



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

**Eine Herausforderung für den
Brandschutz!**

Betreiberanforderungen an moderne Logistikimmobilien

Dr. Rainer Jaspers, Bernd Sacher


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Themen

- ❖ **Erhöhung des Automatisierungsgrads in der Logistikbranche**
- ❖ **Schnelle Entwicklung der Betreiberanforderungen an moderne Logistikimmobilien**
- ❖ **Innovative Brandschutzlösungen: Verfügbar und akzeptiert?**
- ❖ **Zusammenfassung und Ausblick**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Erhöhung des Automatisierungsgrads in der Logistikbranche


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Automatisierungsgrad wird immer höher



Bei **amazon** in Winsen/Luhe

**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Automatisierungsgrad im Vergleich



New Video Everyday

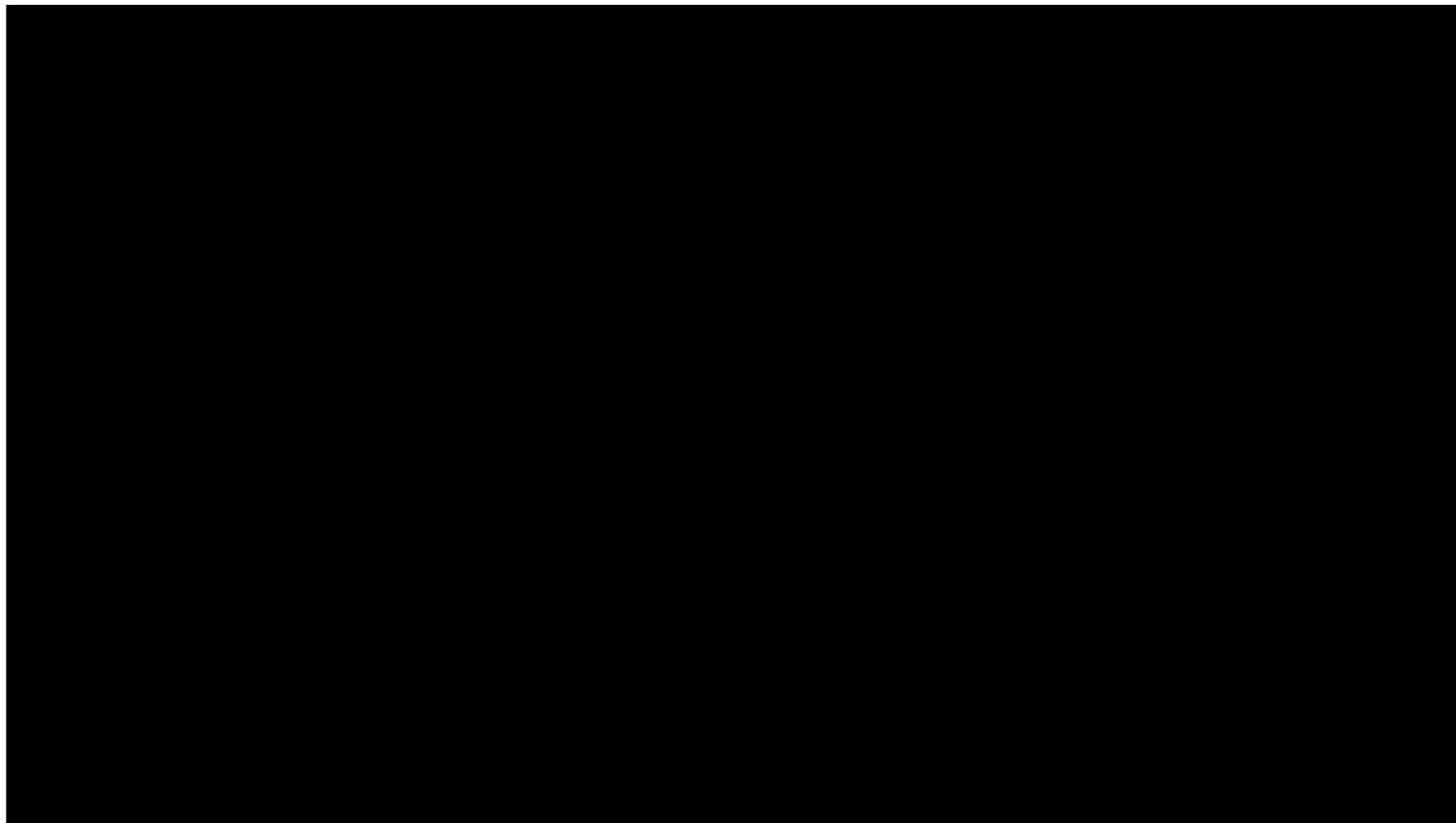



**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Automatisierungsgrad die andere Art




**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Automatisierungsgrad nur am Boden




**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**

Referenten: Dr. Rainer Jaspers, Bernd Sacher | BRANDSCHUTZFORUM MÜNCHEN, 23.11.18



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Automatisierungsgrad was steht noch an!

Team MIT-Princeton

Amazon Robotics Challenge 2017

MIT
MCUBE LAB



PRINCETON
VISION & ROBOTICS

Submission to IEEE ICRA 2018

Robotic Pick-and-Place of Novel Objects in Clutter

With Multi-Affordance Grasping and Cross-Domain Image Matching

arc.cs.princeton.edu - arxiv.org/abs/1710.01330 - mcube.mit.edu


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Entwicklung der Betreiberanforderungen an moderne Logistikimmobilien


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Betreiberanforderungen

Feststellungen

In Logistikimmobilien nehmen Fördertechnik und technisierte Verfahrensabläufe einen immer größeren Raum ein

- ❖ **Lager- und Kommissionieranlagen = Maschine mit ständig steigenden Kapazitäten**
- ❖ **M-IndBauRL 2014 bildet nicht mehr alles ab!!**
- ❖ **M-IndBauRL ohne Berücksichtigung der Brandlasten = Begrenzung Brandabschnittsgröße (BA)**
- ❖ **Wachstumshemmend? Und nicht mehr zeitgemäß?**
- ❖ **Barriere entfernen, damit DE attraktiver Logistikstandort ist und bleibt**



Betreiberanforderungen

Der Blick in andere Länder

Angelsächsische, aber auch europäische Länder, gehen hier progressiv heran

- ❖ **Global tätige Logistik-Unternehmen, die nach Deutschland expandieren wollen, haben wenig Verständnis für kleine Brandabschnitte, wenn Brandlasten nicht eindeutig definierbar sind!**
- ❖ **Brandabschnitte in mehrgeschossigen Gebäuden von über 100.000 m² pro Geschoss werfen keine Fragen auf!**
- ❖ **Stahlkonstruktionen ohne Brandschutz möglich!**
- ❖ **Für große Öffnungen in Geschosdecken häufig Feuerschutzabschlüsse am Markt nicht verfügbar, keine Zustimmung für Sonderkonstruktionen! Also weglassen, aber wie?**



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL</u> <u>(Anwendung von Methoden des</u> <u>Brandschutzingenieurwesens und Prüfung</u> <u>durch Spezialsachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
Eine Löschwasserpumpe ohne Redundanz! Und was passiert, wenn die einzige Pumpe ausfällt?	Mindestens zwei Löschwasserpumpen sowie weitere Maßnahmen zur Ausfallsicherheit.



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL</u> <u>(Anwendung von Methoden des</u> <u>Brandschutzingenieurwesens und Prüfung</u> <u>durch Spezialsachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
Eine Stichleitung vom Löschwassertank in das Gebäude und ein Steigestrang zur Versorgung der Sprinklerköpfe. Was passiert bei Ausfall und Reparaturen?	Löschwasserringleitung der Löschwasserversorgung um das gesamte Gebäude mit zwei Steigesträngen zu den Sprinklerköpfen wie bei Hochhäusern > 60 m. Vernünftigerweise geringe Ausfallwahrscheinlichkeit.



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL (Anwendung von Methoden des Brandschutzingenieurwesens und Prüfung durch Spezialsachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
Haupttragwerk und Dachtragwerk ohne brandschutztechnische Anforderungen (F0) (Stahlkonstruktion). Versagen bei Ausfall der Löschanlage? Erkundung durch Feuerwehr noch zu verantworten?	Haupttragwerk und Dachtragwerk mindestens feuerhemmend. Gute Voraussetzungen für die Feuerwehr.



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL (Anwendung von Methoden des Brandschutzingenieurwesens und Prüfung durch Spezialsachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
Eine Brandmeldung durch die Löschanlage für den gesamten BA. Wie schnell findet die Feuerwehr den Brand, z.B. bei Unübersichtlichkeit, um Nachlöscharbeiten durchführen zu können?	Zusätzlich zur automatischen Löschanlage automatische Rauchmelder, damit die Feuerwehr eindeutig, auch bei Unübersichtlichkeit, lokalisieren und wirksame Löscharbeiten durchführen kann.



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL (Anwendung von Methoden des Brandschutzingenieurwesens und Prüfung durch Spezial Sachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
Natürlicher Rauchabzug, alle 400 m ² meistens manuelle Auslösung. Was passiert z.B. bei Nichtvorhandensein eines ΔT zwischen außen und innen? Der Rauch bleibt im Gebäude! Unter Umständen ist der BA bei Eintreffen der Feuerwehr bereits vollständig verraucht und nichts mehr zu sehen.	Maschinelle Rauchableitung mit impulsarmer Zuluftnachströmung und automatischer Rauchmelderauslösung. Ein System, das immer funktioniert, ohne Rücksicht auf Witterungsverhältnisse. Ergebnis: Sehr gute Sichtverhältnisse durch Schichtung des Rauches, mit besten...



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL</u> <u>(Anwendung von Methoden des</u> <u>Brandschutzingenieurwesens und Prüfung</u> <u>durch Spezialsachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
	...Voraussetzungen für Branderkundung und Nachlöscharbeiten. Die vielfach getriebene Angst, die Sprinkleranlage könnte dadurch erst viel später auslösen, ist unbegründet und widerlegt durch wissenschaftliche Naturbrandversuche.



Betreiberanforderungen

Vergleich klein - groß

<u>IndBauRL, Kap. 6, Tab. 2</u>	<u>Einzelbewertung nach Ziffer 4.3 M-IndBauRL</u> <u>(Anwendung von Methoden des</u> <u>Brandschutzingenieurwesens und Prüfung</u> <u>durch Spezialsachverständige)</u>
Brandabschnitt max. 10.000 m²	Brandabschnitt 100.000 m²
<u>ERGEBNIS:</u> Trotz Erfüllung des Regelwerkes liegt ein erhöhtes Ausfallrisiko vor, insbesondere bei Reparaturen und Wartungsarbeiten.	<u>ERGEBNIS:</u> Ein Ausfall der technischen Schutzmaßnahmen kann vernünftigerweise ausgeschlossen werden.



Betreiberanforderungen

Wechselnde Brandlasten

Für ständig wechselnde Brandlasten scheidet das Berechnungsverfahren nach Kap. 7 M-IndBauRL aus, mit dem größere BA grundsätzlich möglich wären

- ❖ **Dilemma, dass bei Investoren auf Unverständnis stößt!**
- ❖ **Genehmigungspraxis in anderen Ländern belegt große Freiräume bei der Gestaltung!**
- ❖ **Es stellt sich häufig die Frage, ob es in Deutschland „anders brennt“ oder ob hier andere Brandursachen zu bewerten sind?**



Betreiberanforderungen

Alternative Methoden der Bewertung?

