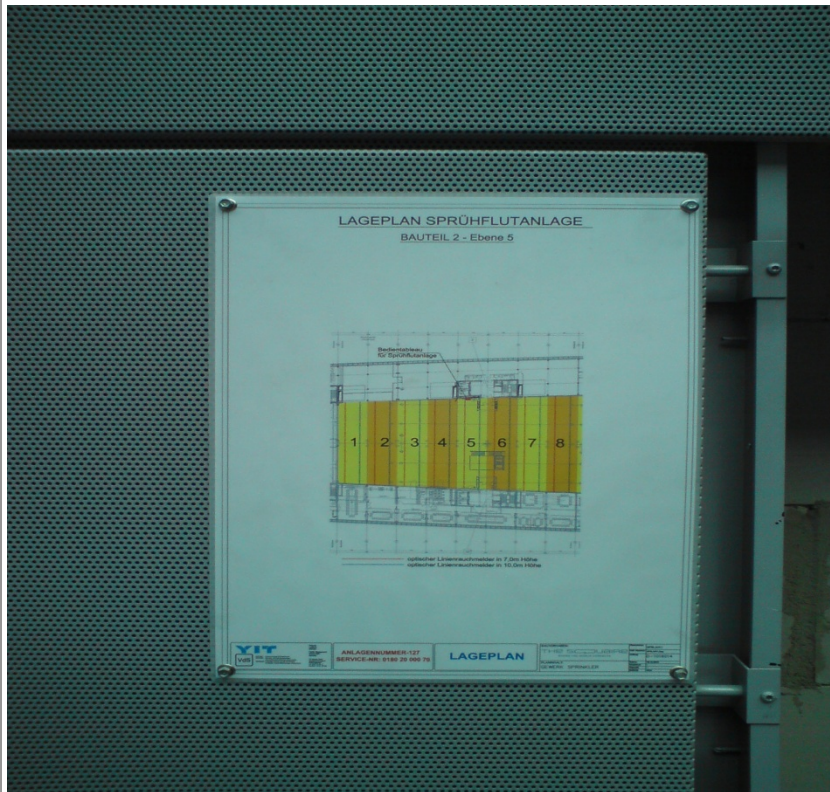


- **MPA Braunschweig:**
geneigte feuerwiderstandsfähige Fassade
- **ift Rosenheim:**
E 90 Vorhang
- **Hagen Ingenieure:**
Antrag ZiE und Konzept für Temperaturkriterium I

Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Varianten, Arten der AFL

- Sprühflutanlagen
(Auslösung manuell und über Rauchmelder, Kopplung mit Druckentlastungskappen)



Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Varianten, Arten der AFL

- Sonderlöschanlagen für Küchen, IT-Anlagen



Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)

Dimensionierung

- VdS CEA - 4001 + zusätzliche Anforderungen
- zwei Sprinklerzentralen (Beherrschbarkeit zweier Brandszenarien)
- trockene Anlagen in Garagen aufgrund deren offenen Charakters
- im Wesentlichen Verzicht auf Ausnahmen vom Sprinklerschutz
- Redundante Rohrnetze bei verdichtetem Sprinklerschutz
- verdichteter Sprinklerschutz beidseitig der trennenden Bauteile
- zusätzlicher Schutz im Bereich der Ganzglasfassade
- Alarmierung der Hausfeuerwehr über Funk bei Sprinklerauslösung

Inhalt

- Einleitung
- Komponenten des Anlagentechnischen Brandschutzes
- Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)
- Vorrichtungen zur Rauchableitung
 - Entrauchung der Garagen (Jet Ventilation)
 - Atrien (MRA und NRA) Rauchschutzdruckanlagen
 - Treppenträume (RDA)
 - Dimensionierung, rechnerische Nachweise, Experimente
- Brandmeldung und Alarmierung
- Zusammenfassung

Geschlossene Großgaragen



Garagen
in den Ebenen 03 und 04,
größter Rauchabschnitt 15.000 m²



Stahlrohrfassade



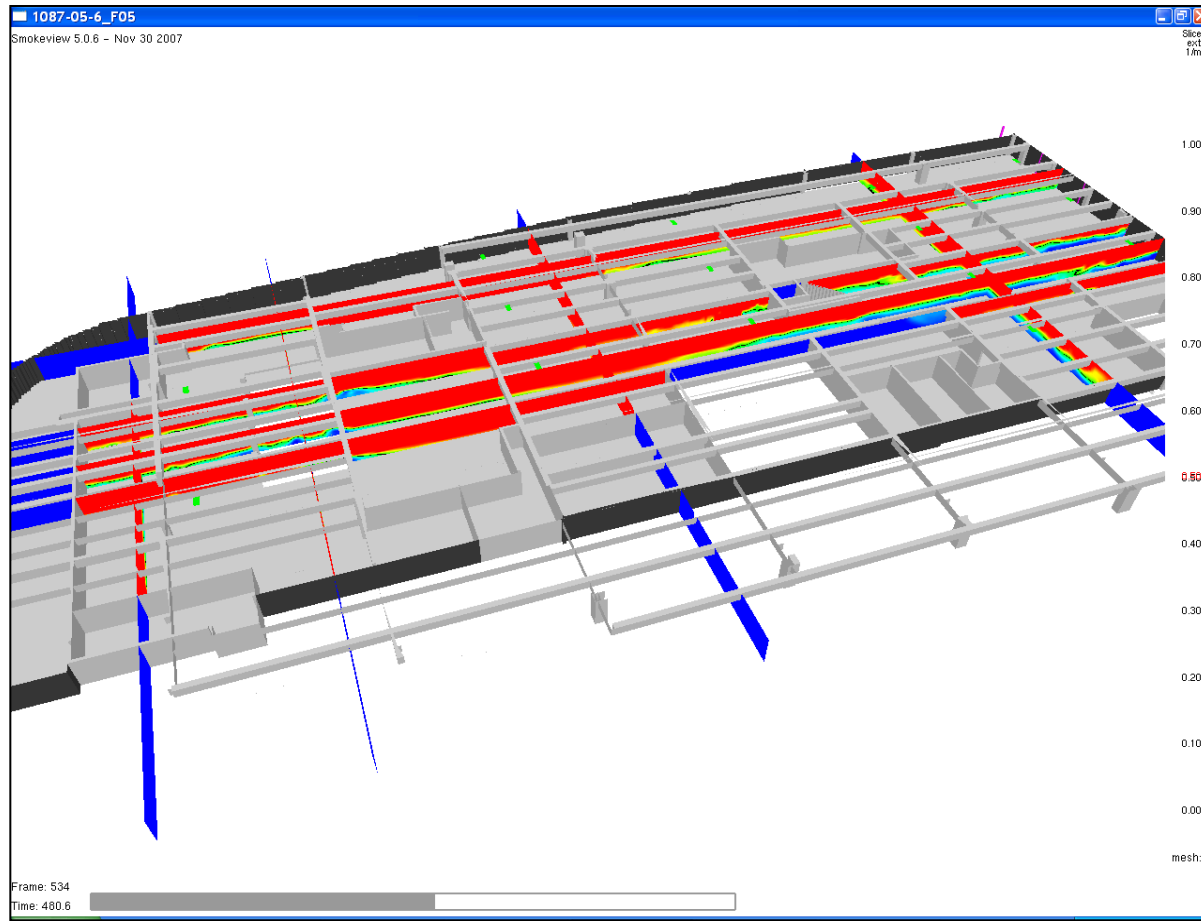
Garage mit Schubventilatoren

Brandszenario

- Brandszenario:
 - Gesprinkelter PKW-Brand: 2,7 MW für einen PKW, aufgrund der Sprinklerung kein Übergreifen auf weitere Fahrzeuge in Anlehnung an den vfdb-Leitfaden
 - Energiefreisetzungsrate: 300 kW/m²
 - Brandausbreitungsgeschwindigkeit: mittel
- Grenzwerte:
 - Extinktionskoeffizient: $K < 0,5 \text{ m}^{-1}$
(optische Rauchdichte $\approx 0,20 \text{ m}^{-1}$, Sichtweite ≈ 10 bis 15 m bei selbstleuchtender Rettungswegkennzeichnung)
 - Brandraumtemperaturen: $T < 50 \text{ °C}$
- Brandsimulation:
 - Fire Dynamics Simulator (FDS)

