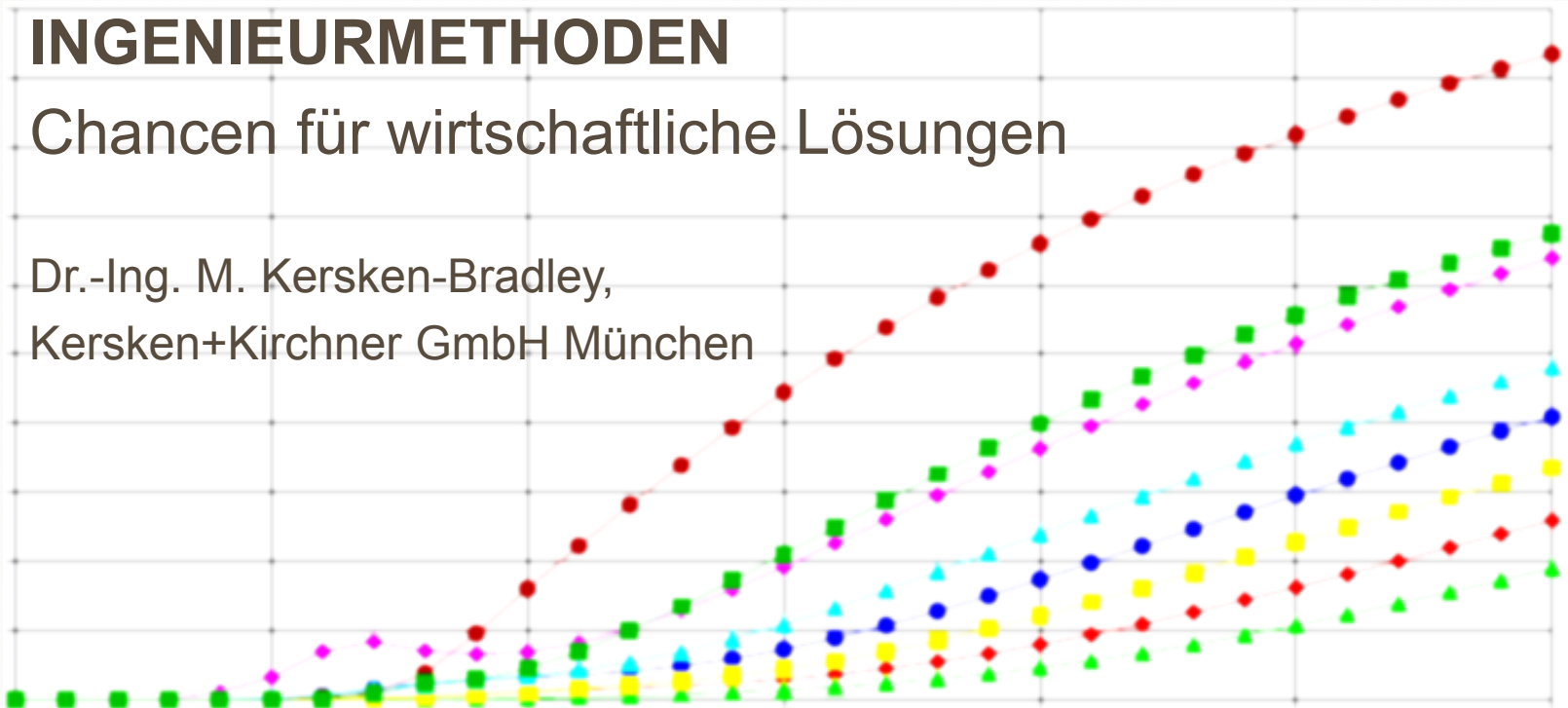


BRANDSCHUTZKONZEPTE MIT INGENIEURMETHODEN

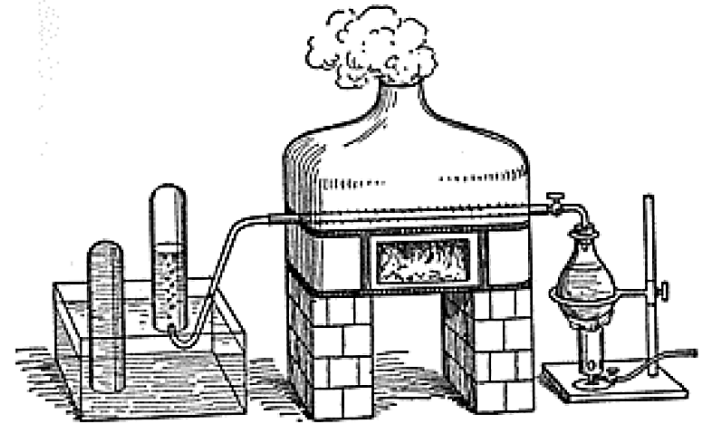
Chancen für wirtschaftliche Lösungen

Dr.-Ing. M. Kersken-Bradley,
Kersken+Kirchner GmbH München



1789 Graf Rumford, Bayerischer Minister
Grundlagen der Wärmelehre

1825 Michael Faraday
The Chemical History of a Candle



1840 J. Mayer, J. Joule, H. Helmholtz
1. Hauptsatz der Thermodynamik

1850 R. Clausius
2. Hauptsatz der Thermodynamik

BRANDVERSUCHE - Beginn

Theaterbrände führten zu:

1735 O. Wyld

Patent: Erstes Flammenschutzmittel für Textilien

1812 Sir W. Congreve

Erste Sprinkleranlage Theatre Royal UK

1884 MIT + Versicherer

Großversuche für Sprinkleranlagen

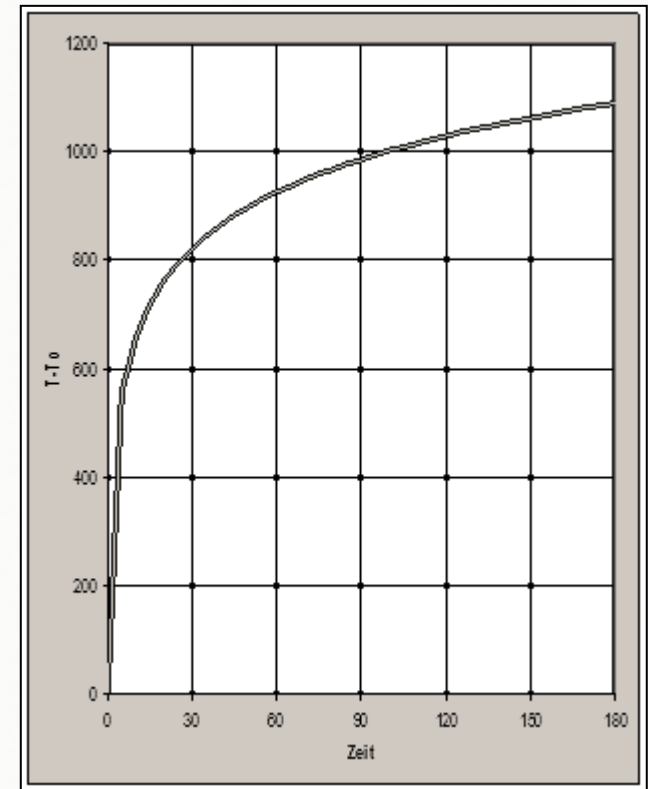
1890 Erste Brandversuche (Decken)

1900 New York City Code

1908 erster ASTM Standard

1918 ASTM E119:

$$T = T_0 + 345 \log(0,183 t + 1)$$



1928 Simon Ingberg

Tests of the Severity
of Building Fires

Versuche mit

49 kg/m² ... 290 kg/m²

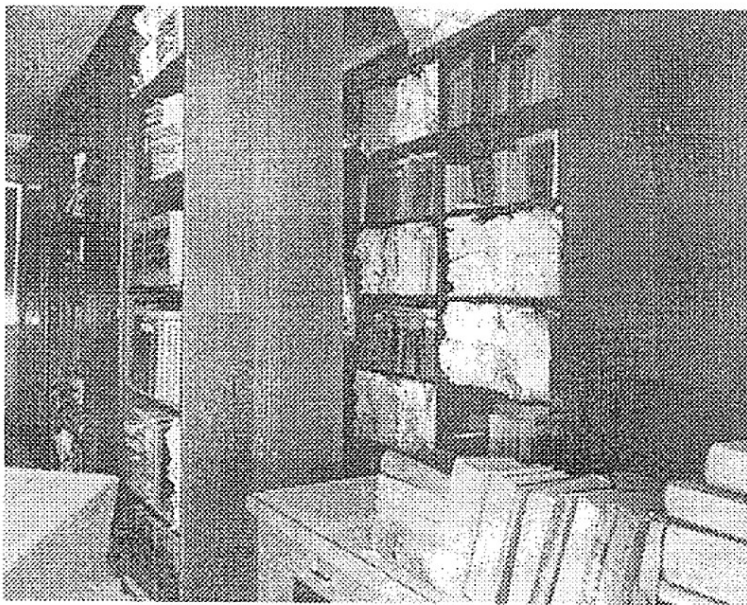


Fig. 2. Steel shelving in the small fire test building arranged to represent a records room. (Used with permission of NFPA.)

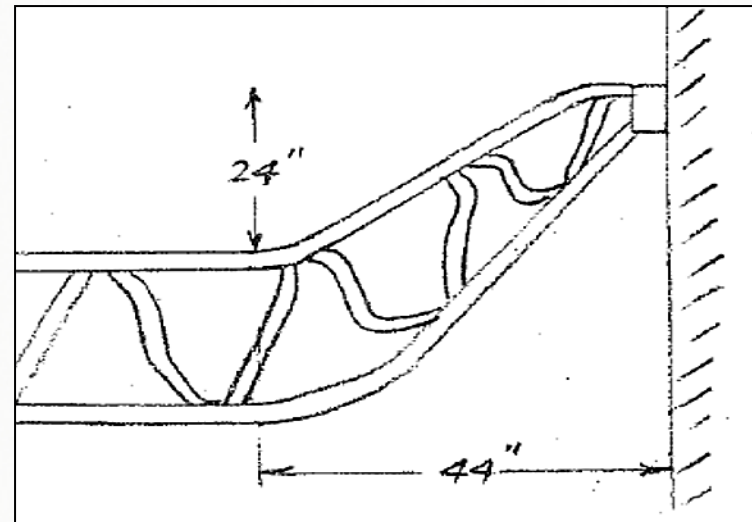
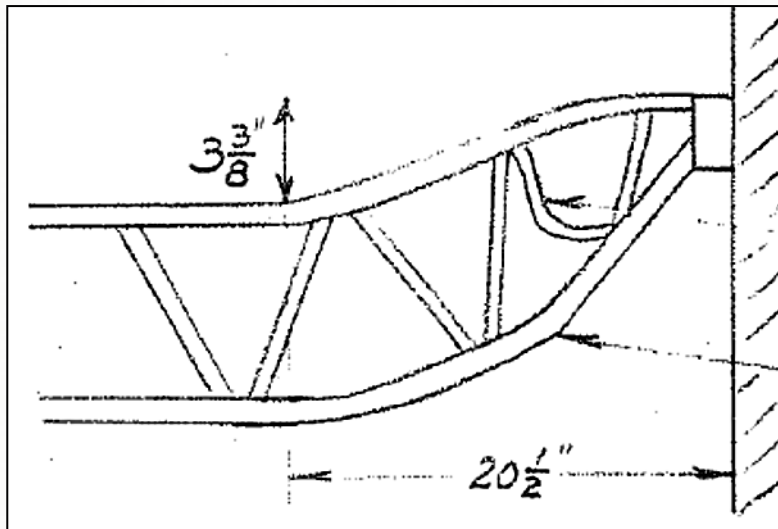
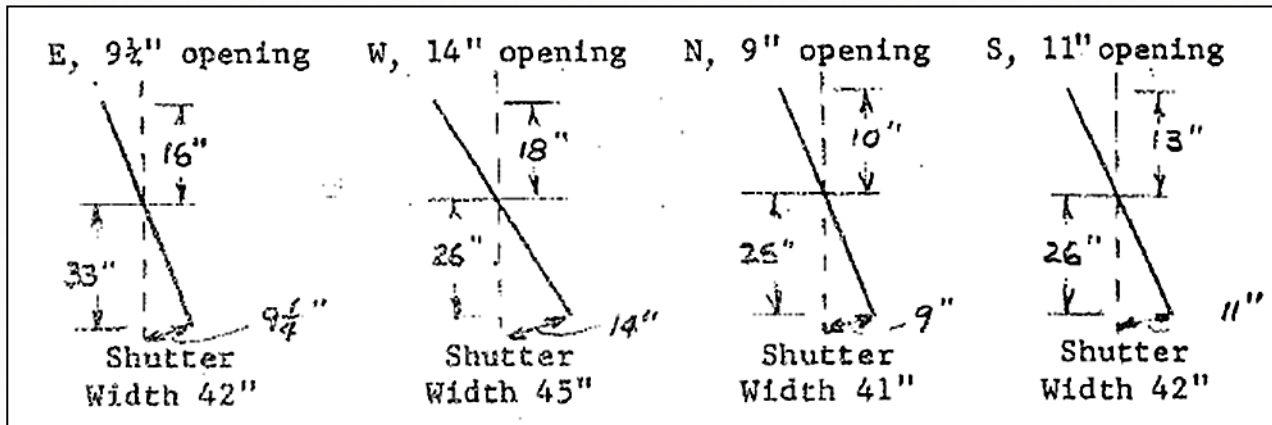