Methoden des Brandschutzingenieurwesens werden insb. in USA, aber auch in EU-Ländern, deutlich ausgeprägter als in Deutschland verwendet und sind weit verbreitet

- ❖ **Dadurch bedingt, liegt dass das Prüfprozedere solcher Bewertungsansätze vielfach in privaten Händen oder bei den Sachversicherern, sobald der Personenschutz nachgewiesen ist!**



Betreiberanforderungen

Der Ruf nach Gleichbehandlung

Ruf der Bauherren nach Gleichbehandlung – aufgrund der Zulässigkeit von sehr großen Brandabschnitten und Tragwerken ohne Feuerwiderstand in anderen Ländern Europas und in den USA – geht fast immer ins Leere und wird häufig einfach abgetan!

- ❖ **Angebliche Gründe: Regeln der Gesetzgeber, Verantwortung kann nicht übernommen werden, Andere interessieren nicht, „Wir sind hier in Deutschland“**
- ❖ **Bauherren investieren gerne in innovative Maßnahmen, setzen den Personenschutz an die erste Stelle und verhindern durch gezielte technische Maßnahmen lange Betriebsunterbrechungen**



Betreiberanforderungen

Auflockerung und Anpassung auch in Deutschland

Argumenten, dass Anpassung der Regelwerke die Erfüllung des postulierten Schutzziele gemäß §14 MBO gefährde, kann mit Blick auf die Vergleiche nur widersprochen werden

- ❖ **Ergebnis wirft Frage auf, welche Gründe dennoch eine Rolle spielen die Erteilung einer Baugenehmigung zu untersagen**
- ❖ **Unverständnis wirft auch die Frage auf, ob wir uns solche Gebäude mit vielen Abweichungen von etablierten Regelwerken überhaupt in Deutschland erlauben können und müssen?**



Betreiberanforderungen

Vertrauen wir dem, was nicht alltäglich ist?

Ist es fehlendes Vertrauen in Methoden des Brandschutzingenieurwesens und die Sicherheitstechnik oder traut man nur baulichen Maßnahmen nachhaltigen und robusten Brandschutz zu?

- ❖ **Warum werden die Ansätze einer deterministischen Risikoanalyse (identifizierende Gefahrenanalyse, z.B. Brand erkennen aber wie wirksame Löscharbeiten?; Wie und womit Sicherstellung der Betriebssicherheit und Wirksamkeit?) sowie das Abschätzen von Risiken mittels Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Systemanalyse (z.B. Versagenswahrscheinlichkeiten von Bauteilen und Systemen, Verbesserung der Systeme ggü. dem Standard; Redundanzen? Neue Sicherheitskategorien) noch nicht so eingesetzt wie in anderen Ländern?**



Betreiberanforderungen

Die Kontrolle

Technische Schutzmaßnahmen werden im Rahmen der Betreiberpflichten durch bestimmungsgemäße Durchführungs-, Erfolgs- und Erhaltungskontrollen durch Sachkundige und Prüfsachverständige auf deren Betriebssicherheit und Wirksamkeit regelmäßig überprüft, fehlt uns hieran der Glaube?

- ❖ **Qualifizierte Kontrollen haben sehr hohen Stellenwert und unterliegen gesetzlichen Regelungen, Redundanzen planen?**
- ❖ **Selten vergleichbar mit den baulichen Barrieren wie Brandabschnittstrennungen (fallen nicht unter Prüfverordnung)**



Betreiberanforderungen

Fehlt uns der Glaube in die Technik?

Wenn wir uns auf bewährte Technik, mit weiterer Verbesserung der Zuverlässigkeit, nicht mehr verlassen, stellen wir das gesamte System der Risikoabschätzung sowie die Einhaltung der Schutzziele und festgelegten materiellen Anforderungen des Bauordnungsrechts infrage!

- ❖ **Eine Ideensammlung, wie sich die Lösungsstrategien mit den derzeit geltenden Regelwerken in Einklang bringen lassen!**



Betreiberanforderungen

Thesen

<u>These/Fragestellung</u>	<u>Bemerkung/Erläuterung</u>
Größere Brandabschnitte sind immer möglich, wenn vom Verfahren nach Kap. 7 M-IndBauRL Gebrauch gemacht wird.	Bewertung scheidet vielfach aus, da wechselnde Brandlasten vorhanden sind und deshalb die Brandlastberechnung nach DIN 18230-1 nicht in Frage kommt, insbesondere bei Logistikimmobilien mit dem Wunsch nach hohen Freiheitsgraden



Betreiberanforderungen

Thesen

<u>These/Fragestellung</u>	<u>Bemerkung/Erläuterung</u>
Die Regelwerke betrachten das Ausfallrisiko von sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen zum größten Teil nicht!	<p>Für alle sicherheitstechnischen Anlagen Nachweis, dass Ausfallwahrscheinlichkeit gegen Null geht und auch bei Wartung/Reparatur Betriebssicherheit gegeben.</p> <p>Nach M-IndBauRL kann von Einzelbestimmungen abgewichen werden, wenn das jeweilige Schutzziel gleichwertig erfüllt wird.</p>



Betreiberanforderungen

Thesen

<u>These/Fragestellung</u>	<u>Bemerkung/Erläuterung</u>
Welche Rolle spielen die postulierten Schutzziele „Sachschutz, Umweltschutz und Nachbarschaftsschutz“?	Sachschutz durch ausfallsichere Technik, außerdem Zusage der Risikoabdeckung durch Sachversicherer (Versicherer tut dies nur, wenn Risiko für ihn tragbar ist). Dies bildet die Säule des Sachschutzes, für Umwelt- und Nachbarschaftsschutz gilt dies entsprechend!



Betreiberanforderungen

Thesen

<u>These/Fragestellung</u>	<u>Bemerkung/Erläuterung</u>
Ist eine Einordnung und Beurteilung unter Berücksichtigung von eingeführten techn. Baubestimmungen solcher baulichen Anlagen möglich?	Vielfach ist nicht bekannt, dass die M-IndBauRL neben den Beurteilungsrastern aus Kap. 6/7 andere Möglichkeiten eröffnet. Anstelle dieser Verfahren können auch Methoden des Brandschutzingenieurwesens zum Nachweis der Schutzziele verwendet werden. Nachweise müssen im Vier-Augen-Prinzip geprüft und gegenüber Behörden bzw. Prüfsachverständigen/-ingenieuren bestätigt werden.



Betreiberanforderungen

Thesen

<u>These/Fragestellung</u>	<u>Bemerkung/Erläuterung</u>
Welche Rolle spielen bei diesem Bewertungsansatz die identifizierende Gefahrenanalyse sowie die Abschätzung von Risiken mittels Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Systemanalyse?	In Bezug auf das Schutzziel „wirksame Löscharbeiten“ ist nachzuweisen, dass die Erkennung eines Brandereignisses möglichst zeitnah erfolgt und die geplante autom. Löschanlage dieses Ereignis bis zum Eintreffen der Feuerwehr sicher kontrolliert. Maßnahmen sind entsprechend der Brandgefahrenklassen hinsichtlich Betriebssicherheit und Wirksamkeit nachzuweisen, z.B. auch durch Redundanzen und Verbesserungen ggü. dem Regelfall. Auch Sicherheitskategorie K4++



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

**Grundsätze eines schutzzielorientierten
Brandschutzkonzeptes lassen sich für solche
Fallkonstellationen wie folgt zusammenfassen:**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

1. Generell bauliche Rettungswege, die auch gleichzeitig Branderkundungs- und Angriffswege für die Feuerwehr darstellen.



Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

2. Anforderungen an Feuerwehrflächen, Feuerwehrbewegungsflächen sowie Anfahrpunkte für die Feuerwehr, die über das hinausgehen, was die M-IndBauRL sowieso festlegt, z.B. Feuerwehrumfahrt auf dem eigenen Grundstück, Feuerwehrbewegungsflächen mindestens alle 100 – 150 m, Anfahrstellen zu den Ein- und Ausgängen in einem Abstand von maximal 20 m zu den Feuerwehrflächen.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

3. Äußere Löschwasserversorgung auf dem eigenen Grundstück, mit erhöhten Leistungsanforderungen.



Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

4. Zusätzliche Anforderungen an Löschanlagen, mit erhöhten Anforderungen an Ausfallwahrscheinlichkeit, die deutlich über das hinausgehen, was die etablierten technischen Regelwerke wie CEA₄₀₀₁, VdS CEA₄₀₀₁, EN₁₂₈₄₅, FM-Global oder NFPA-Regelwerke festlegen.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

5. Erhöhung der Qualität der inneren und äußeren Dachbrandbekämpfung für Feuerwehr, z.B. Wandhydranten mit einer höheren Leistung, sowie Ausstattung mit Hohlstrahlrohren sowie trockene Steigleitungen bis auf die Dachflächen.



Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

6. Zusätzlich zur flächendeckenden automatischen Löschanlage Anordnung von automatischen Rauchmeldern, um die Feuerwehr bei deren Eingriffen in die Lage zu versetzen, den Brandentstehungsort exakt bestimmen zu können, besonders wichtig bei unübersichtlichen Lageranordnungen und hohen Regalanlagen.



Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

7. Besondere technische Maßnahmen zur Abbildung von Interaktionen durch die häufig hierfür eingesetzte Brandmeldeanlage (Brandfallsteuermatrix, ausgelöste Aktionen und Reaktionen) z.B. durch Einsatz sicherheitsgerichteter Steuerungen für komplexe Ansteuerungen und deren bestimmungsgemäße Funktion.



Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

8. Maschinelle Rauchableitung, die sicherstellt, dass auch nach Eintreffen der Feuerwehr eine ausreichende Rauchsichtung gegeben ist und gute Sichtverhältnisse vorhanden sind. Ermittlung Abluftvolumenströme mit ingenieurmäßigen Methoden, so dass die Rauchableitung unabhängig von der Witterungsverhältnissen wirksam ist!