Brandsimulation

Regelkonform geschlossene Großgarage (480s)

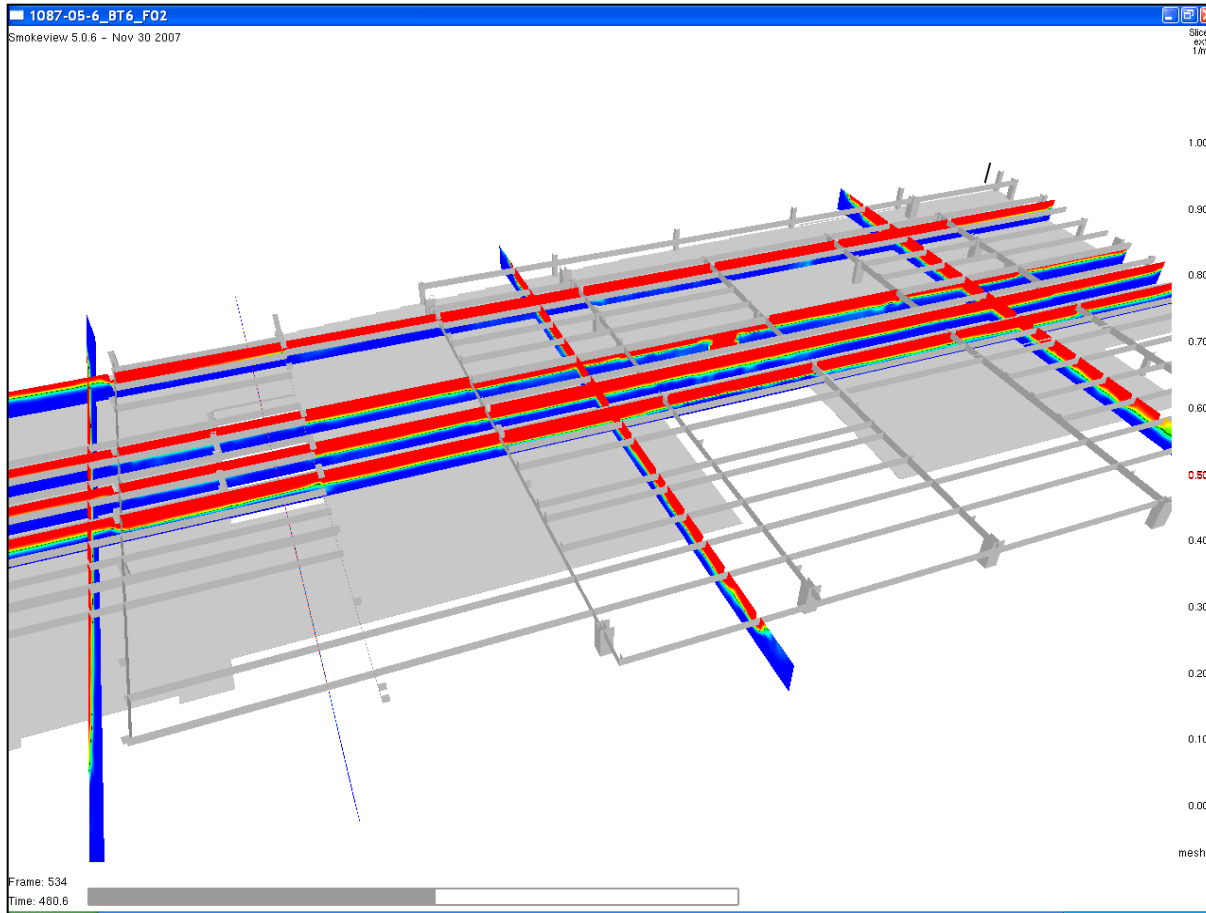


GaVO §16 (1):

Geschlossene Großgaragen müssen Abluftanlagen haben, die mindestens 16 m^3 in der Stunde je m^2 Garagengrundfläche abführen können.

Brandsimulation

Großgarage mit Stahlrohrfassade (480s)



GaVO

§1 (1) und §16 (6):

Für offene Großgaragen genügt die natürliche Lüftung.

- 18 bis 22 %
Umfassungsbauteile
als freier Querschnitt
- ständige Querlüftung
durch Öffnungen in
Umfassungsbauteilen,
die nicht mehr als 70 m
auseinander liegen

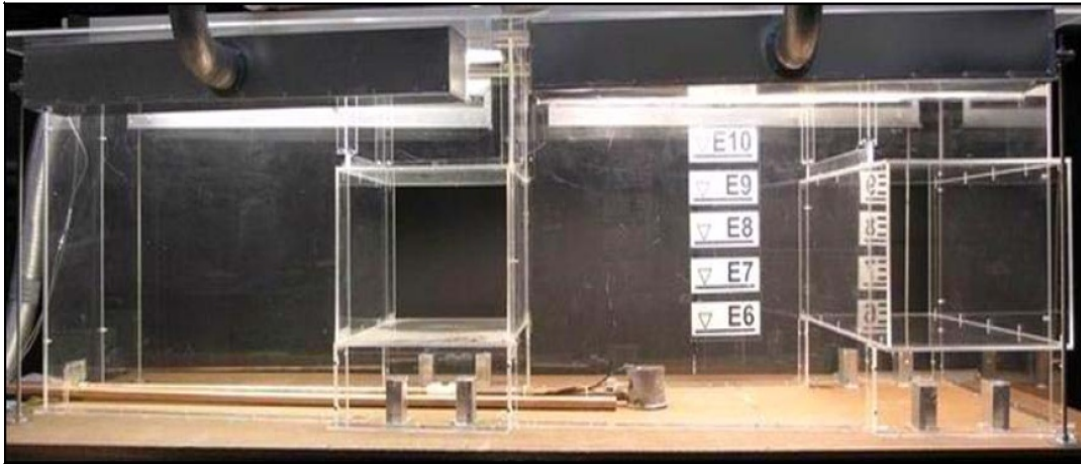
Ergebnisse Großgarage

- Sowohl in der **regelkonform offenen** als auch in der **regelkonform geschlossenen Großgarage** im Gebäude THE SQUAIRE werden hinsichtlich der Verrauchung **relativ ungünstige Bedingungen** eintreten.
- **Rauchfreie Schichten** sind bei realistischen Brandszenarien auch in der offenen Großgarage nur im **Bodenbereich** zu erwarten.
- Durch die **Schubventilatoren** wird die Situation in den Großgaragen deutlich verbessert.
- Mit der Anlagentechnik wird erreicht, dass in der geschlossenen Großgarage im Gebäude THE SQUAIRE ein **vergleichbares Sicherheitsniveau wie in der regelkonform offenen Großgarage** geschaffen wird.
- Durch Rauchversuche werden eindrucksvoll die **Wirksamkeit der Schubventilatoren und das Zusammenwirken der technischen Anlagen** nachgewiesen. **Raucharme Bereiche** werden erreicht.