Fig. 4. Burning test buildings near the corner of 10th and B Streets, NW, in Washington 10 to 20 minutes after ignition on Sunday morning, June 17, 1928. These burning buildings are on the present day site of the Justice Department Building. The Old Post Office building is in the background. (Used with permission of NFPA.)

BRANDVERSUCHE - Naturbrände

Versuche von 1934 – ausgewertet 1967

Einfluss des Wärmeabzugs



Temperaturermittlung für Naturbrände

- Gastemperaturen
- Bauteiltemperaturen

Tragfähigkeit von Bauteilen und Systemen

Rauchentwicklung

Strahlungsberechnungen

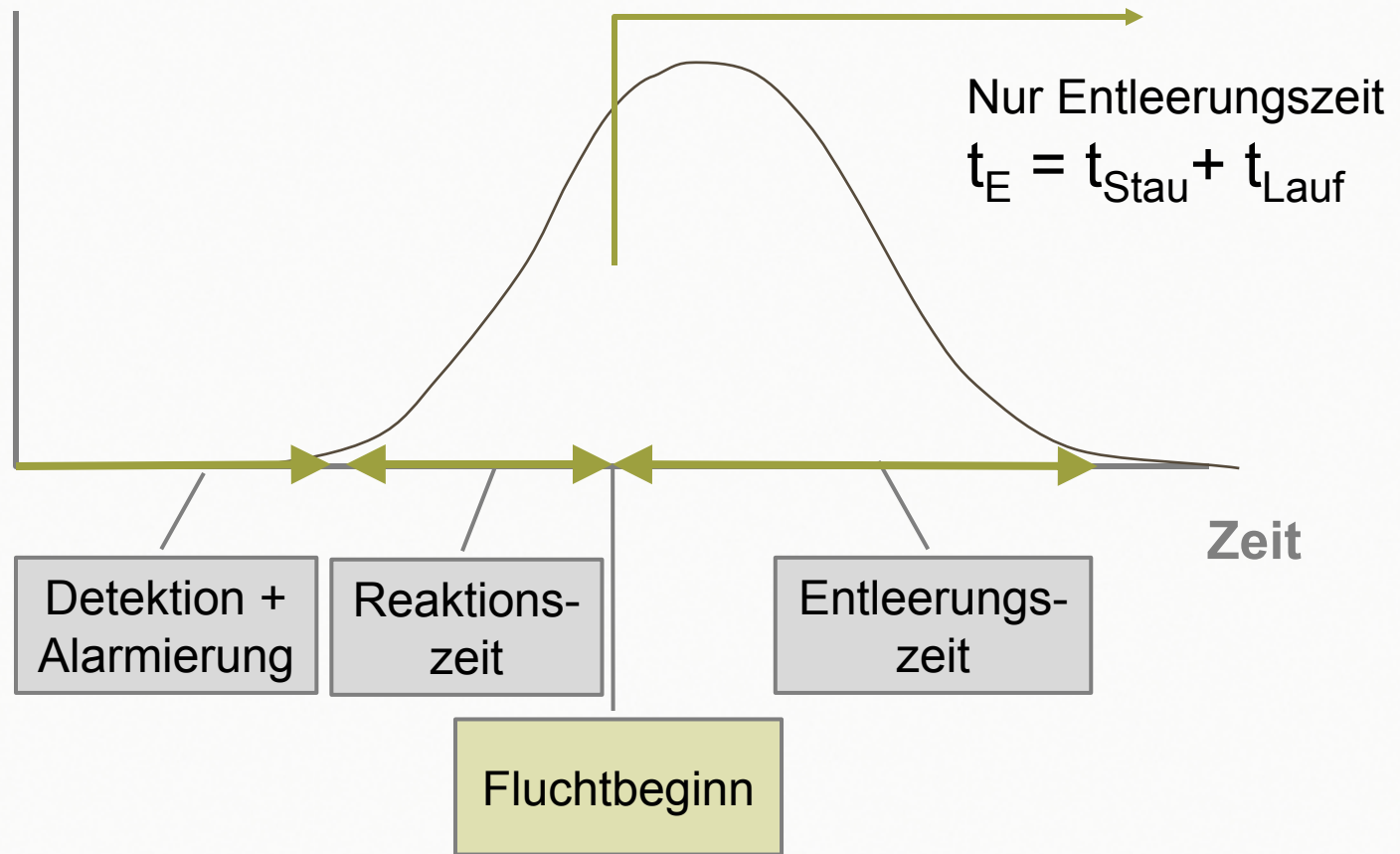
Evakuierungsmodelle

➤ **Vfdb Leitfaden** 2013

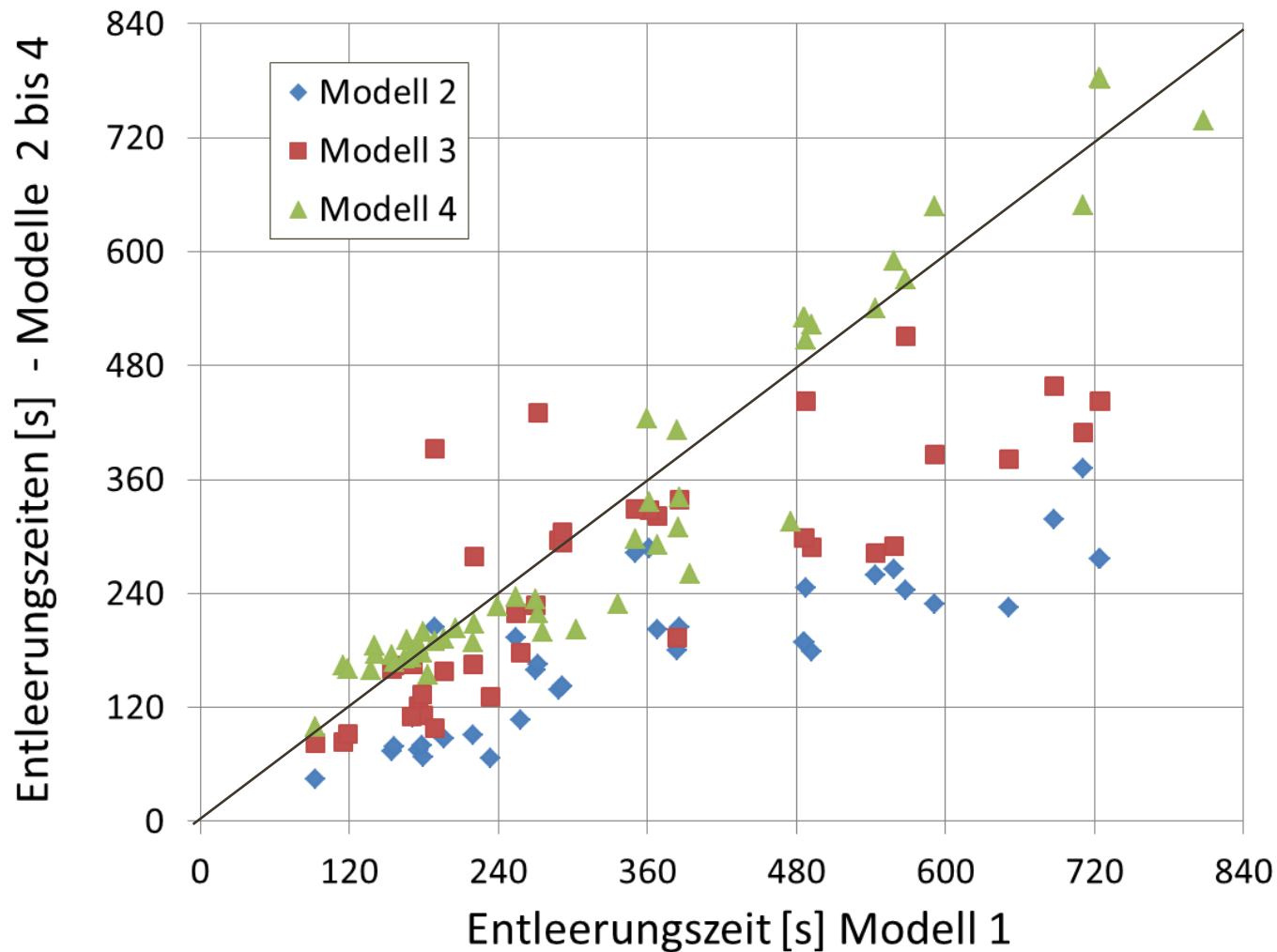
Ingenieurmethoden des Brandschutzes

Herausgeber: Dietmar Hosser

EVAKUIERUNGSMODELLE



Vergleich von Entleerungszeiten



ENTLEERUNGSZEITEN - HANDRECHNUNG

$$t_{Stau} = \frac{P}{a \cdot F} [s]$$

P Anzahl der Personen

a Ausgangsbreite, Gangbreite

$F = 1,1 \dots 1,3 \dots 1,49 \left[\frac{P}{ms} \right]$ spez. Fluss

Personenzahl, die einen Querschnitt mit 1m Breite je Sekunde passieren (Durchflusskapazität)