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG

- ❖ **Datengrundlage: Pläne und BSK**
- ❖ **Mittelschneller Brand in Ecke des Brandabschnittes**
- ❖ **Sprinklerung**
 - ❖ **Brandhemmende Wirkung nach Auslösung**
- ❖ **Abluftvolumenstrom**
 - ❖ **80.000 m³/h im betroffenen Drittel der Halle (virtueller Brandabschnitt) - Aktivierung bei Ansprechen des 1. Rauchmelders**
 - ❖ **1 Absaugstelle ca. alle 400 m²**
 - ❖ **60 s Anlaufverhalten der Abluftventilatoren**



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG

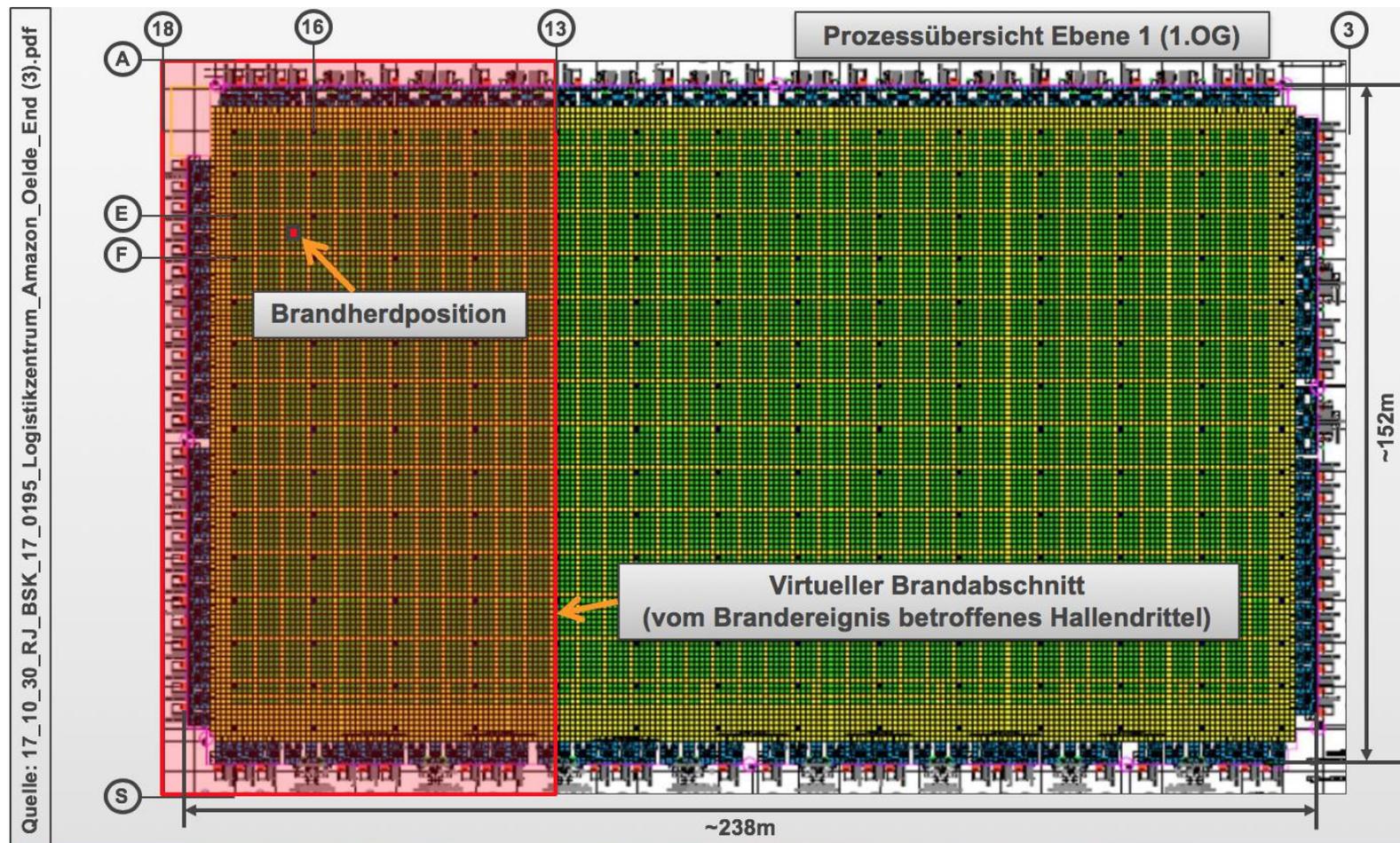
- ❖ **Zuluftflächen**
 - ❖ **Zuluftflächen für maschinelle Zuluft in Fassade**
(2x 11 m² = 22 m²)
 - ❖ **Zuluftgeschwindigkeit max. 1 m/s**
 - ❖ **Türen in Außenwand als Druckausgleich/Leckage**
- ❖ **Erhöhung der Deckenkonstruktion**
 - ❖ **Anhebung der Geschosshöhe um 50 cm (2/3-Regelung)**
auf 4,90 m Geschosshöhe



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG



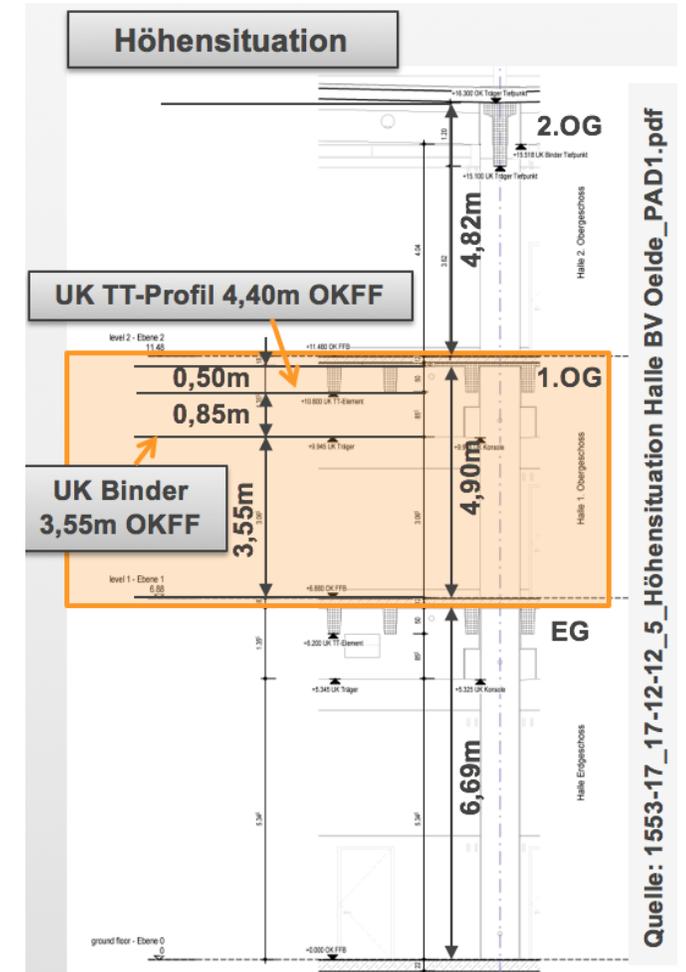
**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG

- ❖ Druckausgleichflächen/Leckage
- ❖ Flächen zum Druckausgleich (Leckage) als Druckrandbedingung (Türen in Vorder- und Hinterwand)
- ❖ Erhöhung der Geschosshöhe um 50 cm auf insgesamt 4,90 m
- ❖ Unterzüge/Deckenprofil nach neuen Detailzeichnungen
- ❖ UK Unterzug lange Hallenachse: 3,55 m
- ❖ UK TT-Profildecke kurze Hallenachse: 4,40 m

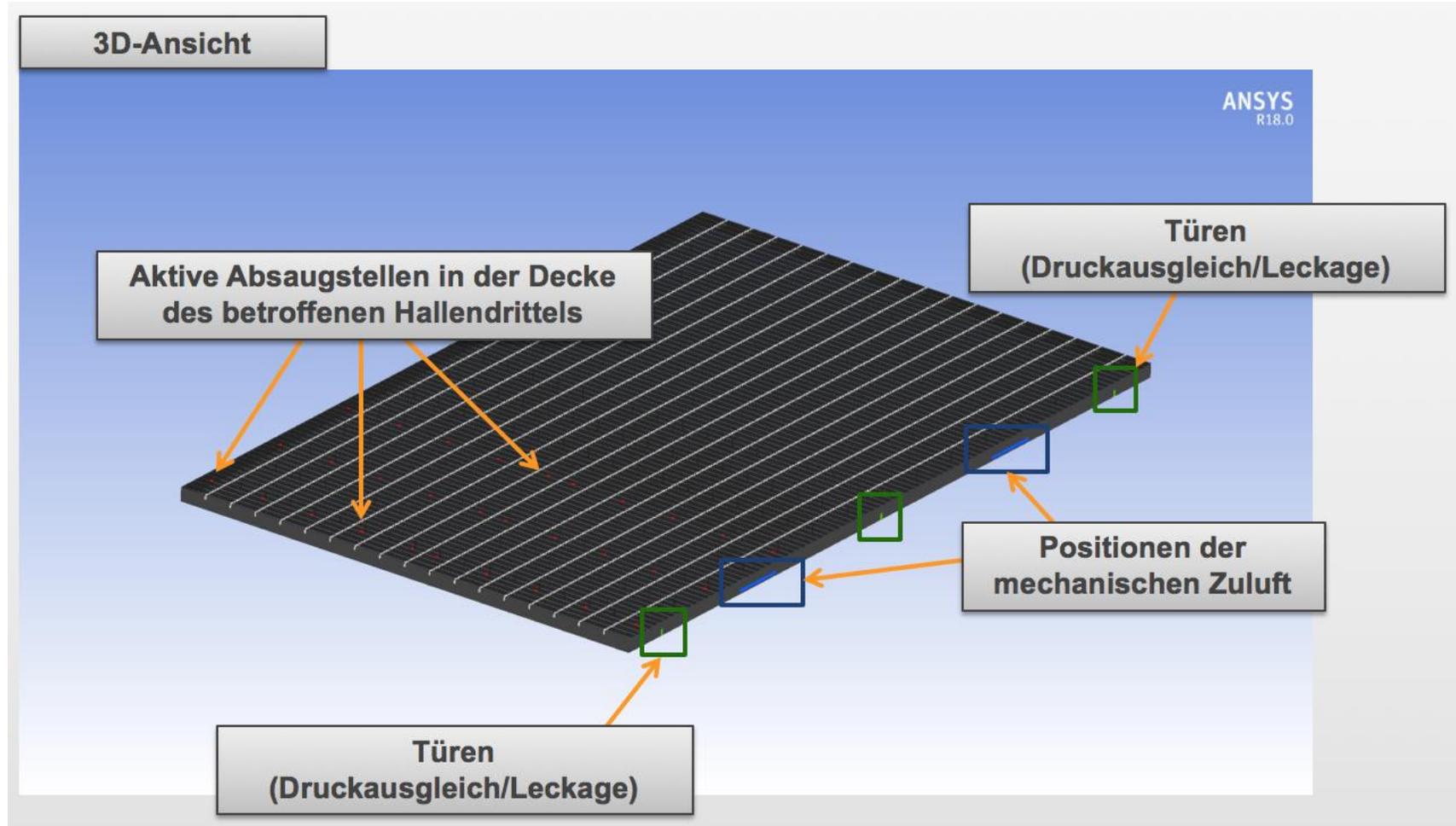




Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG





Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG

> Wärmefreisetzung

» Wärmefreisetzung:

$$\dot{Q}_{Brand} = \begin{cases} \alpha \cdot \text{Zeit} & \forall \text{Zeit} < t_s \quad (\text{Brandphase 2 nach VDI 6019}) \\ \alpha \cdot t_s^2 \cdot e^{-0.0023 \cdot (\text{Zeit} - t_s)} & \forall \text{Zeit} \geq t_s \quad (\text{Brandphase 4 nach VDI 6019}) \end{cases}$$

mit Brandintensitätskoeffizient $\alpha^* = 1.2e-2 \text{ kW/s}^2$

Sprinklerauslösezeit $t_s^{**} = 248s$

> Rauchgasentwicklung

» Rauchgasfreisetzung nach:

$$\dot{m}_{RG} = \dot{Q}_{Brand} \cdot \gamma$$

mit Rußausbeutefaktor $\gamma^{***} = 4e-3 \text{ g/kJ}$

(Mittelwert für 50% Holz, 25% PS, 25% PU-Schaum)