Maschinelle Rauchableitung der Atrien

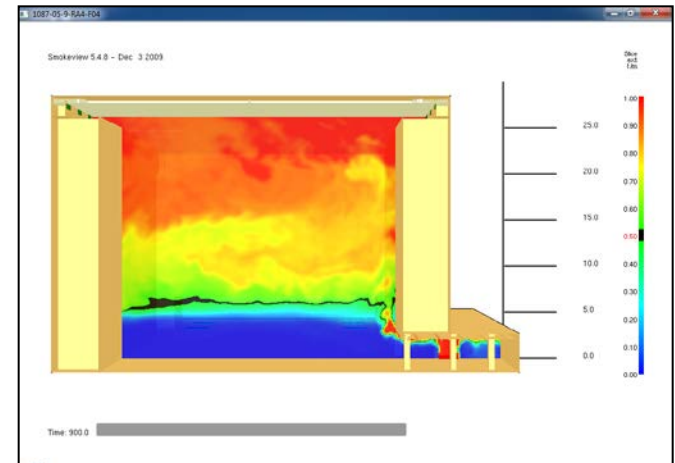


Maschinelle Rauchableitung der Atrien



Entrauchungsstudie im Modellmaßstab M 1:35
Imtech Deutschland GmbH, Hamburg

Brandsimulationsrechnungen
mit Feldmodellen aufgrund
veränderter Randbedingungen



Maschinelle Rauchableitung der Atrien

Quellauslässe als Zuluft



Abluftabsaugung
hinter den Gittern

Brandszenario

- Brandszenario:
 - Gesprinklerter Brand im Atrium: 1,5 MW
 - Energiefreisetzungsrate: 300 kW/m²
 - Brandausbreitungsgeschwindigkeit: mittel
- Grenzwerte:
 - Extinktionskoeffizient: $K < 0,5 \text{ m}^{-1}$
(optische Rauchdichte $\approx 0,20 \text{ m}^{-1}$, Sichtweite ≈ 10 bis 15 m bei selbstleuchtender Rettungswegkennzeichnung)
 - Brandraumtemperaturen: $T < 50 \text{ °C}$
- Brandsimulation:
 - Fire Dynamics Simulator (FDS)

Brandlastbegrenzung im Atrium

- Maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsanlagen wurden für das Bemessungsbrandszenario „1,5 MW“ ausgelegt
- Brandfläche etwa 5 m²
- Nutzung und Möblierung in den 5 m² begrenzt:
2 Holztische und 8 Stühle oder
1 Tresen oder
1 Sonnenschirm mit Holztisch und 6 Stühle
- schwerentflammbare Materialien
(Baustoffklasse B 1 nach DIN 4102-1) oder Lederbezüge für die Bestuhlung bzw. Hartholz
- Freiflächen ab 200 m² zur Begrenzung der Brandausbreitung

Brandlasterhöhung ?

Weihnachtsbaum aus Kunststoff

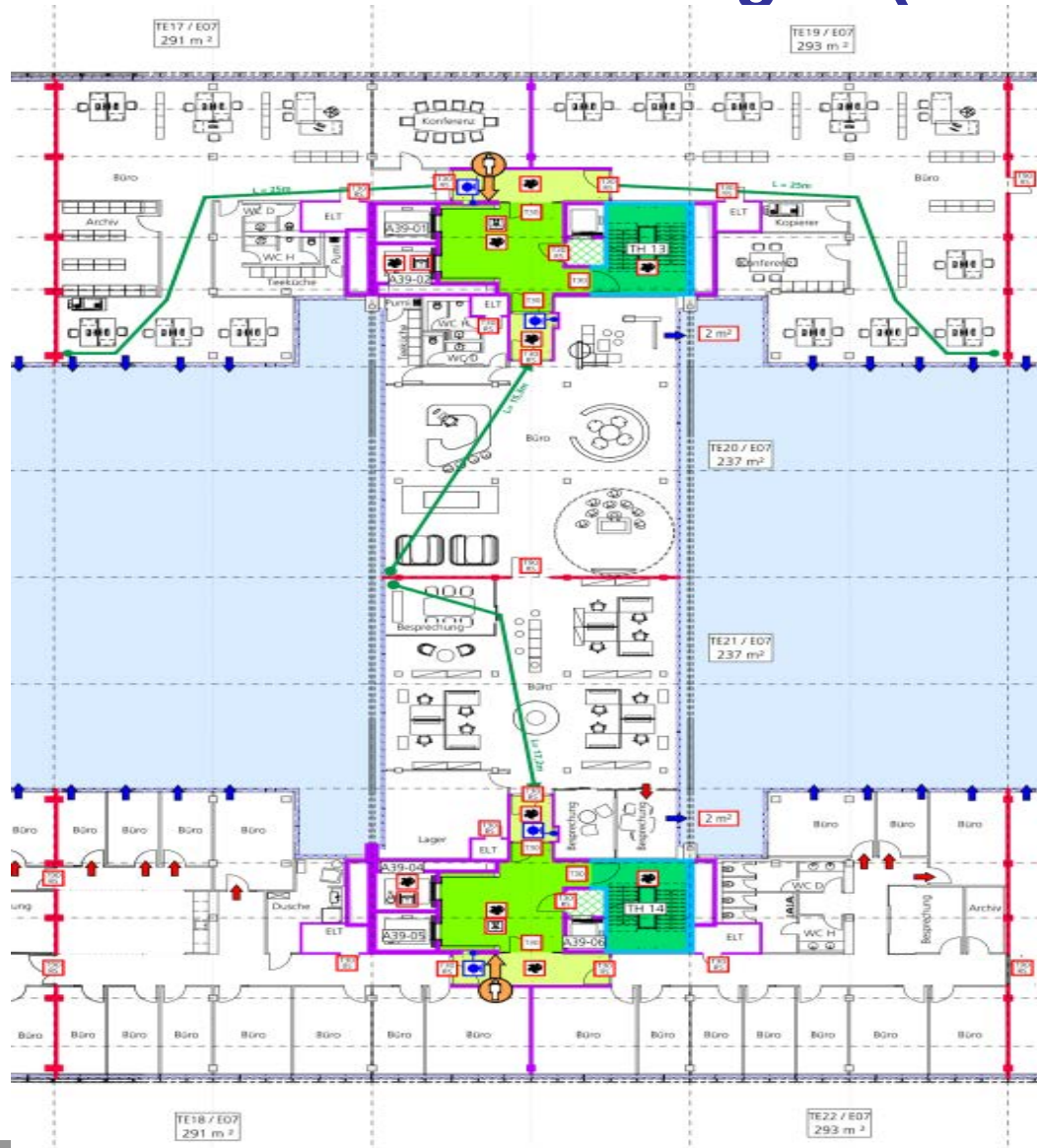


Audi A6 - Präsentation

Rauchschutzdruckanlagen für die Sicherheitstreppenträume und die Feuerwehraufzüge

- Aufstellräume in Ebene 3
- Luft von Aussen, gegebenenfalls über L 90 Kanäle
- Bauliche Massnahmen und Anlagentechnische Einrichtungen zur Verhinderung der Rauchansaugung
- Abströmöffnungen aus Nutzungseinheiten, durchgängig bis zur Aussenwand oder zum Atrium, circa 2 m² groß
- Auslegung nach DIN-EN 12101-6, Anlagenklasse „F“

Rauchschutzdruckanlagen (RDA)