$$t_{Lauf} = \frac{L}{v} [s]$$

L Lauflänge

$v = 0,6 \dots 1,2 \left[\frac{m}{s} \right]$ Gehgeschwindigkeit

BEISPIEL: U-BAHN

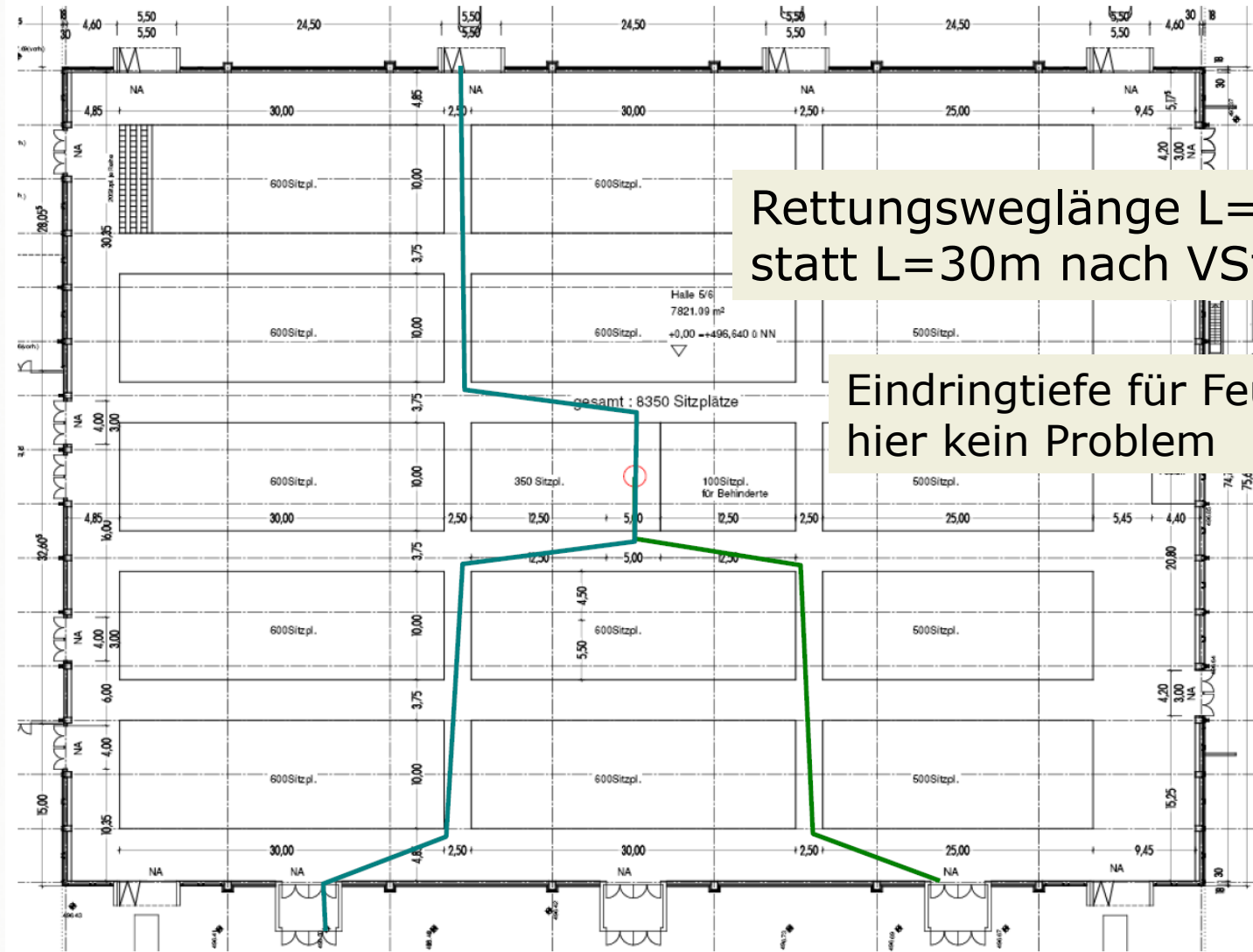
Vergleich Simulation ./ Handrechnung

Szenarium 1	Zeit bis Verlassen Bahnsteigebene	Gesamte Evakuierungsdauer
Simulation (Pedgo)	5:44 min	12:40 min
NFPA 130	5:12 min	11:06 min

Szenarium 2	Zeit bis Verlassen Bahnsteigebene	Gesamte Evakuierungsdauer
Simulation (Pedgo)	9:45 min	16:39 min
NFPA 130	9:06 min	14:54 min

F bei NFPA > F bei Simulation

BEISPIEL: MESSEHALLE MIT REIHENBESTUHLUNG



Rettungsweglänge $L=58\text{m}$
statt $L=30\text{m}$ nach VStättV

Eindringtiefe für Feuerwehr
hier kein Problem

NOCHMAL: HANDRECHNUNG

$$t_{Stau} = \frac{P}{a \cdot F} [s]$$

P Anzahl der Personen

a Ausgangsbreite, Gangbreite

$F = 1,1 \dots 1,3 \dots 1,49 \left[\frac{P}{ms} \right]$ spez. Fluss

$$VStättV: \text{erfa} = P \cdot \frac{1,2m}{200 \text{ Personen}} = P \cdot \frac{0,6m}{100 \text{ Personen}}$$

Verkürzung von t_{Stau} für größere Breiten a

Verlängerung von t_{Lauf} wegen $L=58m$ statt $L=30m$

... Parametervariationen für F , v und a ...

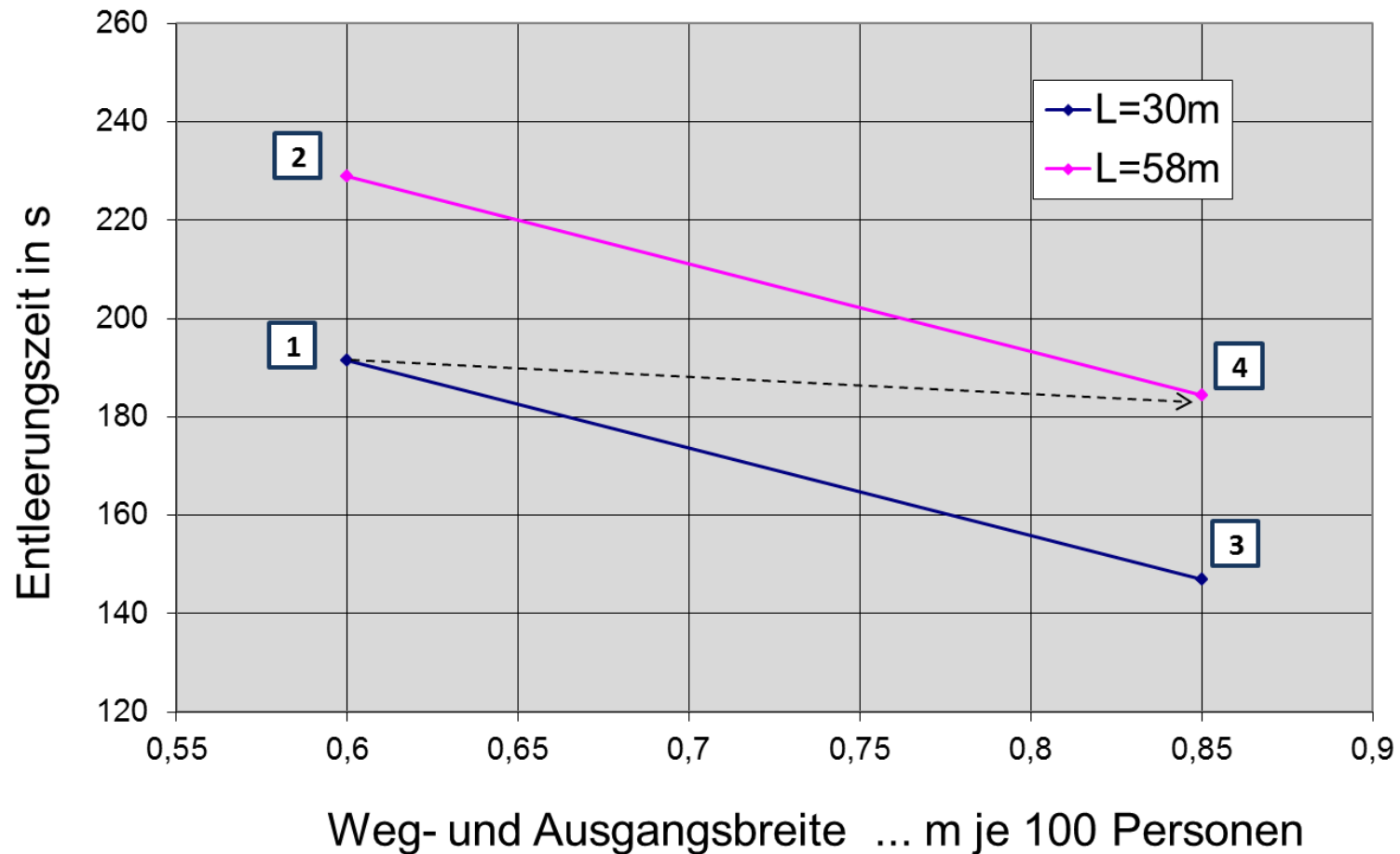
ENTLEERUNGSZEITEN $F=1,1$ P/ms und $v = 0,75$ m/s

1 $L = 30$ m; $a = 0,6$ m/100 P (VStättV)