Tabelle: Rußausbeuten der Brandedukte***

Brandedukt	y_s [g/g]	ΔH_{ch} [kJ/g]	γ [g/kJ]
Holz (red oak)	0,015	12,4	1,2e-3
PS	0,164	27,0	6,1e-3
PU-Schaum (GM29)	0,130	16,4	7,9e-3

* Annahme: mittelschnelle Brandentwicklung nach VDI 6019: Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden, Blatt 1

** Ermittlung der Sprinklerauslösezeit nach Alpert, Hekstad, Delichatsios.: Ceiling Jet Flows in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition, Volume I Chapter 14, Society of Fire Protection Engineers, New York, 2016 und Davis, William D.: The Zone Fire Model Jet: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperatures in the Presence of a Smoke Layer. NISTIR 6324, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, May 1999

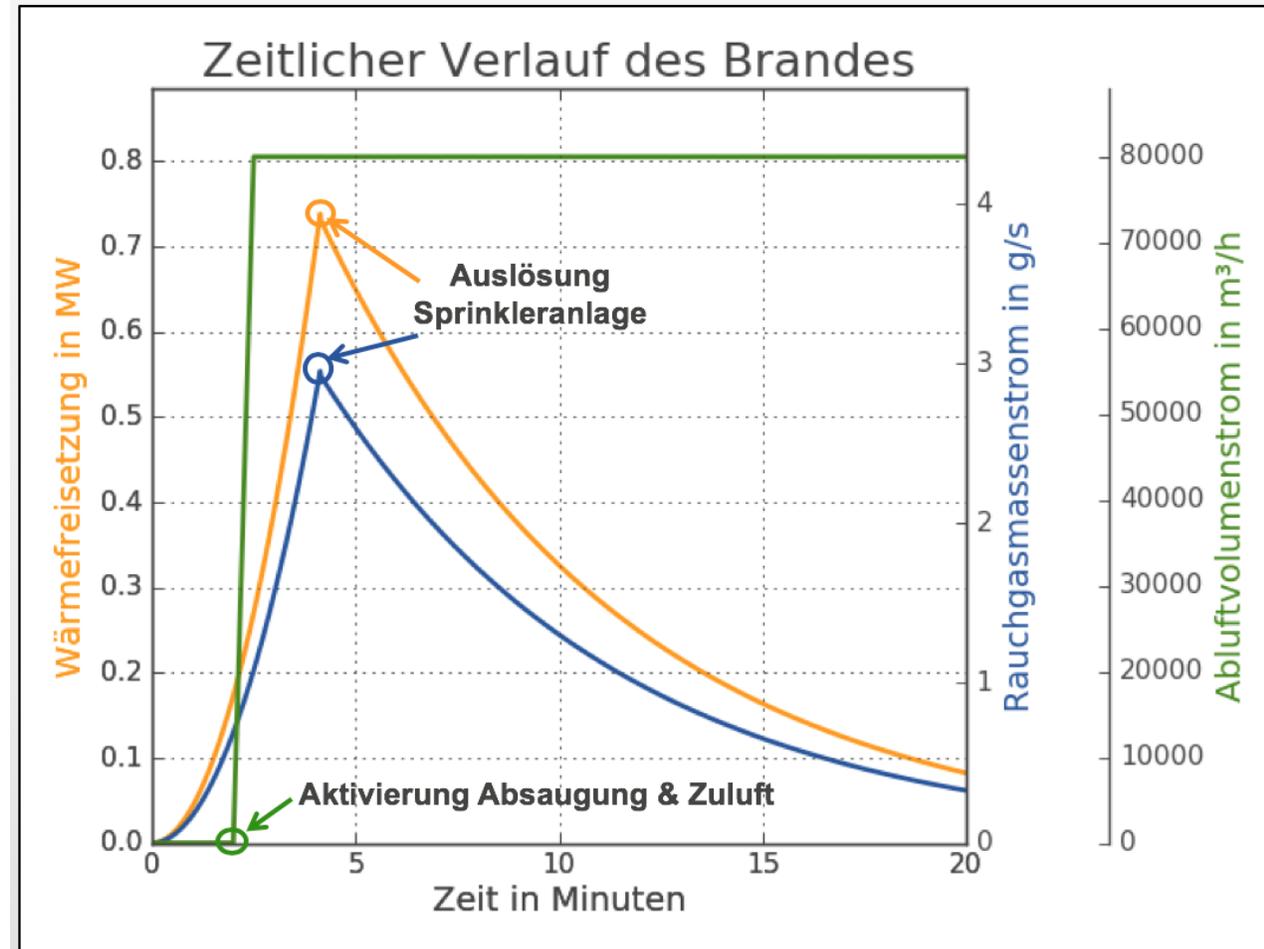
*** nach Tewarson, A.: Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd Edition, Section 3, Chapter 4, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG



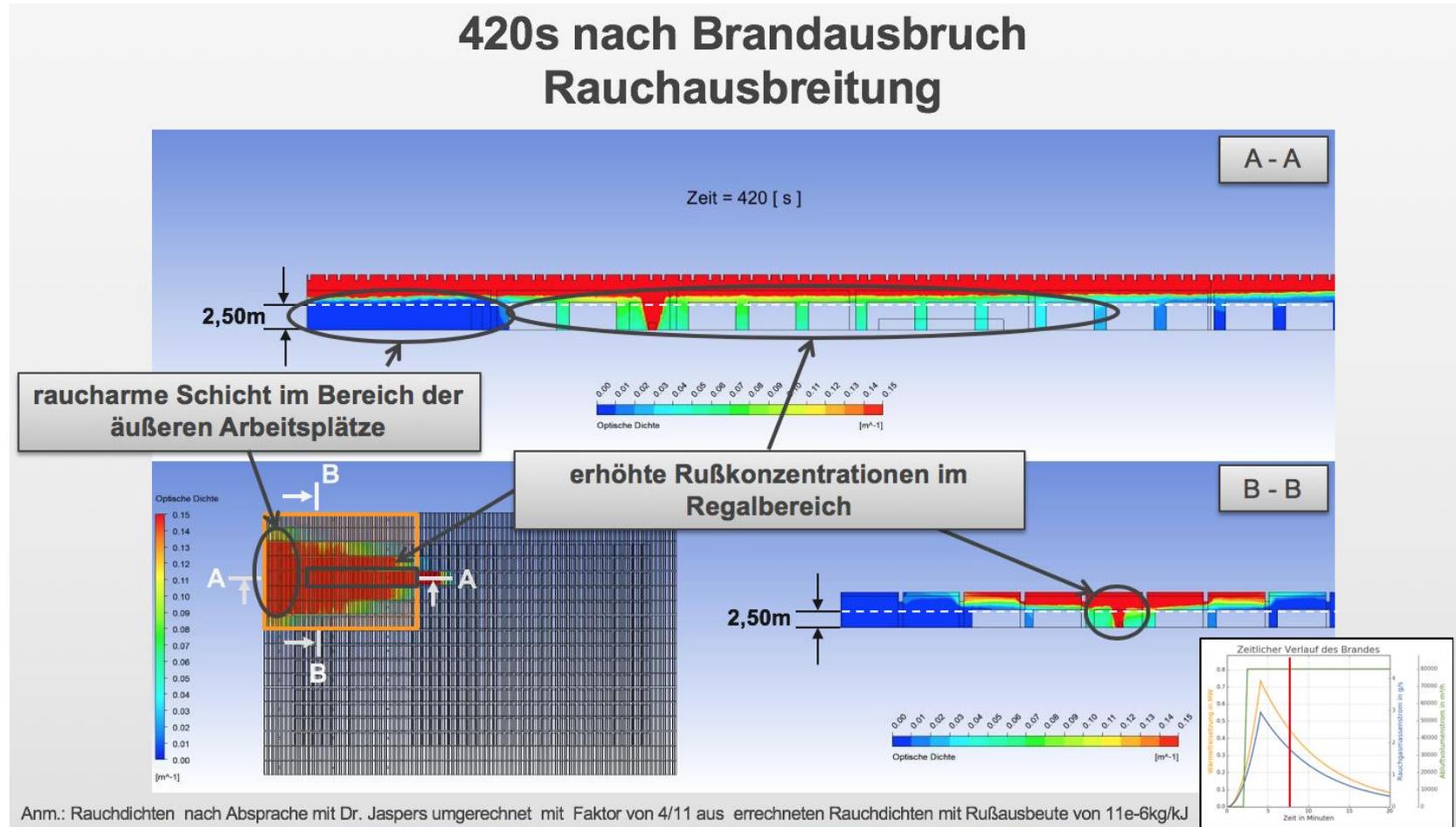


Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG

420s nach Brandausbruch Rauchausbreitung



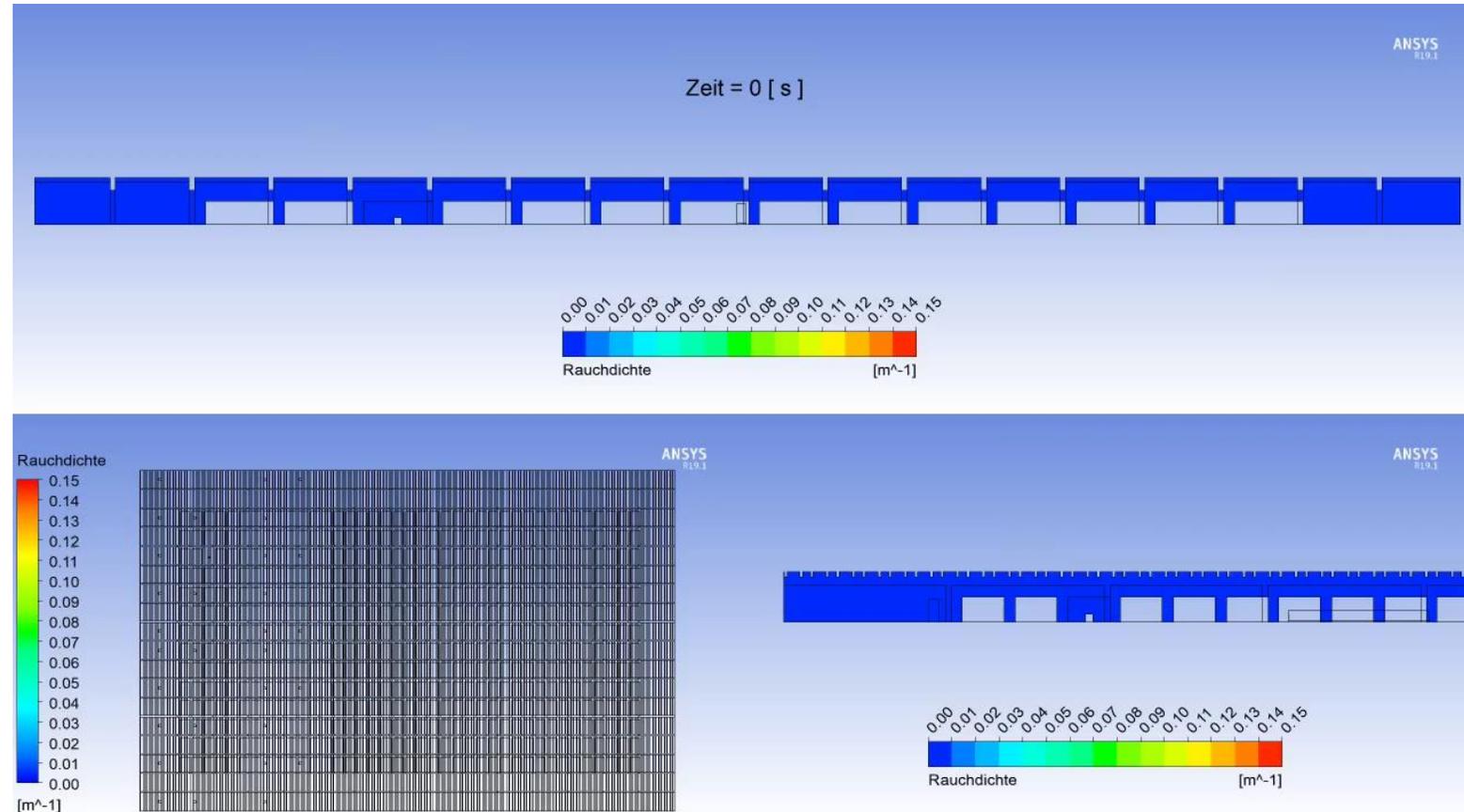
BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG



**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon 1. OG

- ❖ **Simulationsergebnisse = Optimierungspotenziale**
 - ❖ **Anhebung Geschosshöhe = vergrößerter Abstand zwischen Regalen und Unterzügen = Verringerung Raucheintrag Regalbereich**
 - ❖ **Erhöhung des Absaugvolumenstroms und Absaugung in mehreren virtuellen Brandabschnitte = effektivere Rauchableitung**



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG

- ❖ **Datengrundlage: Pläne und BSK**
- ❖ **Mittelschneller Brand in Ecke im Brandabschnitt (Achse 16-16.1/E-F)**
- ❖ **Sprinklerung**
 - ❖ **Brandhemmende Wirkung nach Auslösung**
- ❖ **Abluftvolumenstrom**
 - ❖ **80.000 m³/h im betroffenen Drittel der Halle (virtueller Brandabschnitt) - Aktivierung bei Ansprechen des 1. RM**
 - ❖ **1 Absaugstelle alle 400 m²**
 - ❖ **60 s Anlaufverhalten der Abluftventilatoren**



Betreiberanforderungen

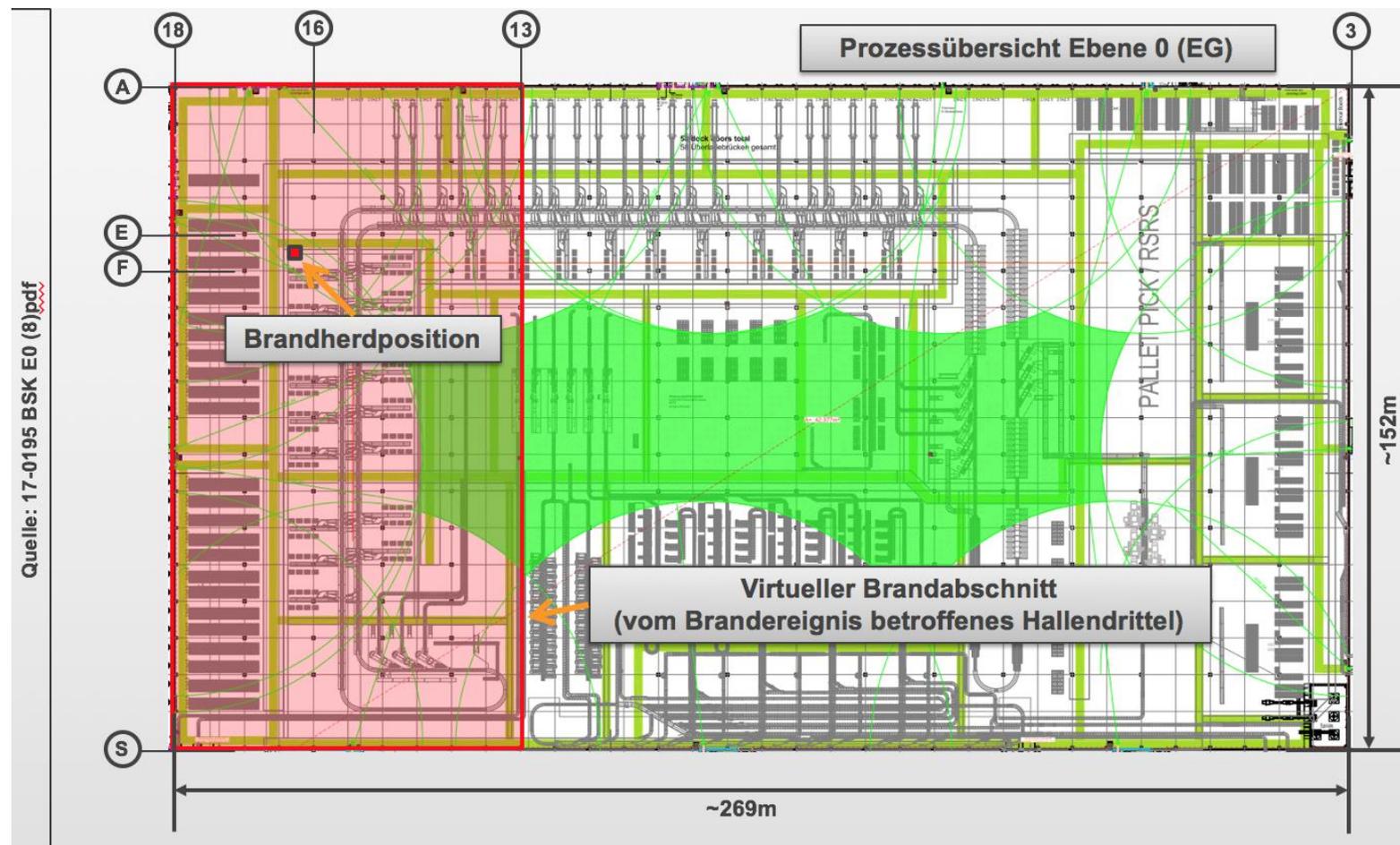
Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG

- ❖ **Zuluftflächen**
 - ❖ **Maschinelle Zuluft in Fassade (2x 11 m² = 22 m²)**
 - ❖ **Zuluftgeschwindigkeit max. 1 m/s**
 - ❖ **Türen in Außenwand als Druckausgleich/Leckage**



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungstudie Amazon EG

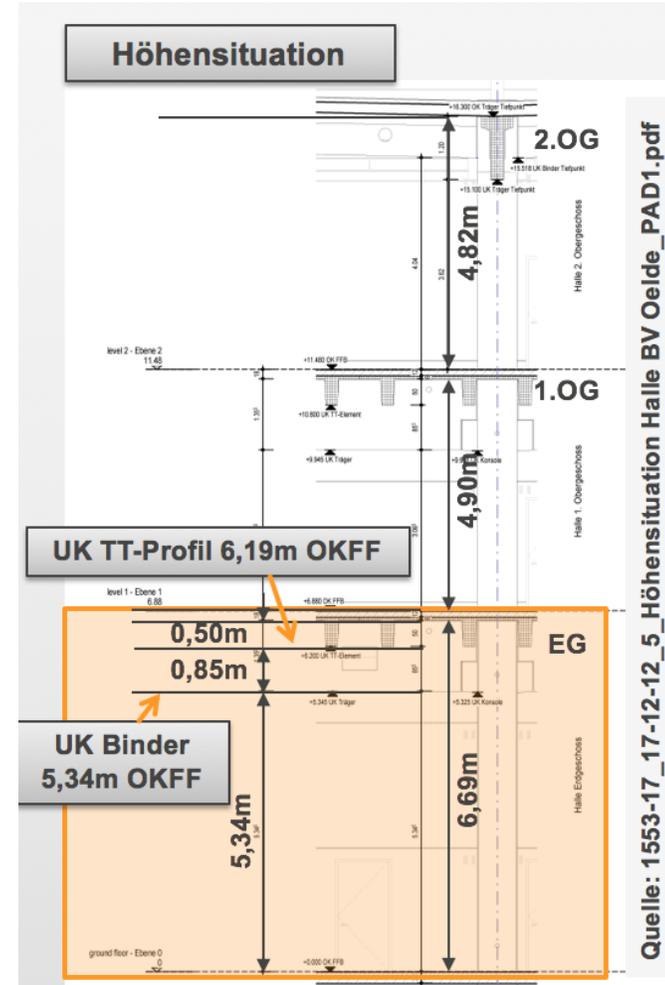




Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG

- ❖ Druckausgleichsflächen/Leckage
- ❖ Flächen zum Druckausgleich (Leckage) als Druckrandbedingung (Türen in Vorder- und Hinterwand)
- ❖ Unterzüge/Deckenprofil nach neuen Detailzeichnungen
- ❖ UK Unterzug lange Achse: 5,34 m
- ❖ UK TT-Profildecke kurze Achse: 6,19 m

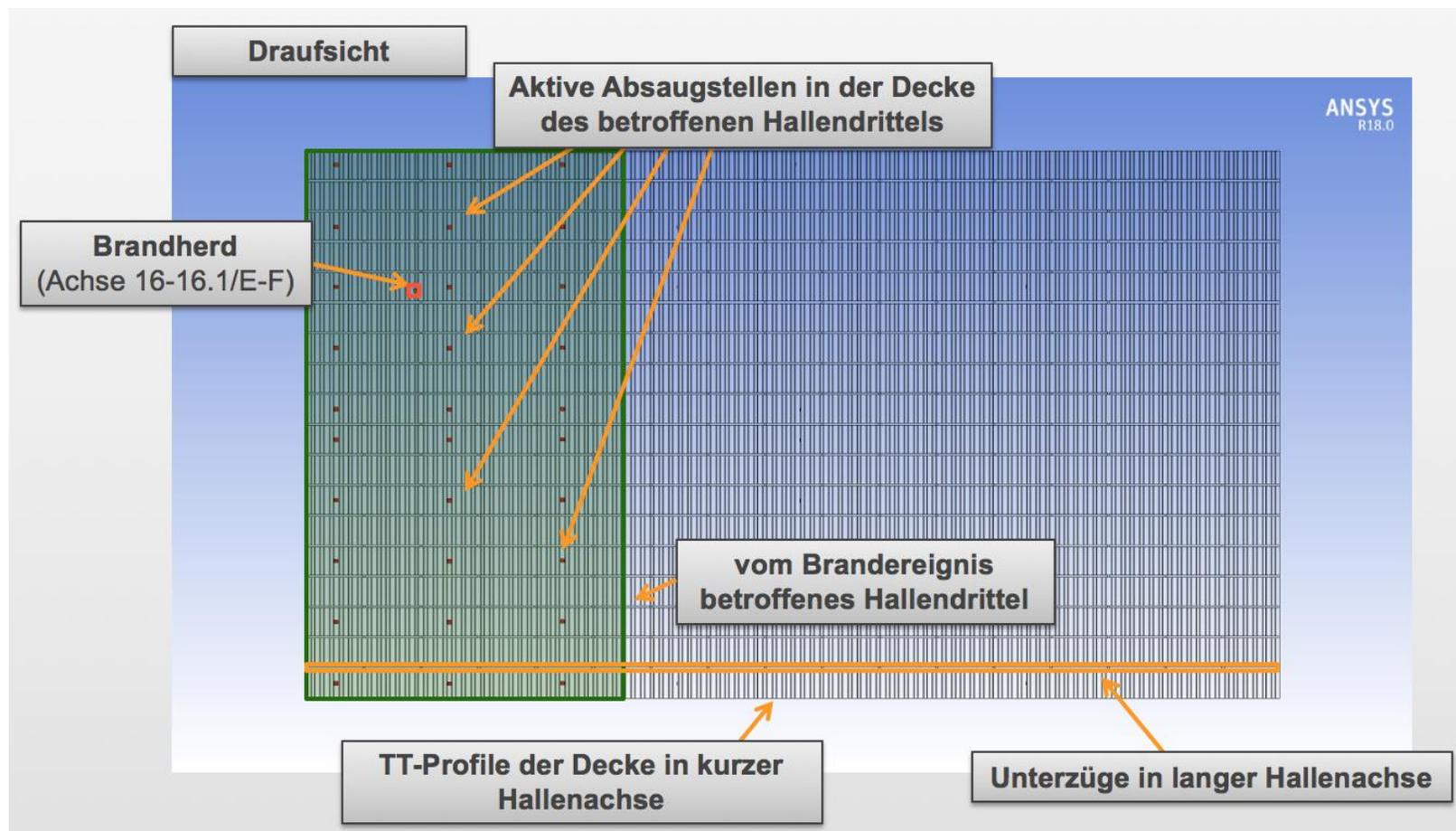




Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG





Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG

> Wärmefreisetzung

» Wärmefreisetzung:

$$\dot{Q}_{Brand} = \begin{cases} \alpha \cdot \text{Zeit} & \forall \text{Zeit} < t_s \text{ (Brandphase 2 nach VDI 6019)} \\ \alpha \cdot t_s^2 \cdot e^{-0.0023 \cdot (\text{Zeit} - t_s)} & \forall \text{Zeit} \geq t_s \text{ (Brandphase 4 nach VDI 6019)} \end{cases}$$

mit Brandintensitätskoeffizient $\alpha^* = 4.7e-2 \text{ kW/s}^2$

Sprinklerauslösezeit $t_s^{**} = 171 \text{ s}$

> Rauchgasentwicklung

» Rauchgasfreisetzung nach:

$$\dot{m}_{RG} = \dot{Q}_{Brand} \cdot \gamma$$

mit Rußausbeutefaktor $\gamma^{***} = 4e-3 \text{ g/kJ}$

(Mittelwert für 50% Holz, 25% PS, 25% PU-Schaum)

Tabelle: Rußausbeuten der Brandedukte***

Brandedukt	y_s [g/g]	ΔH_{ch} [kJ/g]	γ [g/kJ]
Holz (red oak)	0,015	12,4	1,2e-3
PS	0,164	27,0	6,1e-3
PU-Schaum (GM29)	0,130	16,4	7,9e-3

* Annahme: schnelle Brandentwicklung nach VDI 6019: Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden, Blatt 1

** Ermittlung der Sprinklerauslösezeit nach Alpert, Hekestad, Delichatsios.: Ceiling Jet Flows in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition, Volume I Chapter 14, Society of Fire Protection Engineers, New York, 2016 und Davis, William D.: The Zone Fire Model Jet: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperatures in the Presence of a Smoke Layer. NISTIR 6324, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, May 1999

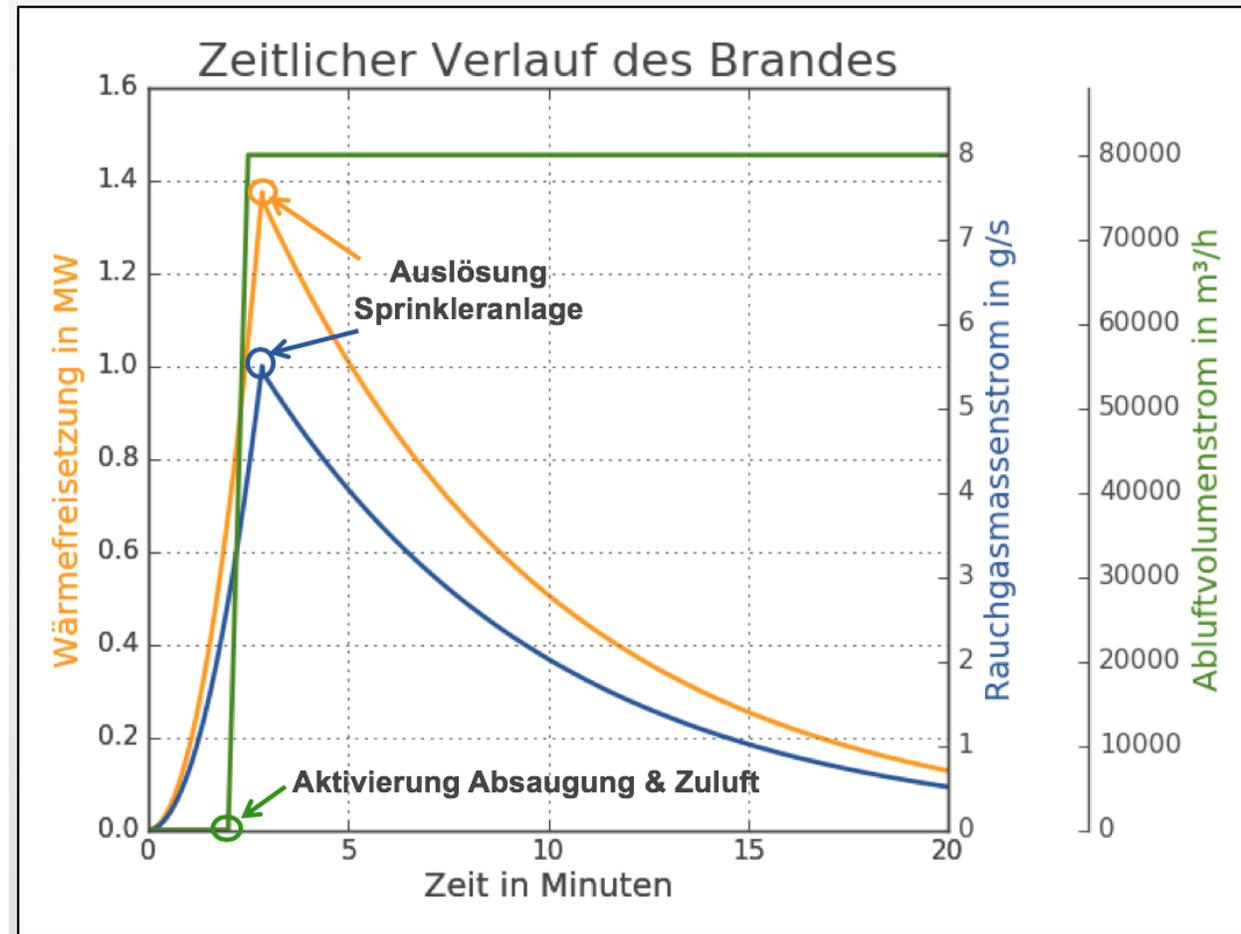
*** nach Tewarson, A.: Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd Edition, Section 3, Chapter 4, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG



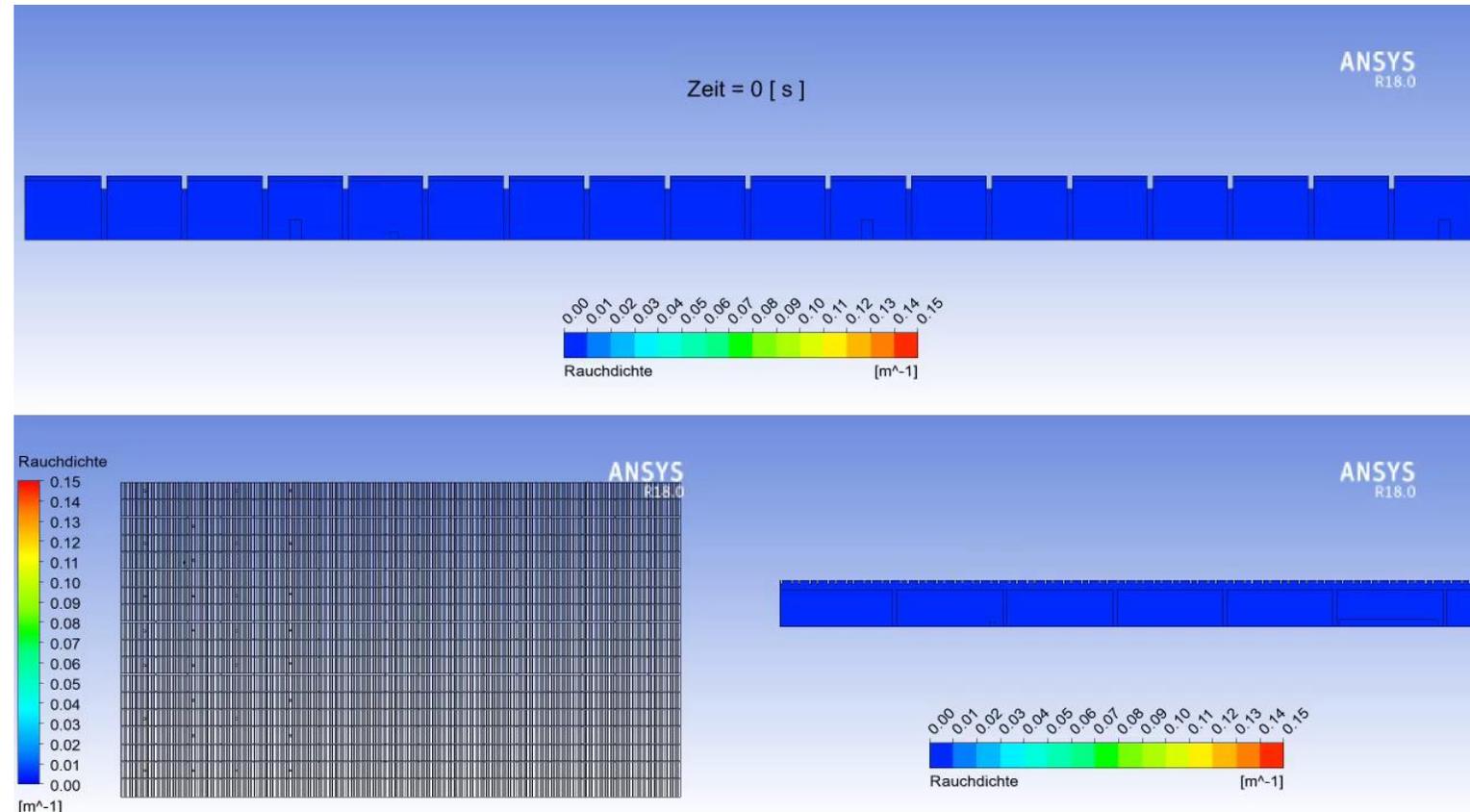

**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG



**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Betreiberanforderungen

Beispiel Entrauchungsstudie Amazon EG

- ❖ **Randbedingungen, Ergebnisse, Empfehlungen:**
 - ❖ **Bis Branddetektion und Aktivierung Entrauchung sammelt sich der Rauch unterhalb der Decke. Arbeitsplätze bleiben annähernd rauchfrei.**
 - ❖ **Nach ca. 5-7 Minuten breitet sich Rauchsicht in benachbartem virtuellem Rauchabschnitt aus.**
 - ❖ **Für gesamten betrachteten Zeitraum (15 Min.) ist raucharme Schicht > 2,50 m vorhanden.**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

9. Über die Anforderungen der M-IndBauRL hinausgehende Anforderungen z.B. Dachaufbau, bei Installation von PV-Anlagen sowie an Außenwandverkleidungen.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Das mögliche Konzept

10. Einsatz von Ingenieurmethoden des Brandschutzes bei Überschreitung von Rettungsweglängen unter Berücksichtigung der qualifizierten Maßnahmen zur Rauchableitung.