Legende

-  = Bauart Brandwand (F90 A+M)
-  = Feuerbeständige Wand F90 A
-  = F30 Verglasung mit beidseitig verdichtetem Sprinklerschutz
-  = Notwendiger Flur
-  = Sicherheitsschleuse
-  = Notwendiger Treppenraum
-  = Vorräume und Aufzugsvorräume
-  = Tür mit Feuerwiderstandsdauer von 30 min nach DIN 4102 mit Zusatzfunktion Rauchschutz nach DIN 18095
-  = Tür mit Feuerwiderstandsdauer von 30 min nach DIN 4102
-  = Räume mit Überdruckbelüftung
-  = Maschinelle Entrauchung
-  = Feuerwehraufzug
-  = Wandhydrant
-  = Tür / Fenster / Sonstiges als Druckentlastungs- / Abströmöffnung für RDA, Ansteuerung über BMA, automatische Öffnung

Überdrucklüftungsanlage für Sicherheitstreppenraum und Feuerwehraufzug

Druckbelüftungsöffnung und
Druckregelklappe im Geschoss



Druckregelklappe im Dachbereich



Druckentlastungsöffnungen für Überdrucklüftungsanlage



Lamellenfenster



Kippflügelfenster



Drehflügelfenster

Rauchversuche in THE SQUAIRE



- Baugenehmigung:
Vor Inbetriebnahme sind **1:1 Rauchversuche** im Beisein mit der Bauaufsicht und der Branddirektion Frankfurt durchzuführen, die die **Wirksamkeit der Entrauchungstechnik** nachweisen.
- Nah am realen Brandereignis
- Zerstörungsfrei

Rauchversuche

Grundsätze für Rauchversuche in Gebäuden der „VFDB –Leitfaden“, Interessengemeinschaft Brandschutzingenieure (09/2000)

Stufe 1:

Allgemeine Bewertung des **Strömungsverhaltens** im Gebäude und **Zusammenwirken der Komponenten** der Rauchschutzanlage

Stufe 2:

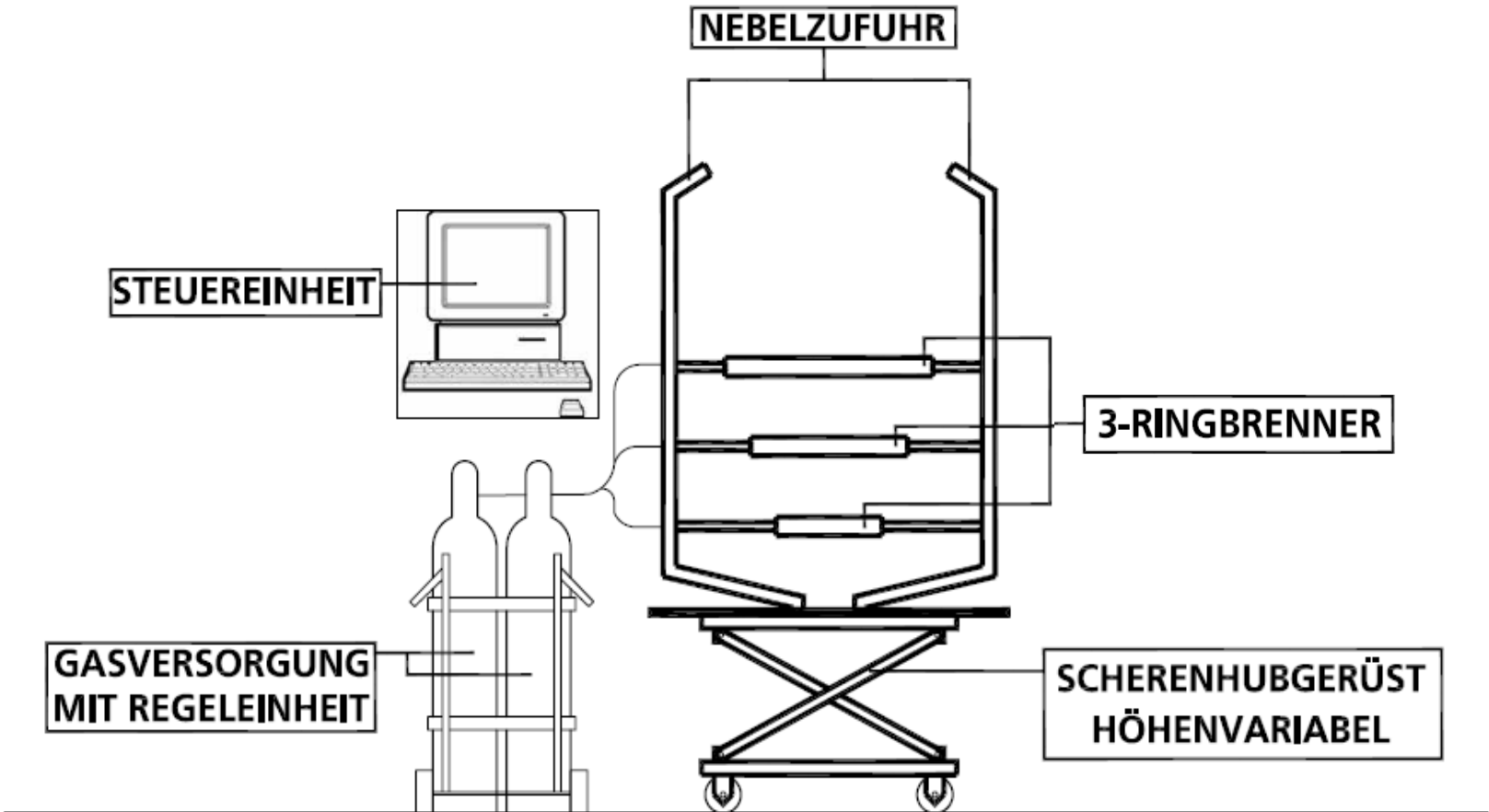
Qualitative Beurteilung zur **Wirkungsweise** der Rauchschutzanlage, Darstellung der **Rauchströmung** mit Ausbildung von **Rauchschichten** und Vergleich mit der Rauchschichtdicke der Brandsimulationsrechnung

Stufe 3:

Quantitative Untersuchung der **Wirksamkeit** der Rauchschutzanlage, Darstellung der **Rauchströmung** mit Ausbildung von **Rauchschichten**, **Vorausberechnung des Rauchversuches** durch **Brandsimulationsrechnung** und Vergleich mit der Rauchschichtdicke im Versuch