2 $L = 58$ m; $a = 0,6$ m/100 P

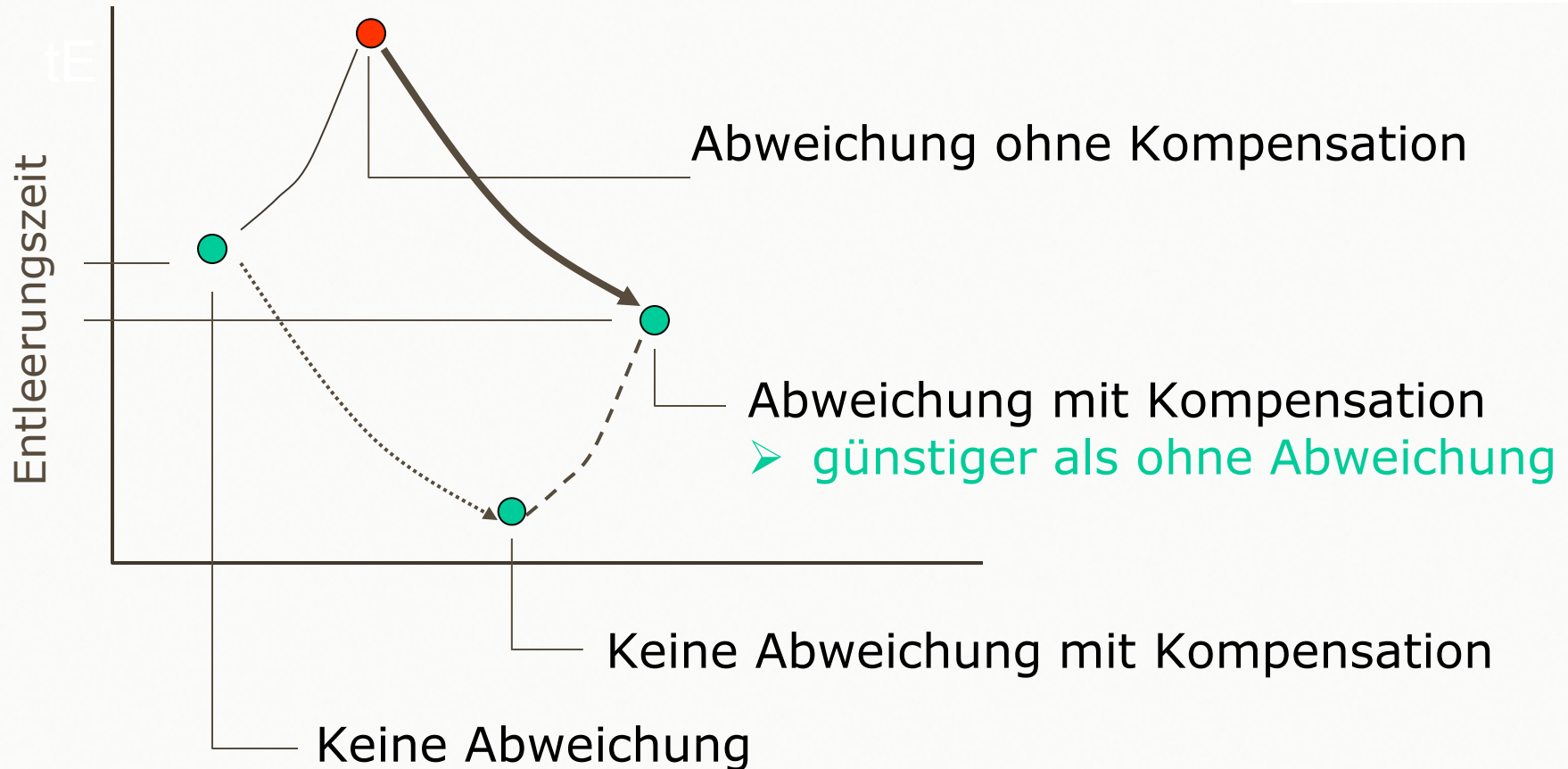
3 $L = 30$ m; $a = 0,85$ m/100 P

4 $L = 58$ m; $a = 0,85$ m/100 P



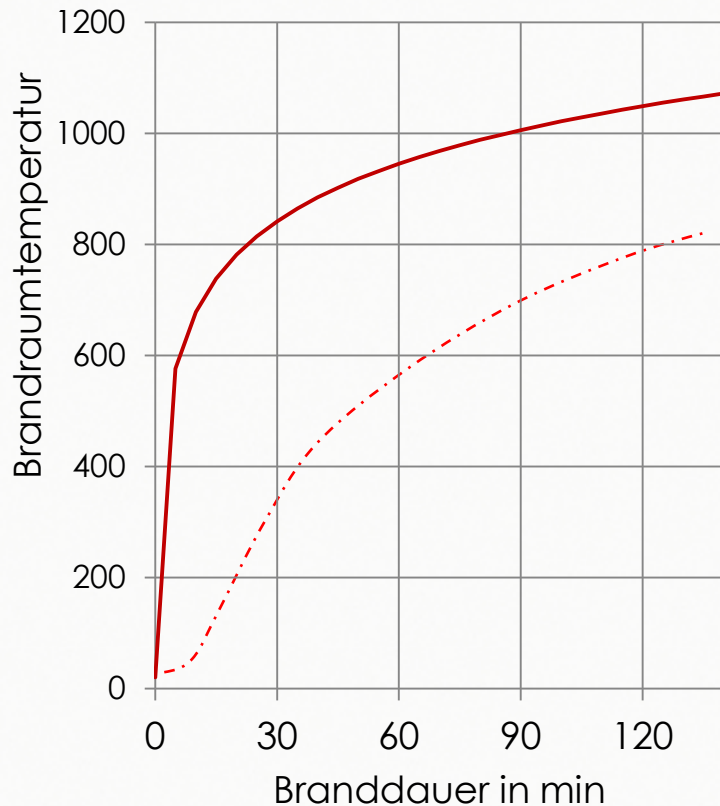
MODELLUNSICHERHEITEN

→ vergleichende Aussagen

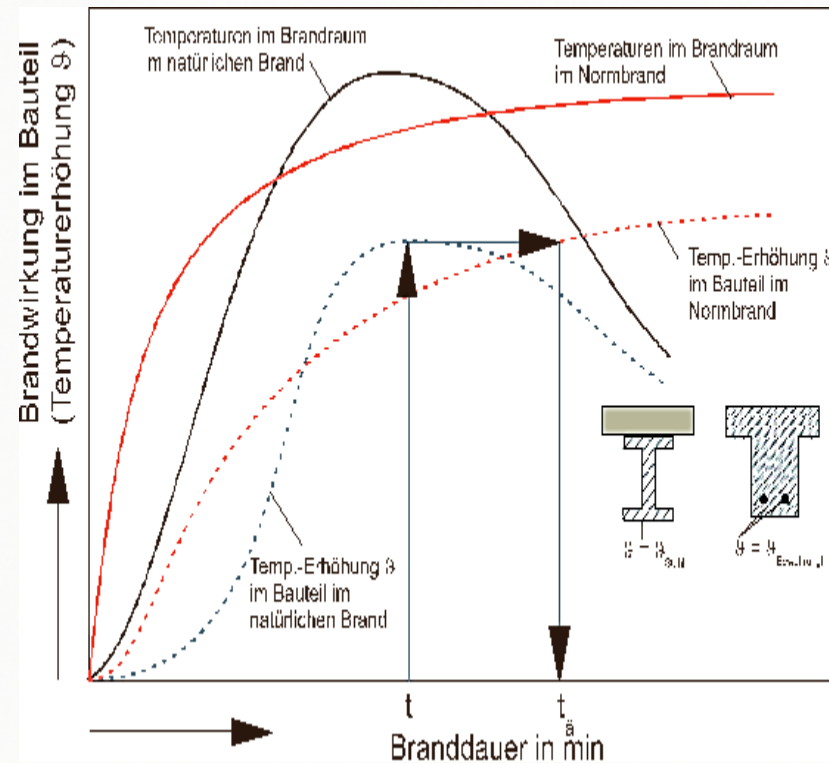


THEMEN: TEMPERATUREN UND RAUCH

ETK (Normbrand)



Naturbrand und äquivalente Branddauer (DIN 18230)

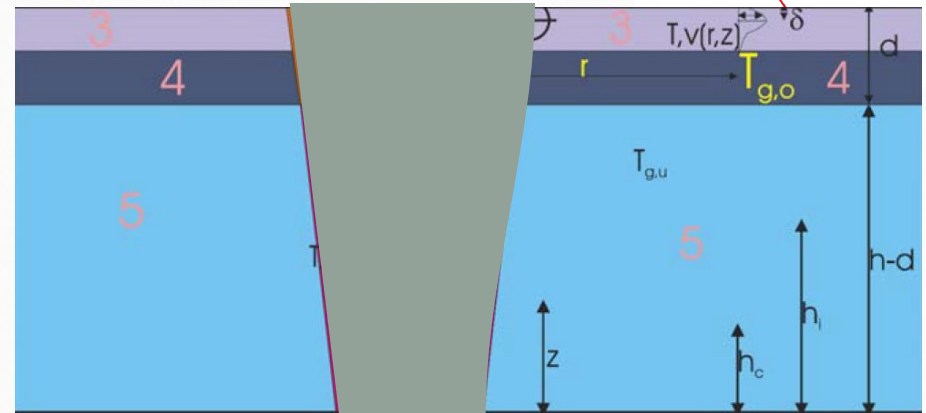


NATURBRAND

Zonenmodelle

- 2-Raum
- Mehr-Raum

Plumemodelle



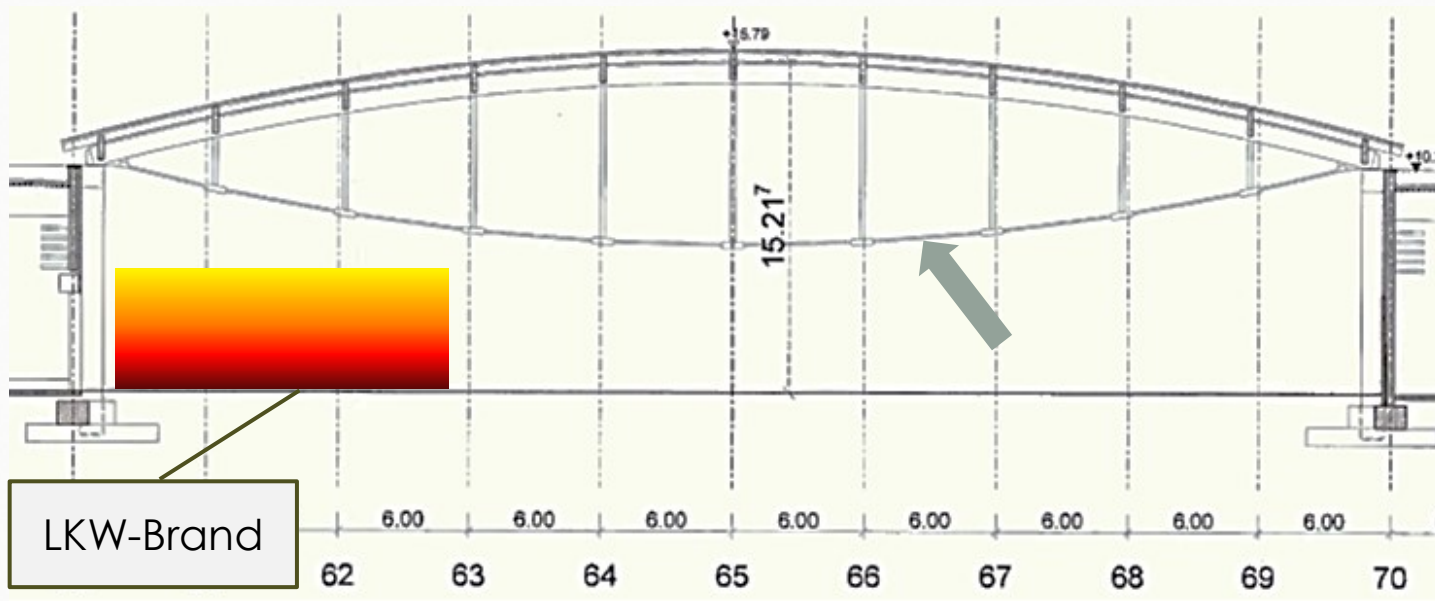
Feldmodelle - CFD computational fluid dynamics

- z.B. FDS fire dynamics simulator – freie software

Beispiel: Überdachung LKW-Ladehalle

gesprinklert, ungeschützte Stahlunterspannung Ø 82mm
sehr großflächige Wärmeabzüge

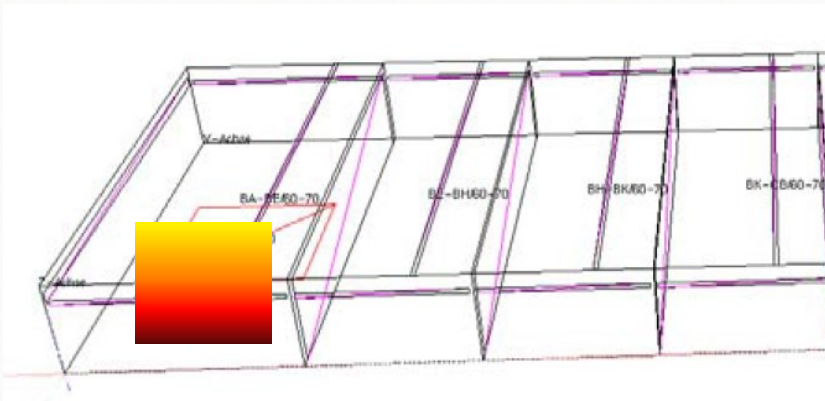
FDS: Oberflächentemperatur der Unterspannung bei
Sprinklerauslösung < 300°C (Büro Grewolls)