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

- ❖ **Projektdatei des Simulationsmodells**
 - ❖ **Etagen: 4 (Ebene 0, 1, 2 und Dach) [Zwischen EG und 1. OG wurde Zwischengeschoss eingebaut, um Treppen vollständig abzubilden]**
 - ❖ **Abmessung: 339,2 m x 220,4 m (848 x 551 Zellen)**
 - ❖ **Agenten: 1.032 (Antragsfall), 1.500 (Referenzfall Spitzenzeit)**
 - ❖ **Software: PedGo v2.7.0.2 beta, PedEd v2.7.0.90 beta**



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

- ❖ **Szenarien**
 - ❖ **Szenario 1, Antragsfall**
 - ❖ Entfluchtung des geplanten Objekt mit maximaler Mitarbeiteranzahl
 - ❖ **Szenario 2, Referenzfall**
 - ❖ Entfluchtung mit erhöhter Mitarbeiteranzahl als Äquivalenzkriterium. „Worst-Case-Szenario“ Stoßzeiten Weihnachtsgeschäft.



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Routen

- ❖ Abhängig von ihrer Startposition laufen Agenten auf kürzester Distanz zum nächstgelegenen Hauptgang und folgen diesem zum nächstgelegenen, verfügbaren Ausgang. Laufwege sind anhand Pfadplots festgelegt.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

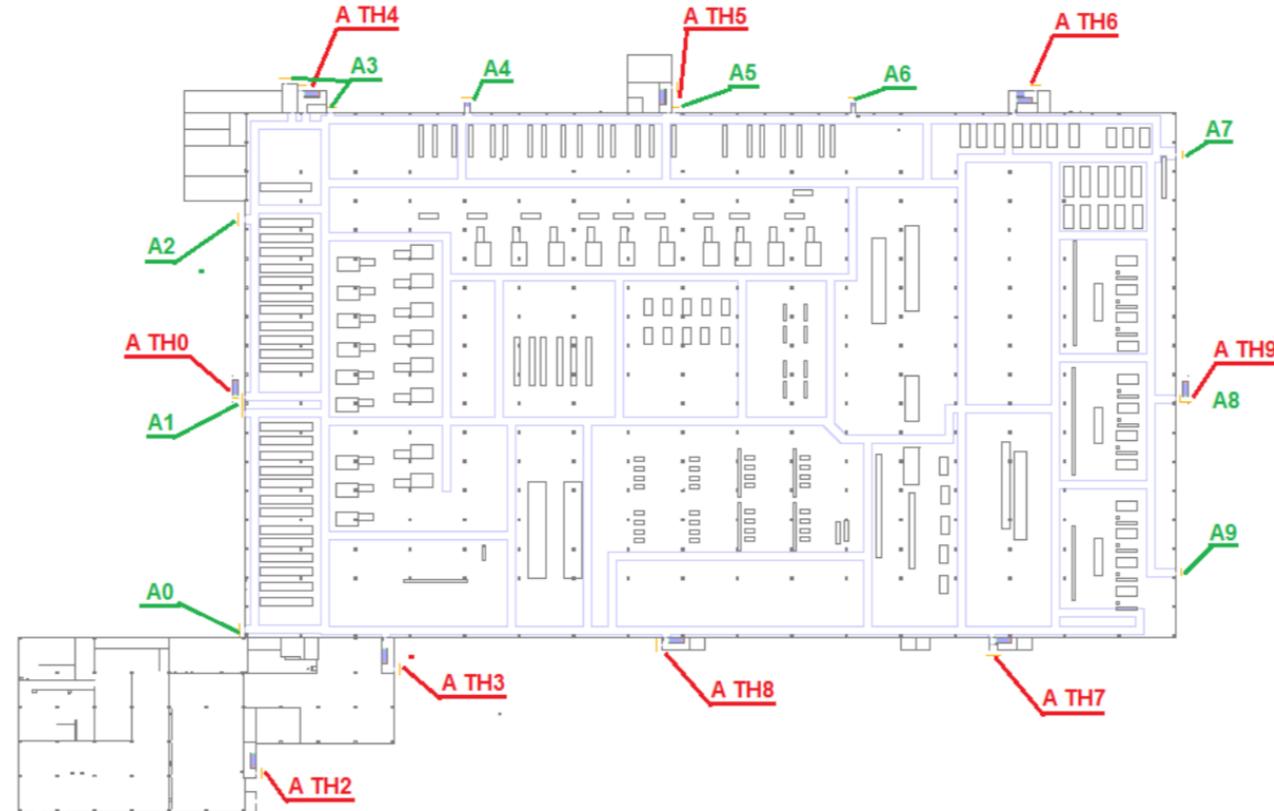


Abb. 4: Bezeichnungen der Ausgänge (Treppenhäuser: rot, direkte Ausgänge: grün).



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Verteilung

	Ebene 0	Ebene 1	Ebene 2
Szenario 1, Antragsfall	672	180	180
Szenario 2 Referenzfall	735	382	382

Tab. 1: Personenverteilung nach Szenario und Ebene.



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Annahmen

Gebäudetyp	A (wach, vertraut, niedrige Dichte)
Alarmierungssystem	A1 (Automatisches Brandmeldesystem mit sofortiger Alarmierung der betroffenen Bereiche)
Gebäudekomplexität	B1 (Einfacher, offener Grundriss)
Brandschutzmanagement	M1 (Große Zahl gut geschulte Brandschutzhelfer, Sicherheitssystem unabhängig geprüft)

Tab. 2: Annahmen zur Bestimmung der Reaktionsdauer-Verteilung.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Pfadplots

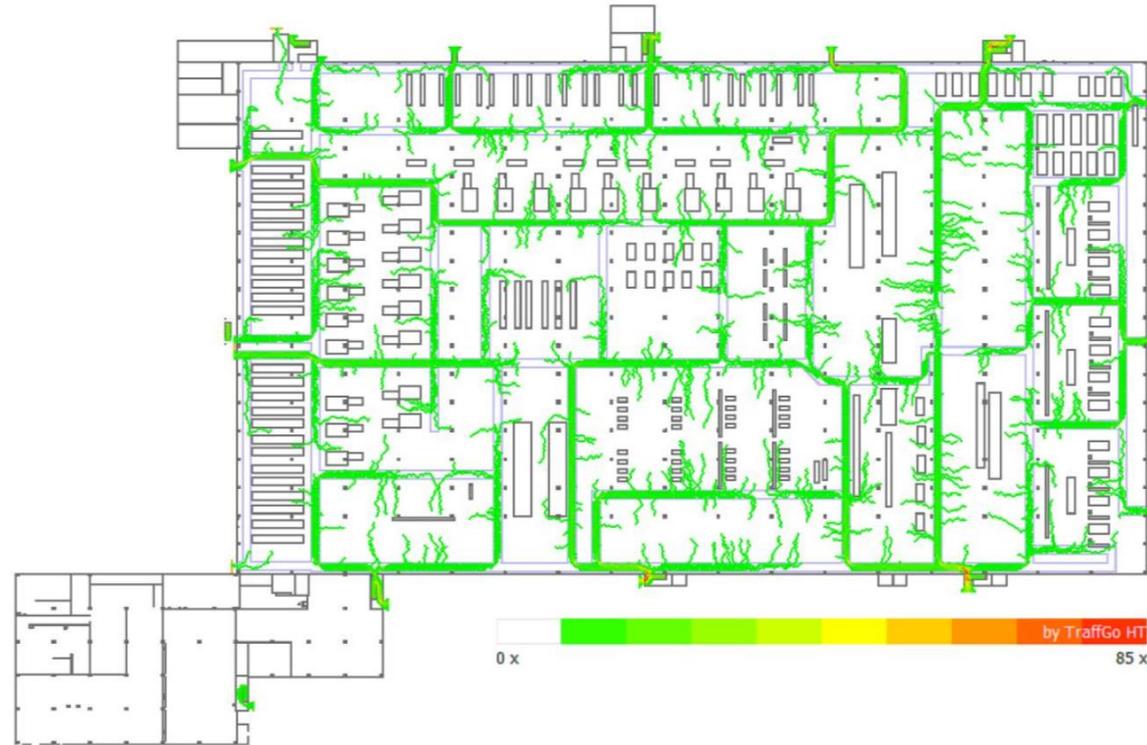


Abb. 14: Pfadplot des Szenario 1, Ebene 0.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Pfadplots

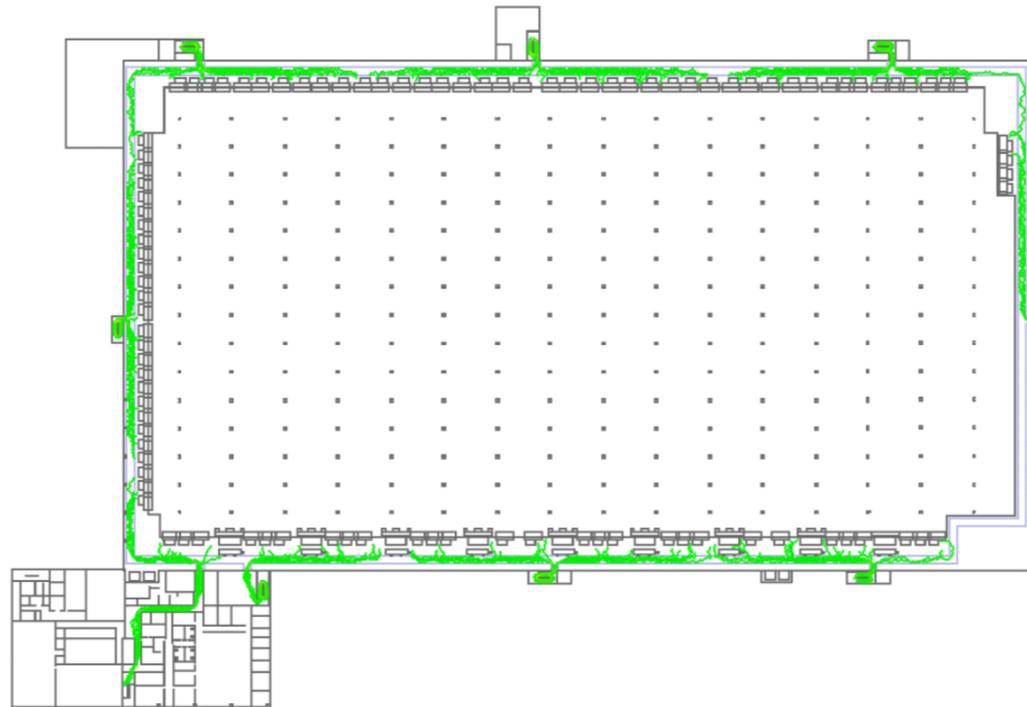


Abb. 15: Pfadplot des Szenario 1, Ebene 1.