Brandsimulationseinheit „Smoke 3“

Schematischer Aufbau



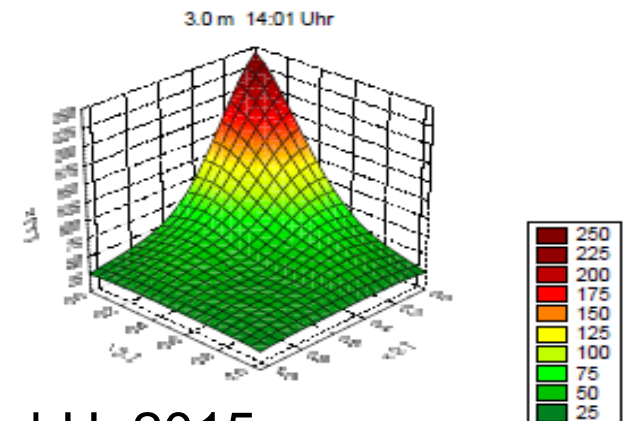
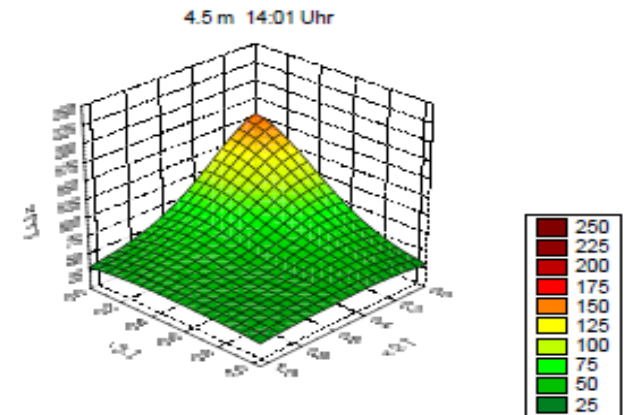
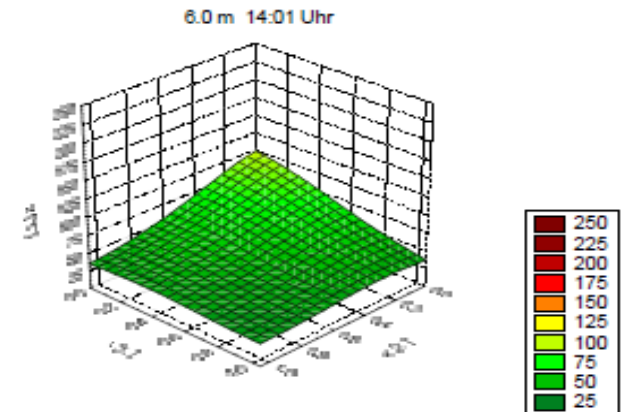
Energiefreisetzungsrate „Smoke 3“