Beispiel: Überdachung LKW-Ladehalle

Die Feuerwehr verlangte Vergleichsrechnungen

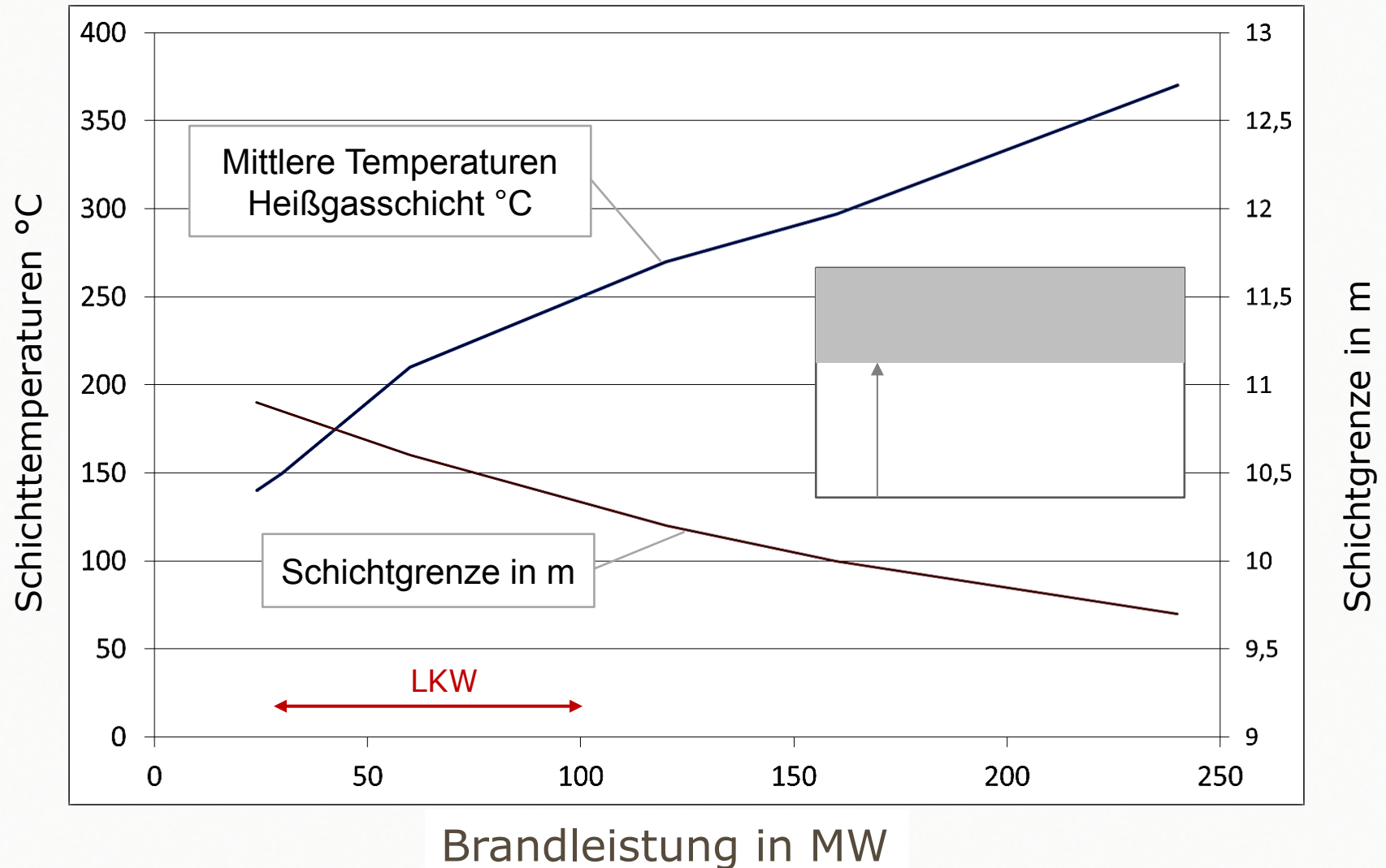
Verwendet wurde ein Mehr-Raum-Zonenmodell (MRFC) mit Sprinklermodell und verbessertem Plumemodell



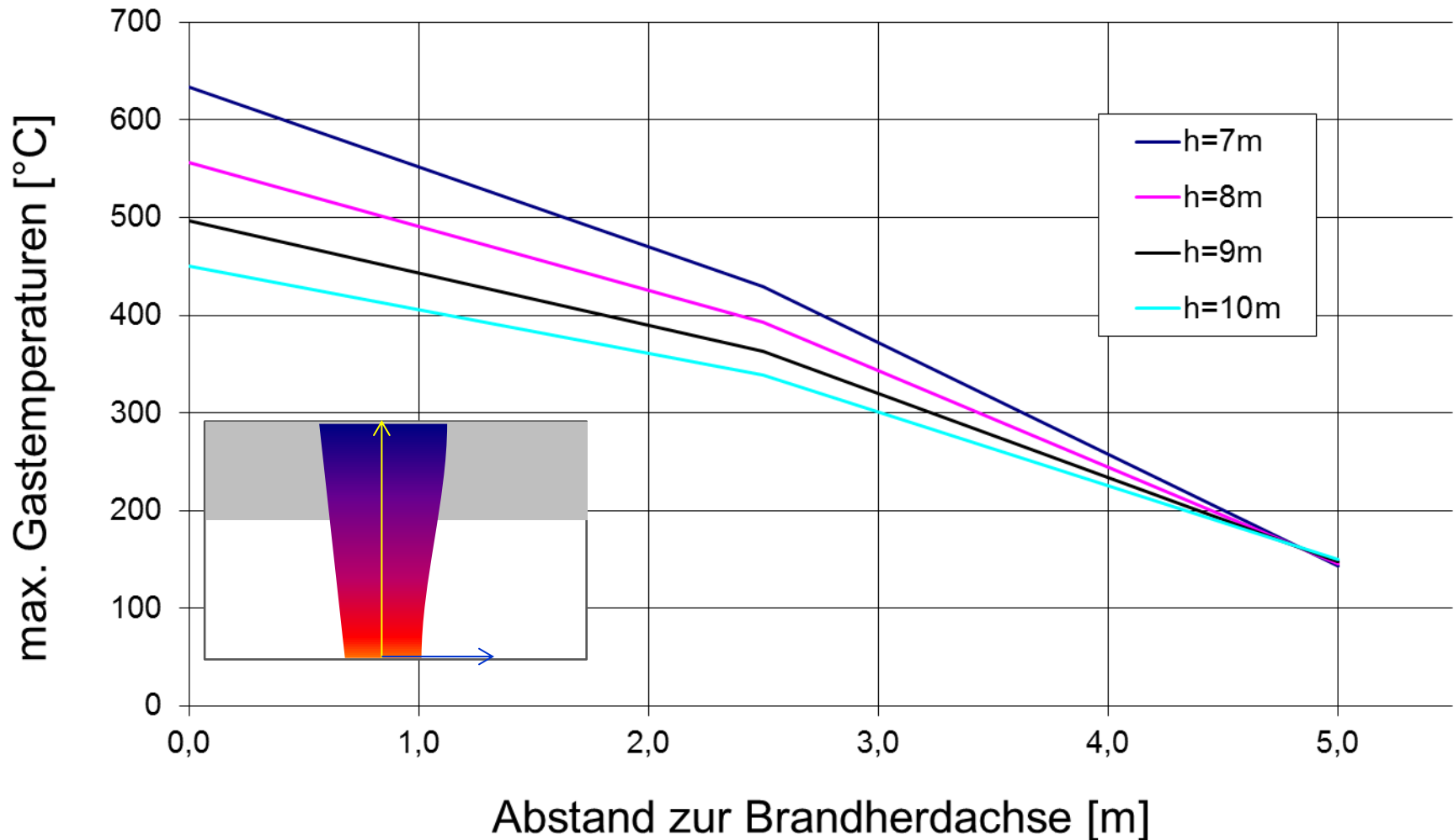
Unterteilung der Halle in „Räume“ 60m x 30m, H= 13m
Raum 1 = „Brandraum“