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

- ❖ **Entfluchtungsauern**
 - ❖ **Entfluchtungsauern werden maßgeblich durch die zurückgelegten Distanzen bestimmt, nicht durch Staus. Bei untersuchten Szenarien unterscheiden sich die Entfluchtungsauern nur unwesentlich. Kürzere Entfluchtungsauern in Ebenen 1 und 2, da Mitarbeiter nur am Rand der Hallen arbeiten. Unterschied mit erhöhter Personenzahl ist vernachlässigbar.**



Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Entfluchtungsdauern

/min:s	Szenario 1 Antragsfall	Szenario 2 Referenzfall
Gesamtgebäude		
Mittelwert	5:58	6:04
Standardabweichung	0:54	0:51
Signifikant	7:31	7:37
Minimum	4:10	4:23
Maximum	9:11	9:01
Signifikant pro Ebene		
Ebene 0	7:18	7:23
Ebene 1	3:18	3:30
Ebene 2	3:21	3:36

Tab. 5: Vergleich der ermittelten Entfluchtungsdauern.

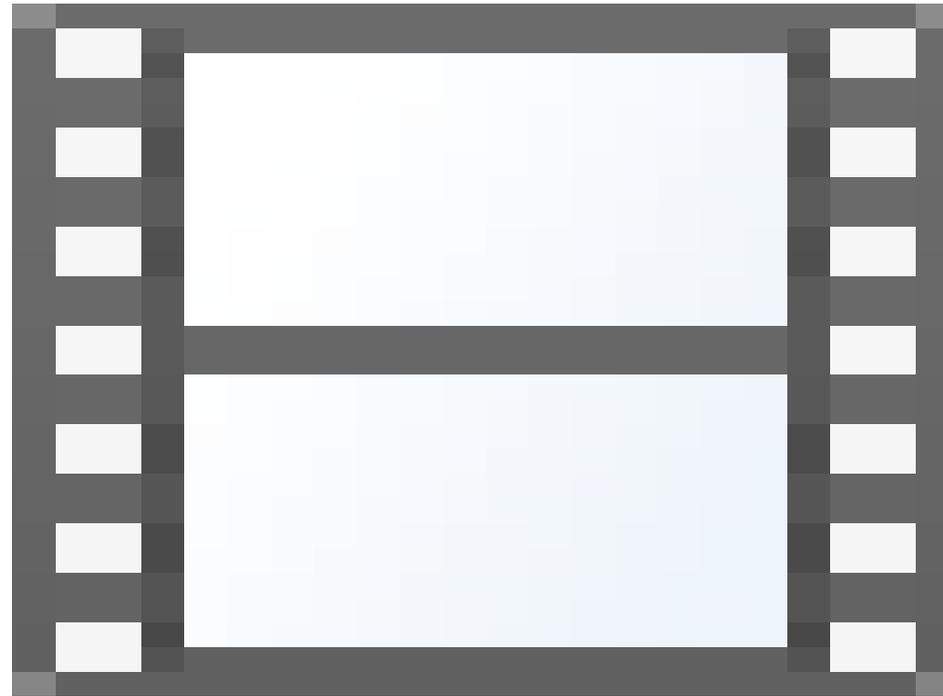


Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Entfluchtungsdauern



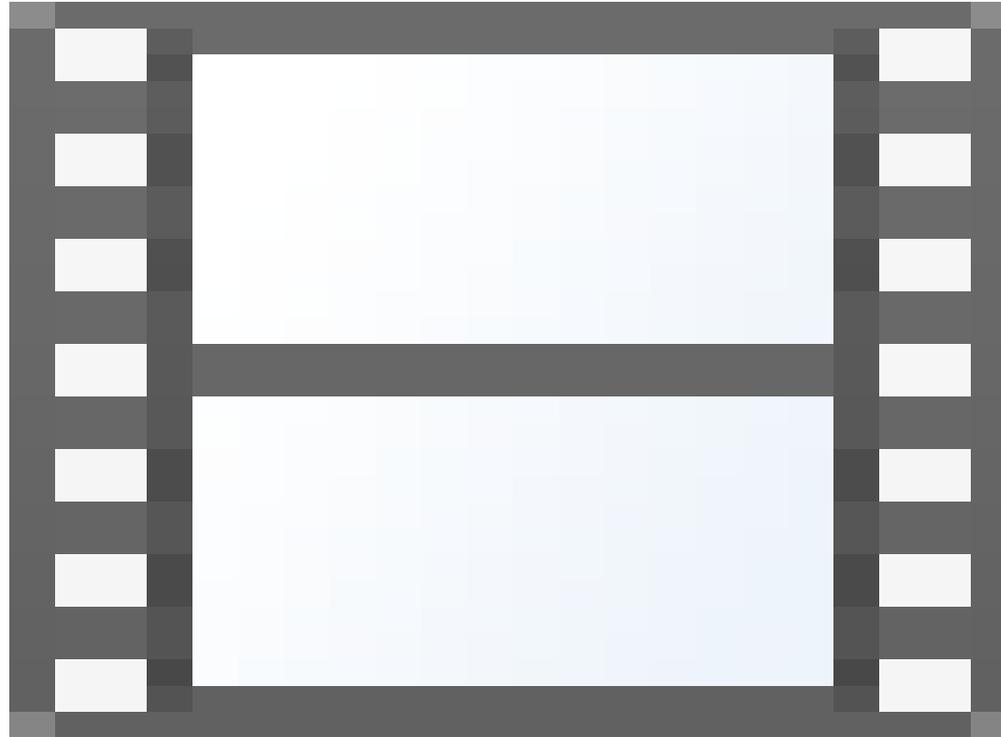


Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Entfluchtungsdauern



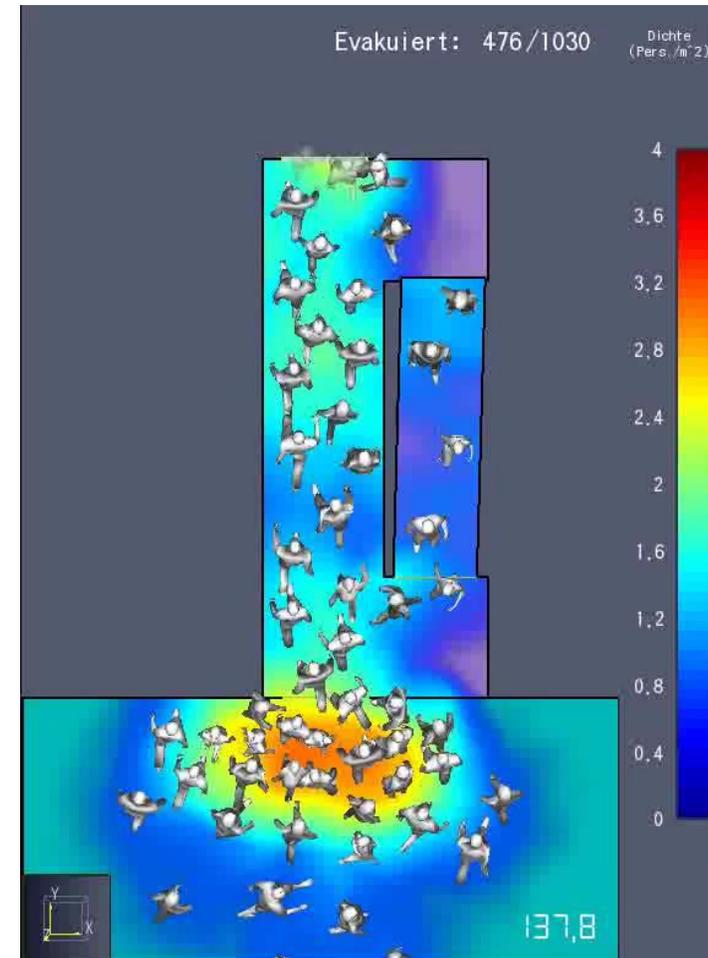


Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Betreiberanforderungen

Beispiel Personenstromanalyse Amazon

❖ Entfluchtungsdauern





Betreiberanforderungen

Das Vertrauen in Ausfallreduzierung muss wachsen!

Diskussion über Ausfallwahrscheinlichkeiten und deren technische Absicherung muss weiter und tiefer untersucht und hoffähig gemacht werden!

Ansätze sind hierfür schon lange bekannt, dies wird aber vielfach verdrängt und auch gerne mit Verweis auf die derzeit anzuwendenden technischen Vorschriften abgetan!

Aber die Tatsachen sprechen für sich!



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Zusammenfassung und Ausblick


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**

Referenten: Dr. Rainer Jaspers, Bernd Sacher | BRANDSCHUTZFORUM MÜNCHEN, 23.11.18



Zusammenfassung/Ausblick

Ausfall- und Versagenswahrscheinlichkeiten von technischen Anlagen sind unabdingbar, wenn auf bauliche Barrieren verzichtet werden soll!

- ❖ **Auch bauliche Barrieren sind kein Alleinstellungsmerkmal, da diese aufgrund von Mängeln auch versagen können!**



Zusammenfassung/Ausblick

Ansätze zur Realisierung großer Brandabschnitte bei wechselnden Lagergütern sind in der M-IndBauRL (Kap. 4.3) festgelegt, werden aber nicht häufig angewendet!

- ❖ **Skepsis bei Genehmigungsbehörden und Voraussetzung einer deterministischen Risiko- sowie einer Systemanalyse**
- ❖ **Erfordernis, die Nachweise durch Methoden des Brandschutzingenieurwesens im Vier-Augen-Prinzip durch Spezial Sachverständige prüfen zu lassen → Einschränkung der Mitwirkung der Behörden → Vertrauen in Ersteller und Prüfer muss wachsen und ist unabdingbar!**



Zusammenfassung/Ausblick

In einer Gesamtbetrachtung muss erreicht werden, dass das Vertrauen in die Technik wächst und dass (Langzeit-) Erfahrungen aus anderen Ländern nicht als unverwertbar abgetan werden!

- ❖ **Methoden des Brandschutzingenieurwesens sowie andere Ansätze zum Nachweis der Ausfall- und Versagenswahrscheinlichkeit müssen an Bedeutung in der Verwaltungspraxis gewinnen**
- ❖ **Innovationen werden dadurch zugelassen und die Kür des Brandschutzes wird nicht gehemmt sondern unterstützt!**



Zusammenfassung/Ausblick

Technologiewachstum bei Logistikimmobilien darf nicht durch unbegründete Vorbehalte verhindert werden!

Der Industriestandort Deutschland muss nachhaltig interessant bleiben – auch durch neue bzw. nicht alltägliche Bewertungsansätze eines innovativen Brandschutzes.



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Zusammenfassung/Ausblick

QUO VADIS?


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**



Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Zusammenfassung/Ausblick

Cartman: The low-cost Cartesian Manipulator that won the Amazon Robotics Challenge

D. Morrison, A.W. Tow, M. McTaggart, R. Smith, N. Kelly-Boxall, S. Wade-McCue,
J. Erskine, R. Grinover, A. Gurman, T. Hunn, D. Lee, A. Milan, T. Pham, G. Rallos,
A. Razjigaev, T. Rowntree, K. Vijay, Z. Zhuang, C. Lehnert, I. Reid, P. Corke, and J. Leitner





Dr. Rainer Jaspers
Projekt-Consult GmbH

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Noch Fragen?
Oder nur Antworten?


**BRAND
SCHUTZ
FORUM
MÜNCHEN**