Messeinrichtung der MPA - Braunschweig

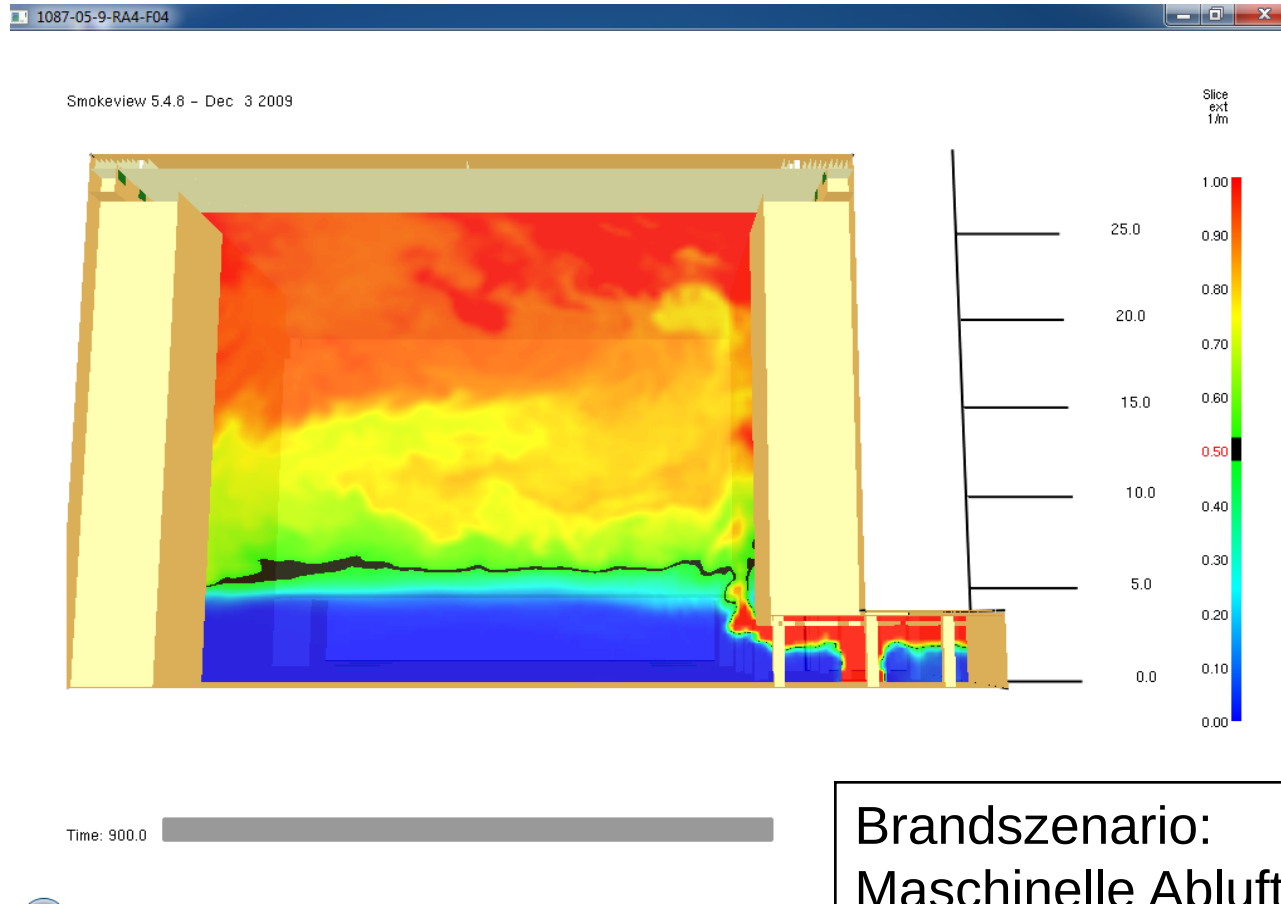


Methode: Sauerstoffverbrauchsmethode nach DIN EN 14390

Temperaturen „Smoke 3“

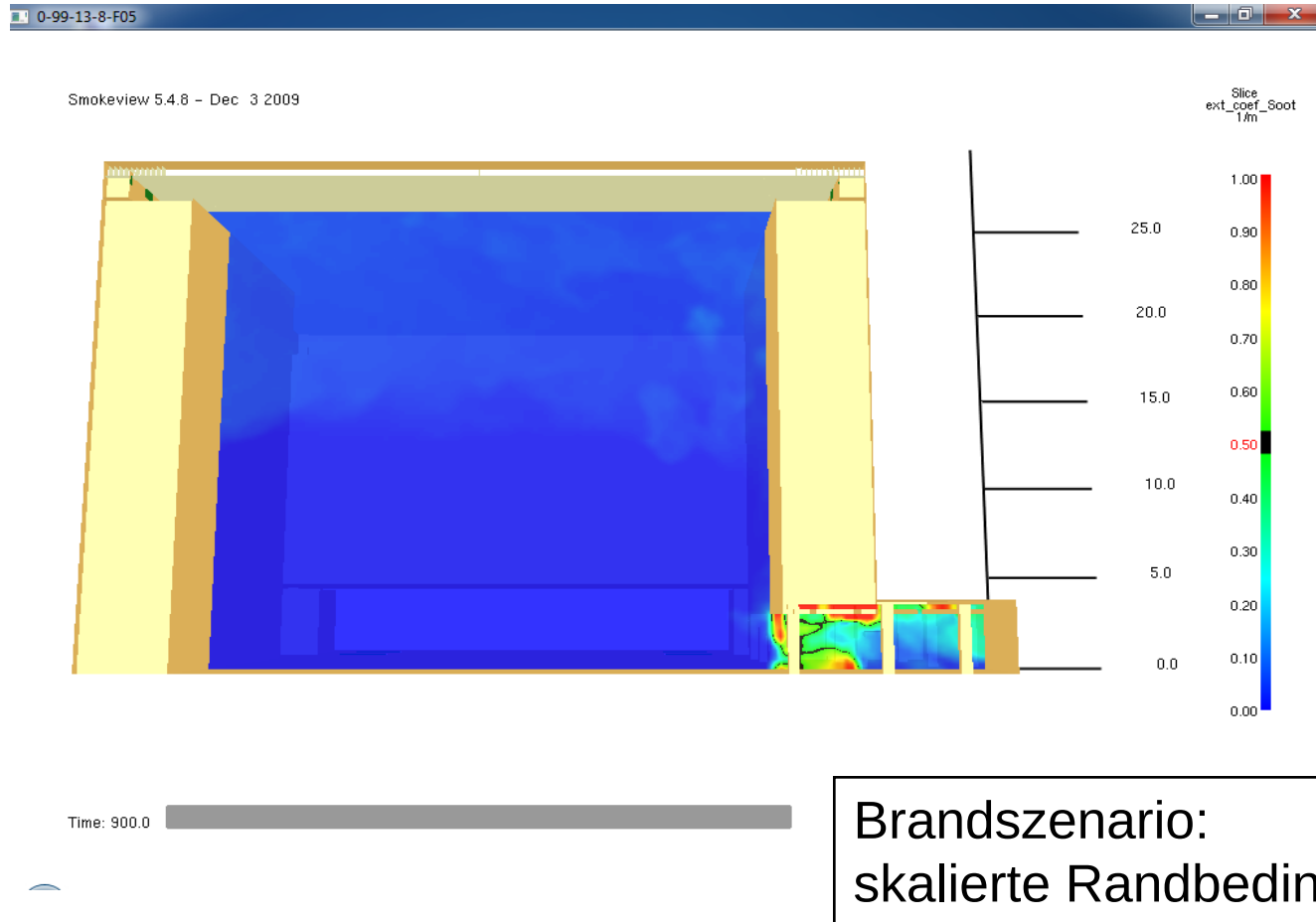


Brandsimulation Atrium - Realer Brand



Brandszenario: 1,5 MW
 Maschinelle Abluft: 80.000 m³/h
 Maschinelle Zuluft: 80.000 m³/h

Brandsimulation Atrium - Rauchversuch



Rauchversuche im Atrium in THE SQUAIRE



Rauchversuche im Atrium in THE SQUAIRE

Lokale Effekte



Maschinelle Zu- und Abluft



Nebel-Schichtung
im Bereich der
maschinellen
Abluftgeräte



Umlenkkante
an den Brücken

Rauchversuche im Atrium in THE SQUAIRE

Strömungen



Nebel-Plume



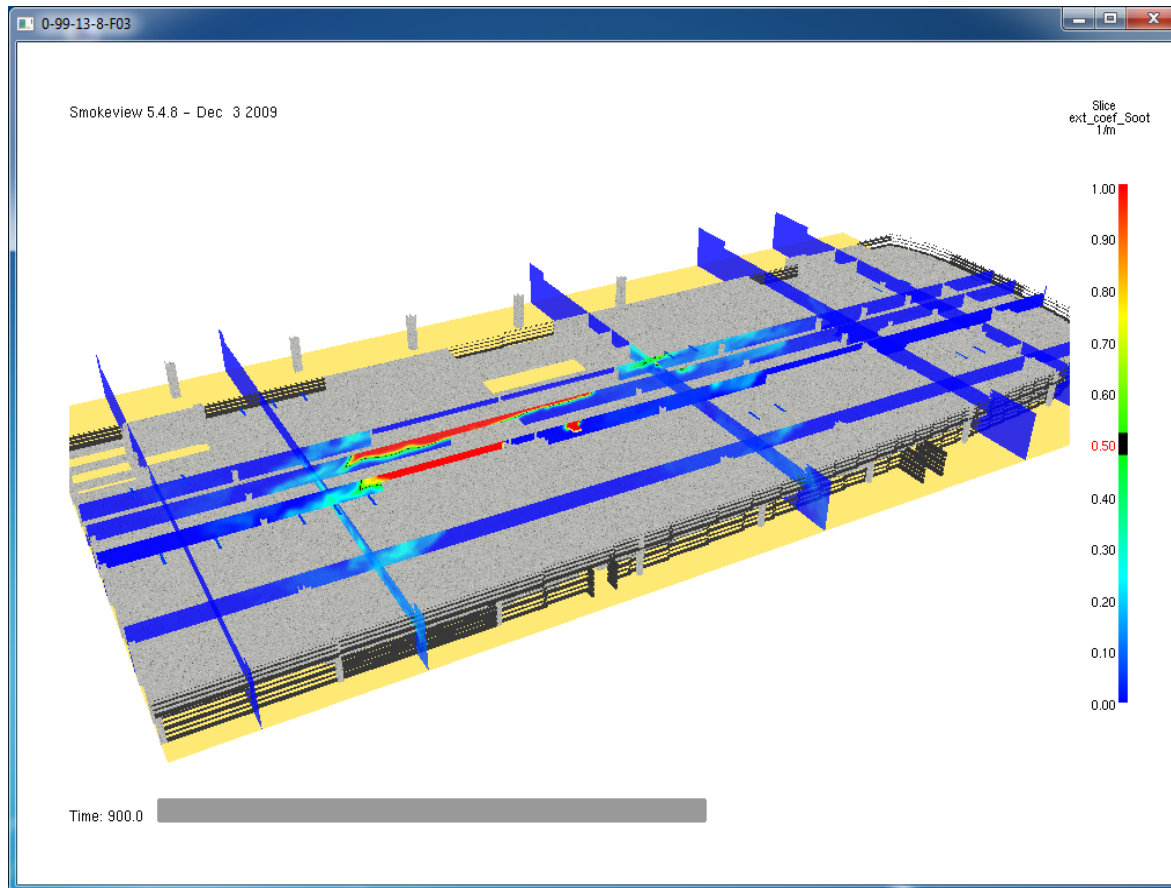
Eindeutige Nebel-Schichtung



Geringe Verwirbelungen des Nebel-Plumes

Rauchversuche Großgarage in THE SQUAIRE

Geschlossene Garage mit Schubventilatoren (480s)



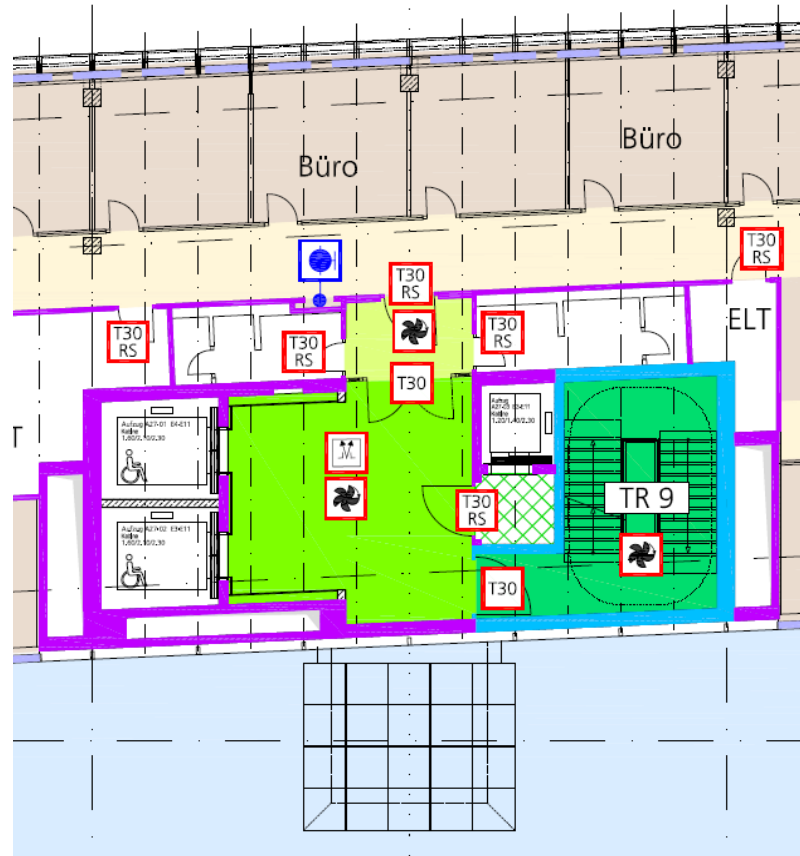
- raucharme Bereiche
- keine raucharmen Schichten