MEHRRAUUM-ZONENRECHNUNG

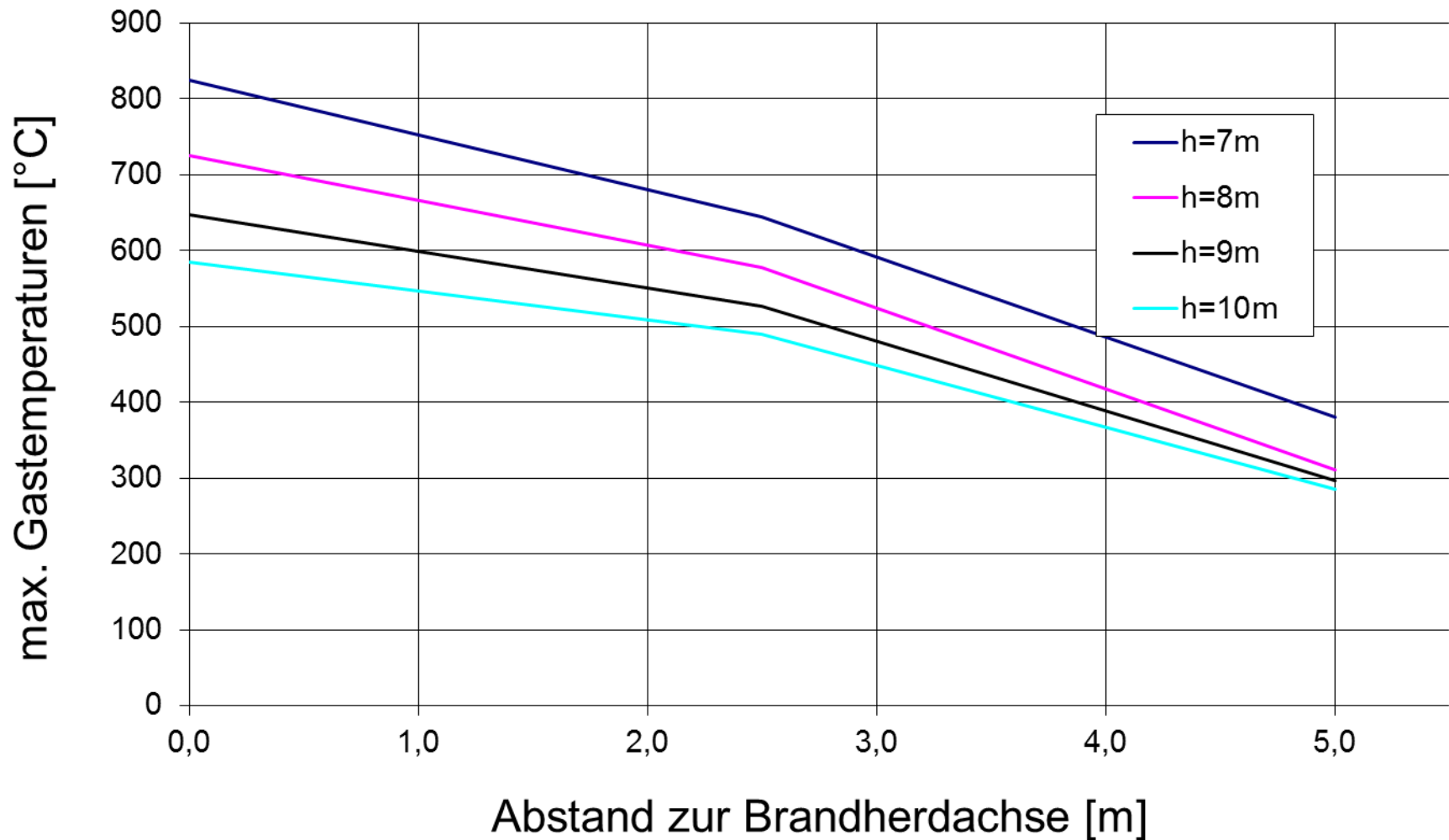
Raum 1



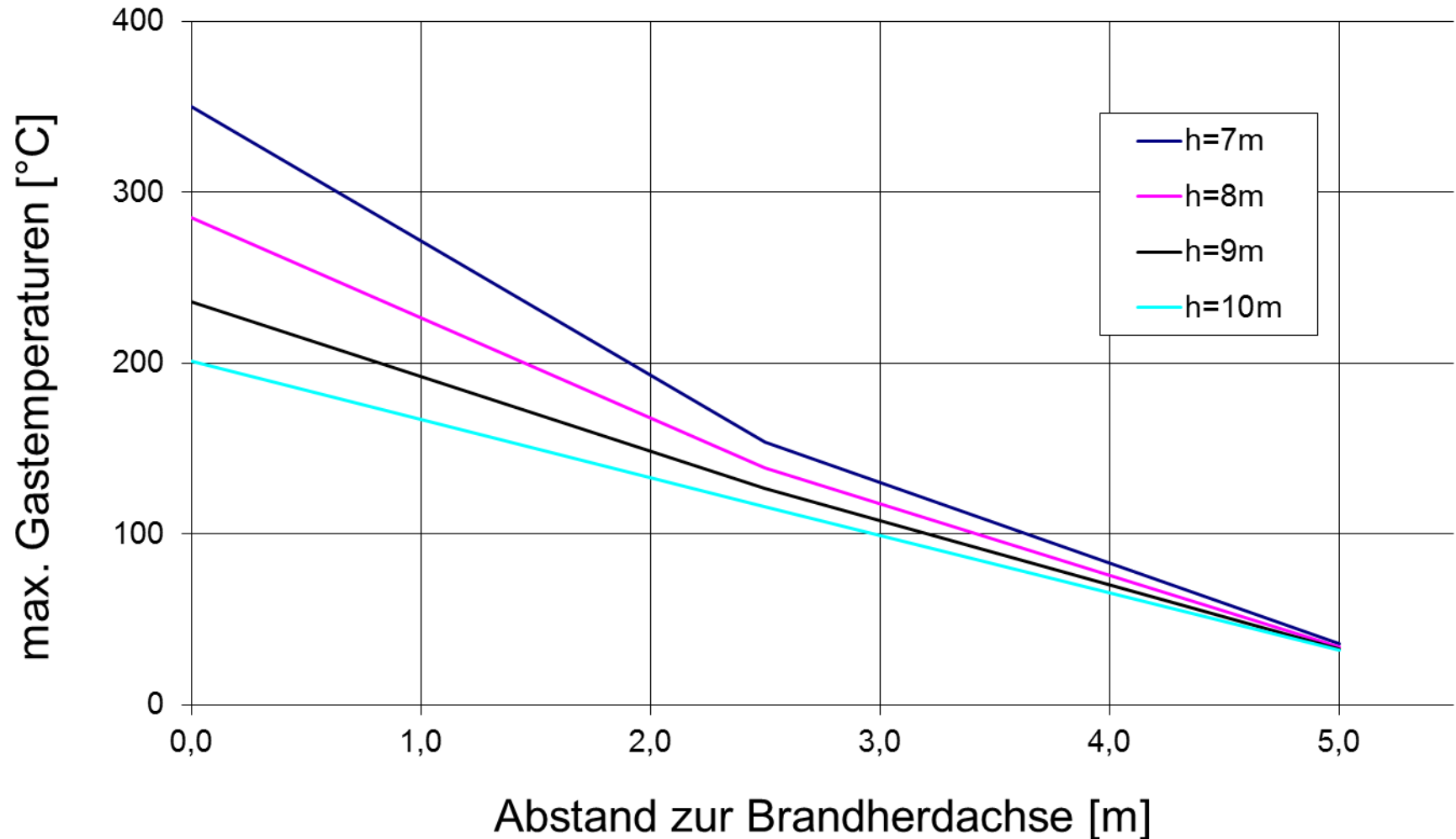
Gastemperaturen 30 MW Höhe und Abstand zur Brandherdachse



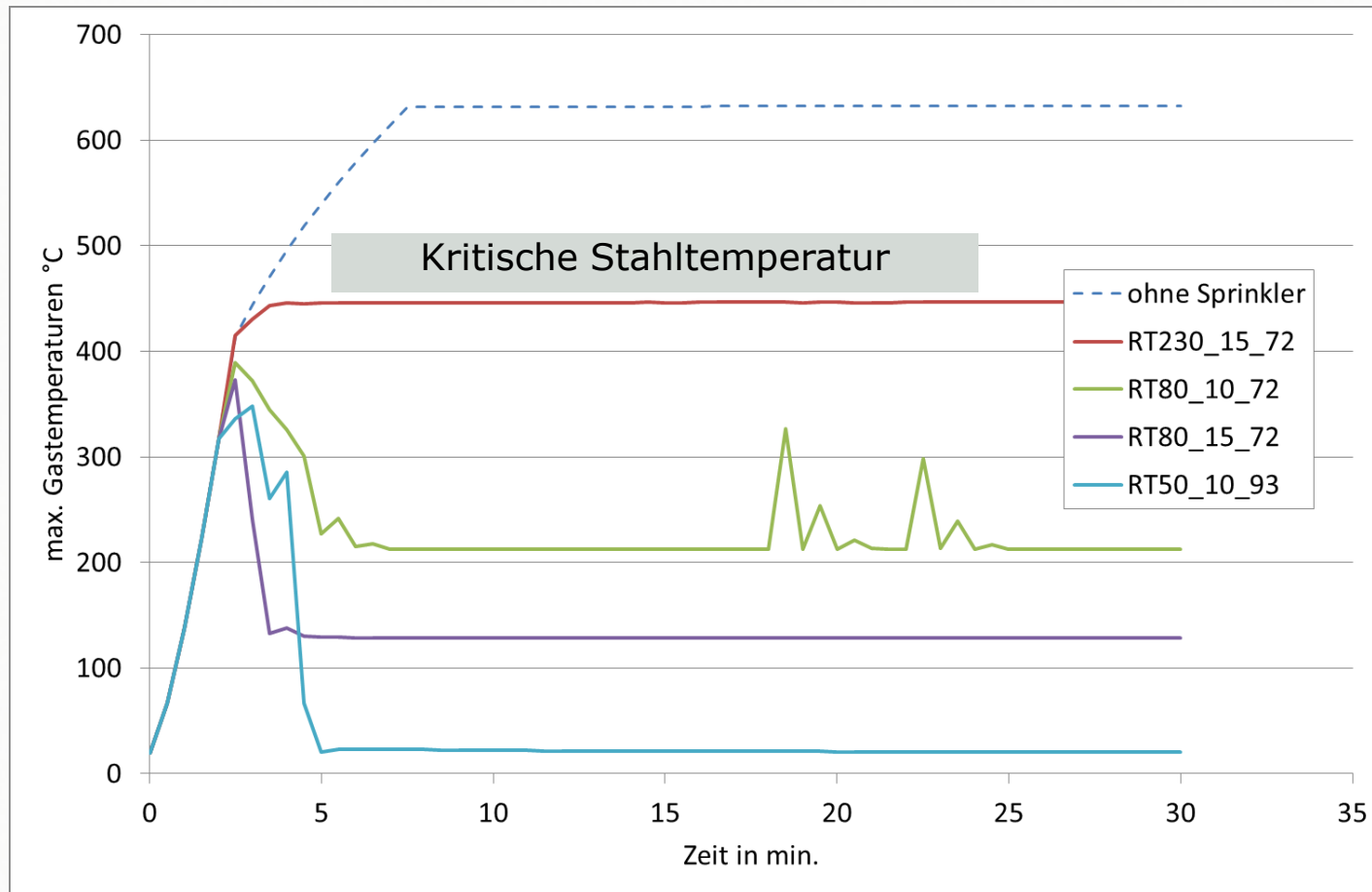
Gastemperaturen 60 MW Höhe und Abstand zur Brandherdachse



Gastemperaturen bei Auslösung Höhe und Abstand zur Brandherdachse

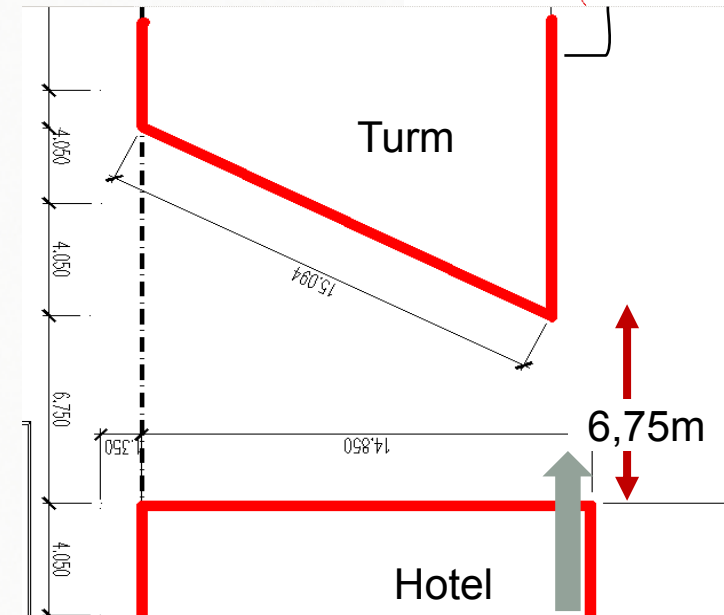


WIRKSAMKEIT SPRINKLER



Unter Berücksichtigung der Sprinkleranlage:
Unterspannung kann ungeschützt bleiben

Beispiel: 1 Hochhaus + 1 Hotel

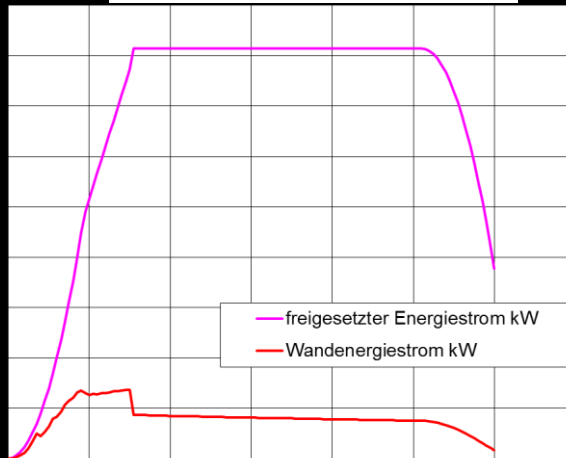


Hotel OGs nicht gesprinklert
Brandübertragung Hotel → Turm

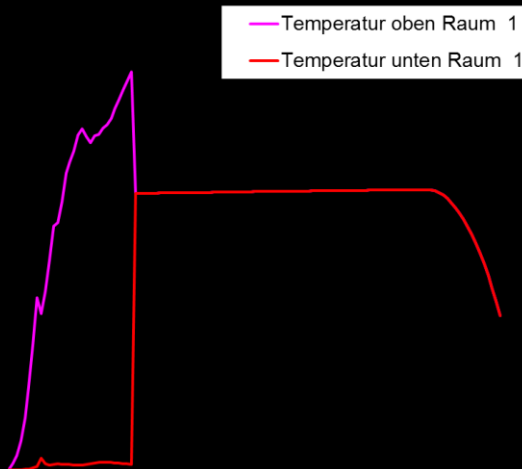
Keine Vorgaben im B-Plan zu Abständen oder Sprinklerung