Rauchversuche Großgarage in THE SQUAIRE



Rauchversuche in kleinvolumigen Räumen

Schleuse mit Luftwechselraten in THE SQUAIRE



Rauchversuche in kleinvolumigen Räumen

Schleuse mit Luftwechselraten in THE SQUAIRE



- keine raucharmen Schichten
- Rauchabführung in 4 bis 6 Minuten
- 10-facher Luftwechsel ist ausreichend



Inhalt

- Einleitung
- Komponenten des Anlagentechnischen Brandschutzes
- Automatische Feuerlöschanlagen (AFL)
- Vorrichtungen zur Rauchableitung
- **Brandmeldung und Alarmierung**
 - Redundanz (NSL, BMZ (F90 T30))
 - Linearmelder mit Zweimelderabhängigkeit im Atrium
 - Brandfallsteuermatrix
- Zusammenfassung

Anfahrpunkte Feuerwehr (Hauptmelder HM1)



Hauptmelder HM1 am Kern 30



Feuerwehr-
schlüsselkasten



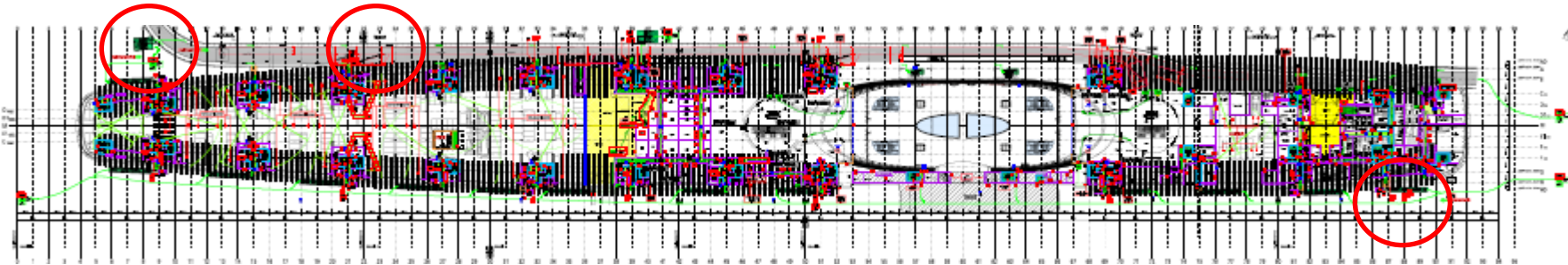
Feuerwehrinformationszentrum HM1

Zugänglichkeit des Gebäudes - Ebene 03

■ Haupt-Brandmeldezentralen

Hauptmelder HM3
Kern 3 Ebene 01

Hauptmelder HM2
Kern 7 Ebene 03



Hauptmelder HM1
Kern 30 Ebene 01

■ Unter-Brandmeldezentralen an den Bauteilzugängen, angeordnet in Abhängigkeit der Feuerwehraufzüge

Feuerwehrrichtungs- und Informationszentrum (FIZ) Kern 3



Brandfallsteuermatrix - THE SQUAIRE

- Erstellen der übergeordneten Brandfallsteuermatrix (Übersichtspläne)
- Verfeinerung der übergeordneten Brandfallsteuermatrix durch Fachingenieure für techn. Gebäudeausrüstung (TGA)
- Prüfung der verfeinerten Brandfallsteuermatrix in Papierform (Meldebereiche auf A4-Blättern)
- Wirkprinzip-Prüfung (Funktion) vor Ort

Brandfallsteuermatrix

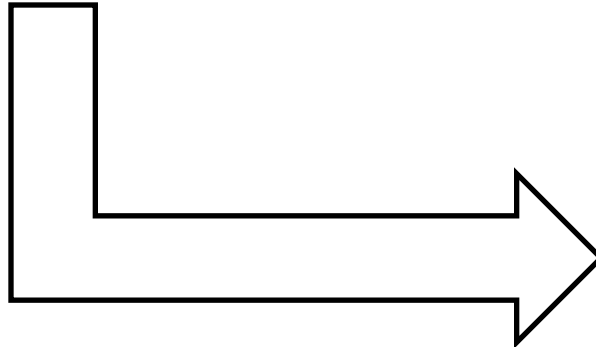
Übergeordnete Brandfallsteuermatrix

Ort der Detektion (Brandmelder, Sprinkler, Druckknopfmelder, etc.)

Aktion
(Ela, Sprühflutanlage, Lüftungsanlage,
Entrauchungsanlage, Aufzüge, etc.)

Brandfallsteuermatrix

Verfeinerung der übergeordneten Brandfallsteuermatrix durch Fachingenieure der TGA