Naturbrand- + Strahlungsberechnung

Brandleistung [kW]



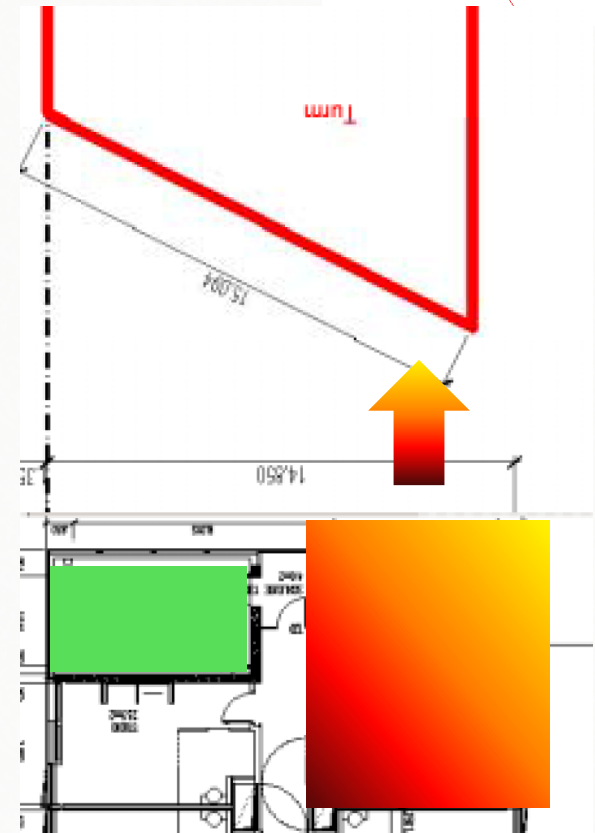
Temperaturen [°C]



Strahlungsdichte
an der Turmfassade

abhängig von der
Geometrie
(Einstrahlzahlen)