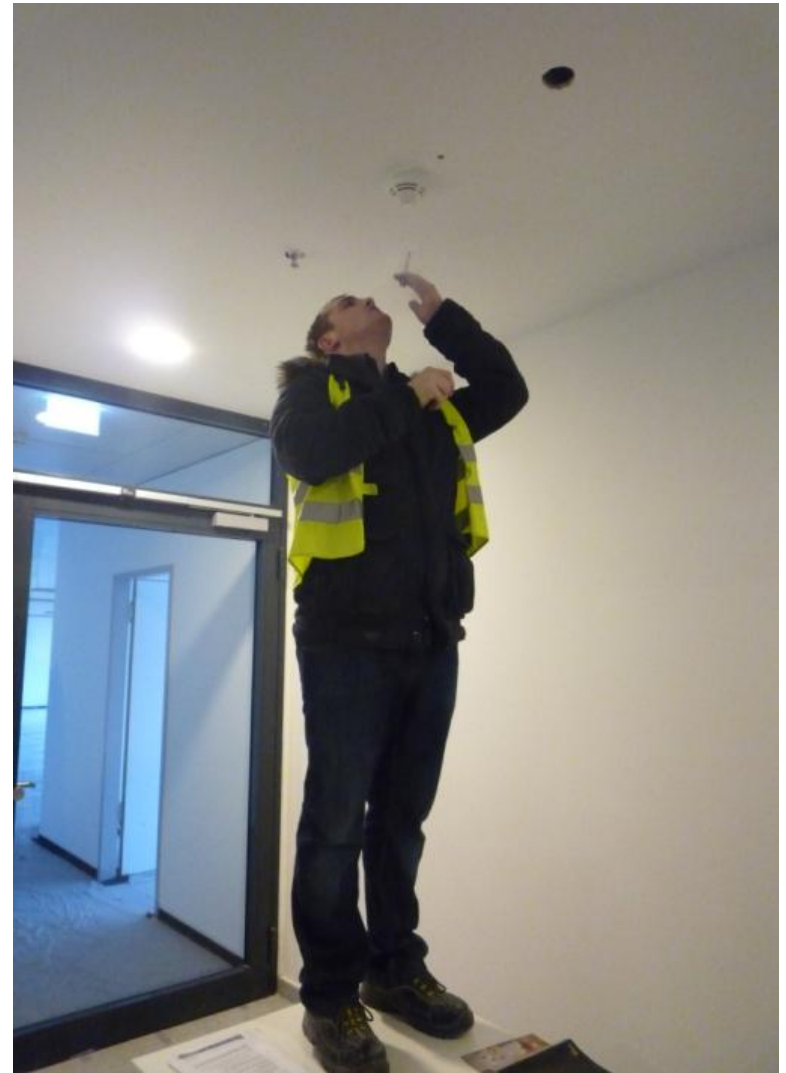
The Square (Airrail-Center), Frankfurt am Main						• BMA intern	• MSR intern	• Kopplerkontakt BMA		
BA	BT1-E9 EBA M1		Automatisch		Hand	Bemerkungen				
Anlage-Bereich	Bauteil-Ebene	BT1-E9	Brandfrüherkennung (RAS)	automatischer Brandmelder	Sprinkleralarm	Druckknopfmelder	Löschgasanlage	Entrauchungsablauf Zentral	Entrauchungsteiler örtlich	Brandfall nach:
	Brandabschnitt	BA 1.1-E09								HIB Brandschutz-Matrix Spalte 14-15, 31
	Achsen MB	3-9/ C-F								Entrauchungsart:
	Bezeichnung	Open Space								Rauchableitung
	Luftwechsel	5-fach								Räume: 102.09.002; 103.09.002
	Luftmenge MB	2*2.700+2 HZ 2*2.050= 9.500 m³/h								H21: R104.09.F08; H22 R103.09.F08
Luftmenge EV	2*6.000 = 12.000 m³/h									
Einrichtung		Funktion	Betriebsmittelkennzeichnung							
1	Feueralarm									
1.1	Übertragungseinrichtung FW	auslösen	+	+						HM 1
1.2	Hausfeuerwehr	alarmieren	+	+						Kern 24, Ebene 6, Center-Management
1.3	Feuerwehrschränke HM	entriegeln								HM 1
1.4	Rundumleuchte FWAP Kern HM	aktivieren	+	+						HM 1
1.5	Blitzleuchten Feuerwehrgang	aktivieren	+	+						Kern 4
1.6	Blitzleuchte Feuerwehraufzug außen	aktivieren	+	+						Kern 4
1.7	Sicherheitsbeleuchtung	einschalten								BT1 (8 Kontakte)
1.8	Sprühflutanlage Atrium	sperrern								-----
2	ELA									
2.1	Autom. Evakuierungsansage	aktivieren	+							ELA Bereich 1.9.1
2.2	Manuelle Evakuierungsdurchsage	aktivieren				+				Alle ELA Bereiche BT1 E9: 1.9.1-1.9.13, 1.3.2 - 1.3.9
3	Fördertechnik									
3.1	Aufzüge allgemein	Evakuierung	+							K3: A09-01, A09-03, K4-A09-05, A09-06, Glasauzug: A09-07, A09-08
3.2	Feuerwehraufzüge	Evakuierung	+							K3: A09-02, K4: A09-04
3.3	Evakuierungsebene	dynamische Evakuierung	+							Evakuierungsebene 3/4/5 (unterste Ebene)
4	Türen / Tore/Rauchschürzen									
4.1	Feststellanlagen Brandabschnitt	schließen	+							Türen:
4.2	Brandschutzstope	schließen								Alle Türen BT1 E9
4.3	Rauchschürzen	schließen								-----
4.4	Rauchschutztrennung	schließen								-----
4.5	Feuerschutzvorhang	schließen	+							Flur Kern 3 und Kern 4 Achse 9
5	RLT-Anlagen									
5.0	Informationsschwerpunkt	aktivieren	+							
5.1	Versorgungsanlage Zone	ausschalten	+							LKL 1_53; LKL 1_66 ZU/AB; Klappen und VSR schließen
5.2	Nebenanlagen Zone	ausschalten								-----
6	MRA Rauchabführung									
6.0	Black Box	aktivieren	+							
6.1	Abströmung									
6.1.1	Abströmventilatoren	einschalten	+							nach dt: LAS 1_55 MVL002; LAS 1_68 MVL002
6.1.2	Abströmklappe Ventilator	öffnen	+							LAS 1_55 ERK001, LKL 1_53 BSK116, LAS 1_55 BSK261;
6.1.3	Abströmklappe Zone	öffnen	+							LAS 1_68 ERK001, LKL 1_66 BSK125, 289
6.1.4	Abström-VSR Zone	öffnen	+							LKL 1_53 BSK094; LKL 1_66 BSK103
6.1.5	Abströmklappen Hilfszone	öffnen	+							LKL 1_53 RRV093; LKL 1_66 RRV101
6.1.6	Abström VSR Hilfszone	öffnen 100%	+							LKL 1_53 BSK095; LKL 1_66 BSK104
6.2	Nachströmung									LKL 1_53 RRV142; LKL 1_66 RRV150
6.2.1	Nachströmventilatoren	einschalten	+							nach dt: LKL 1_53 MVL006, 007; LKL 1_66 MVL006, 007
6.2.2	Nachströmklappen Strang Zone	öffnen								-----
6.2.3	Nachströmklappen Zone	öffnen	+							LKL 1_53 BSK104; LKL 1_66 BSK113
6.2.4	Nachström VSR Zone	öffnen 100%	+							LKL 1_53 RRV140; LKL 1_66 RRV152
6.2.5	Nachströmklappen Hilfszone	öffnen								-----
6.2.6	Nachström VSR Hilfszone	öffnen 100%	+							LKL 1_53 RRV144; LKL 1_66 RRV148
6.2.7	Nachströmung Außenluft	öffnen								-----
6.2.8	Sicht-, Sonnenschutz	öffnen	+							siehe Zeile 6.2.7 und 7.7
6.3	Unterstützung Abluft									
6.3.1	Abluftventilatoren	einschalten								-----
7	RVA Druckbelüftung									
7.1	THS RVA SW-geregelt (Hand von E3)	anfordern	+							LAS1-13 (K1), LAS 1_14 (K2), LAS 1_17 (K3); LAS 1_20 (K4)
7.2	THS RVA MIN-geregelt	anfordern								-----
7.3	FWA RVA SW-geregelt	anfordern	+							LAS 1_15 (K3); LAS 1_18 (K4)
7.4	FWA RVA MIN-geregelt	anfordern								-----
7.5	FWA Portalklappe Ebene	öffnen	+							LAS 1_15 RJK008, LAS 1_18 RJK008
7.6	Druckentlastung Türen	öffnen								-----
7.7	Druckentlastung Fenster	öffnen	+							SSF 09K01 EFG 01, SSF 09K02 EFG01, SSF 09K03 EFG 04, SSF 09K04 EFG 04
7.8	Druckentlastung Klappen	öffnen	+							LBE 1_13 ERK001, 002 (E4)

Brandfallsteuermatrix

Funktionsprüfung vor Ort



Prüfaerosol



Zigarette als Prüfaerosol

Zusammenfassung

- Multifunktionales Gebäude
- Geltungsbereich zahlreicher baurechtlicher Regelwerke
- 49 Abweichungen für das Gesamtgebäude
- 14 weitere mieterspezifische Abweichungen
- Sicherheitstechnische Anlagen über das ohnehin geforderte Maß hinaus sind unabdingbar
- Redundanzen können Kompensation sein
- Absicherung der Betriebssicherheit und Wirksamkeit durch erhöhte Anforderungen an die Nachweise