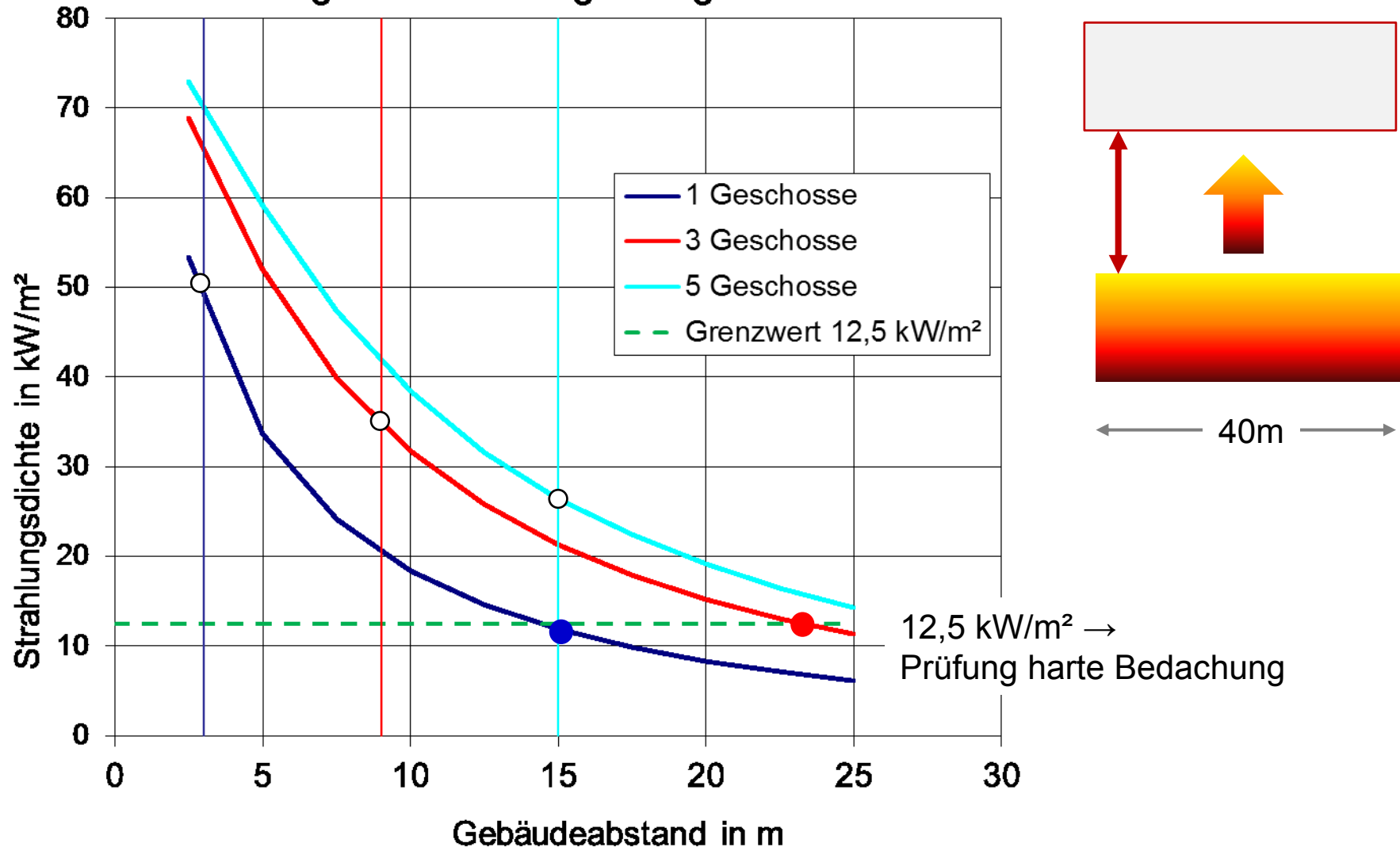
Vorgabe:
3 Geschosse gleichzeitig



← 8m →

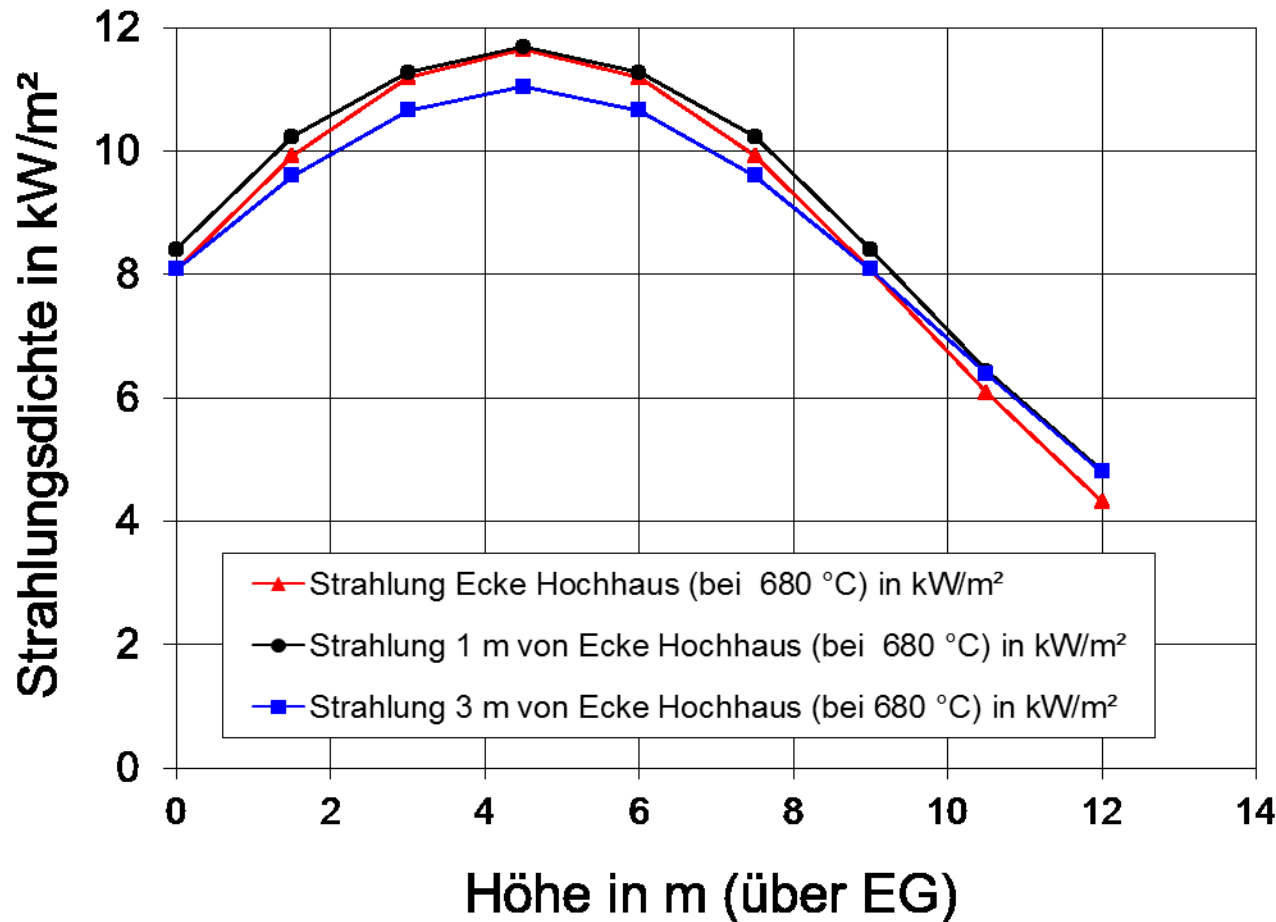
Vergleichsgebäude für zul. Grenzwert

Strahlungsdichte für Vergleichsgebäude



Beispiel: 1 Hochhaus + 1 Hotel

Strahlung über Höhe Hochhaus 3 Brandgeschosse - 680°C



< 12,5 kW/m²

→ Hotel muss nicht
gesprinkelt werden

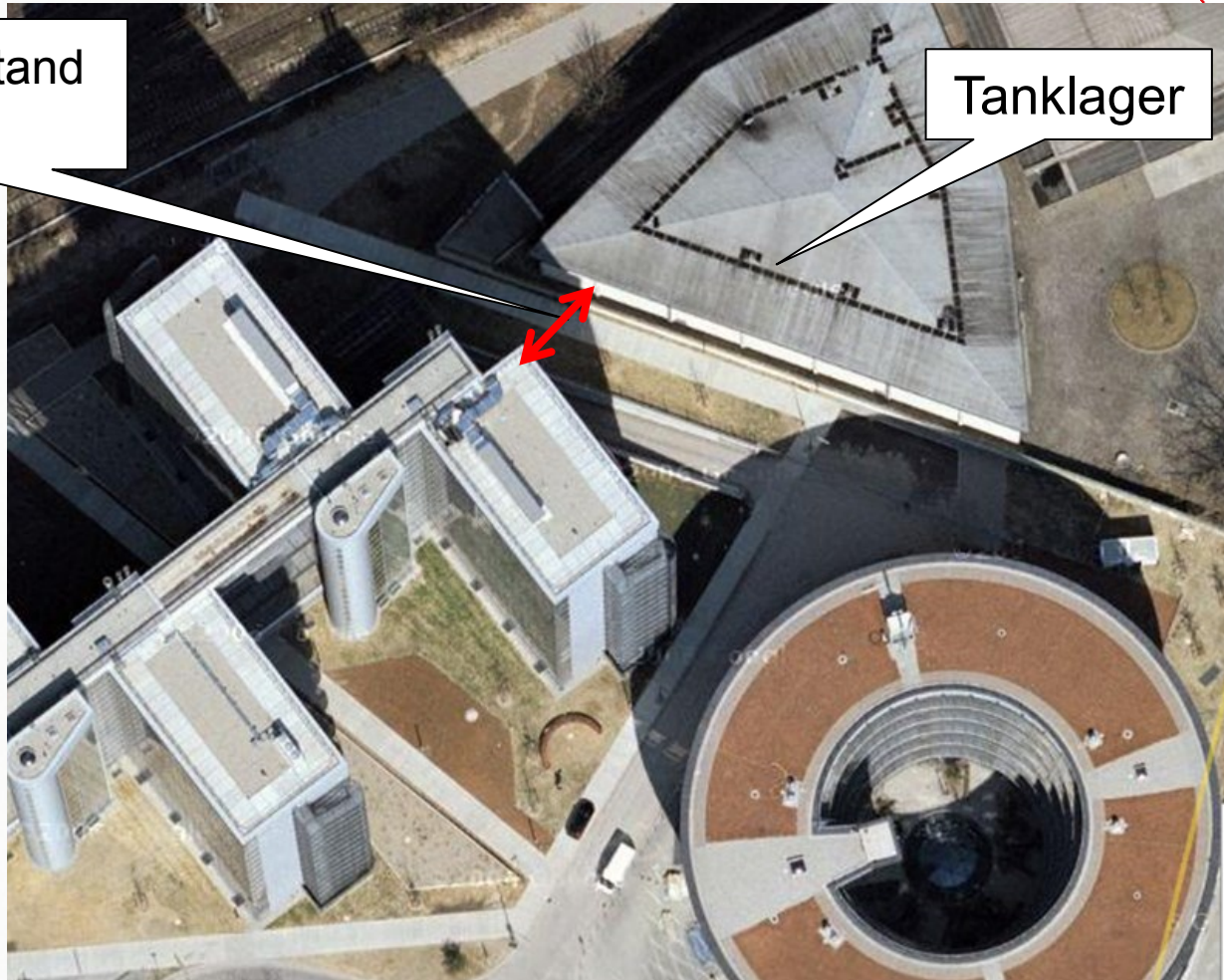
10 kleine Hochhäuser



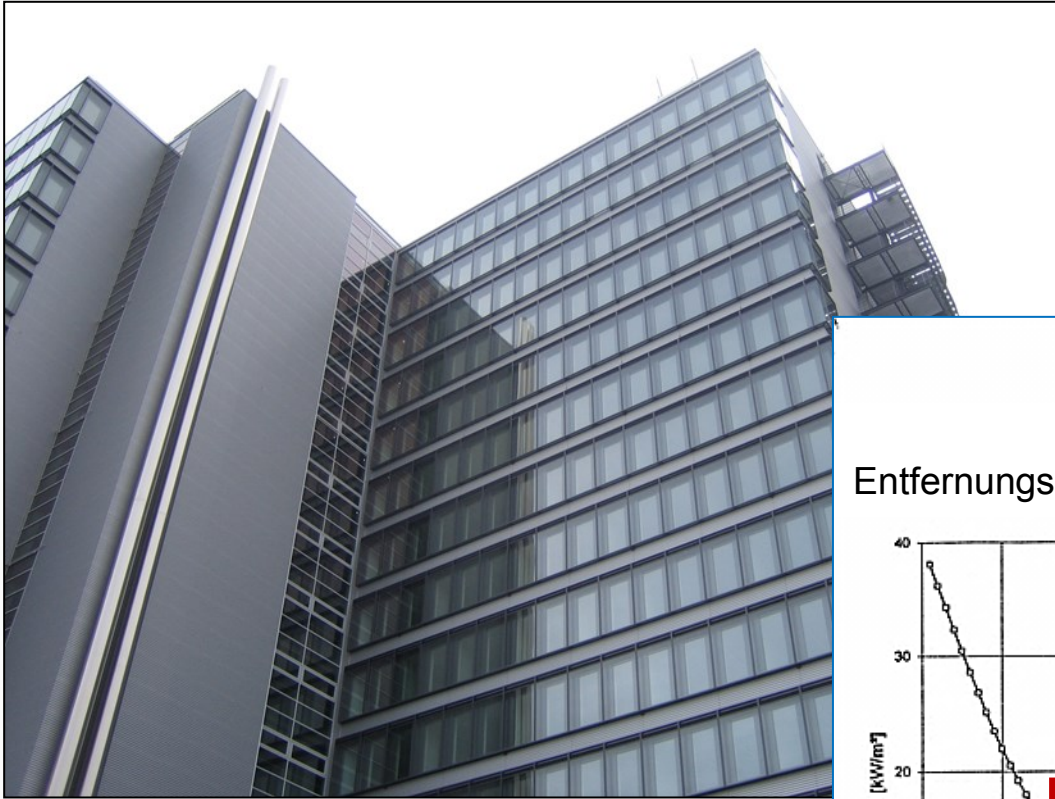
... und am Ende ein Tanklager

Gebäudeabstand
17m

Tanklager



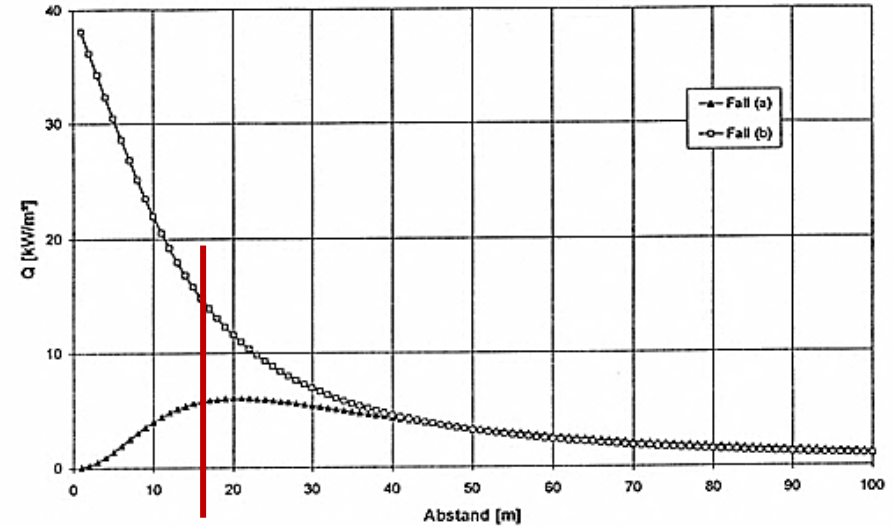
SCHUTZ DER FASSADE?



$$P = 14 \text{ kW/m}^2$$

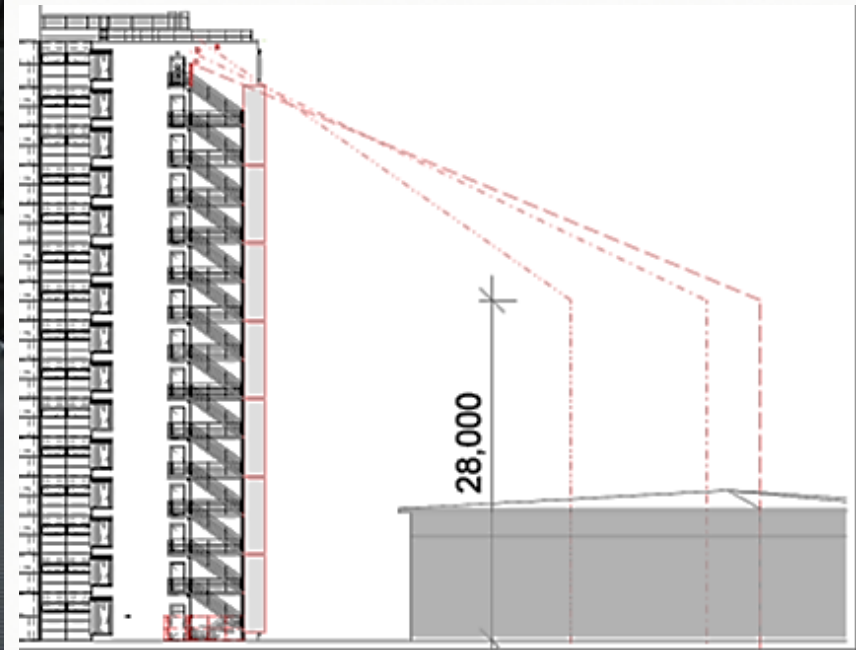
Explosionseinwirkung mit
Nachfolgebrand →
gesplitterte Fassade

Entfernungsabhängige Strahlungsdichten n



→ ggf. auch höher, vgl. voriges Beispiel

FASSADENBERIESELUNG



Erforderliche Wasserbeaufschlagung um Wärmestrahlung
mit Wasser zu absorbieren: ca. $2\text{l/m}^2\text{min}$

$2\text{l/m}^2\text{min} \times 2500\text{m}^2 \times 5 \text{ Std.} = 1.500\text{m}^3$ Bevorratung

EIN KLEINES HOCHHAUS

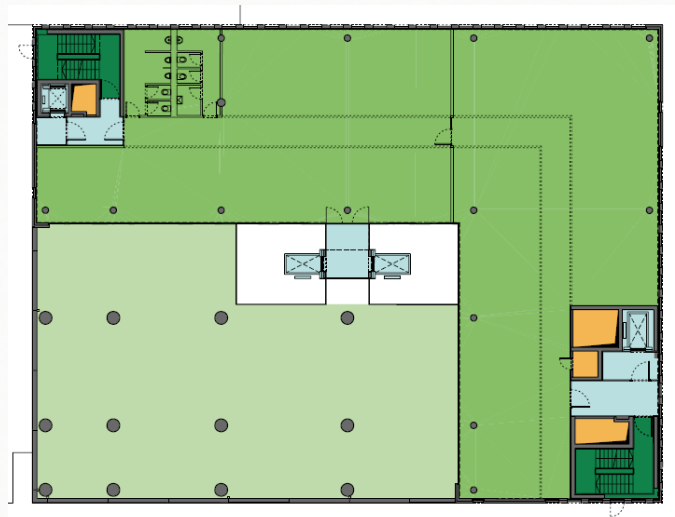


Atrium

Obere Geschosse



Mittlere Geschosse

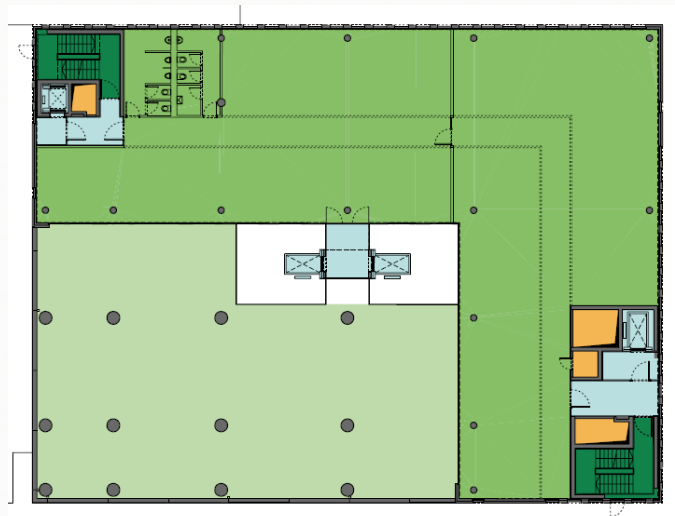


Untere Geschosse

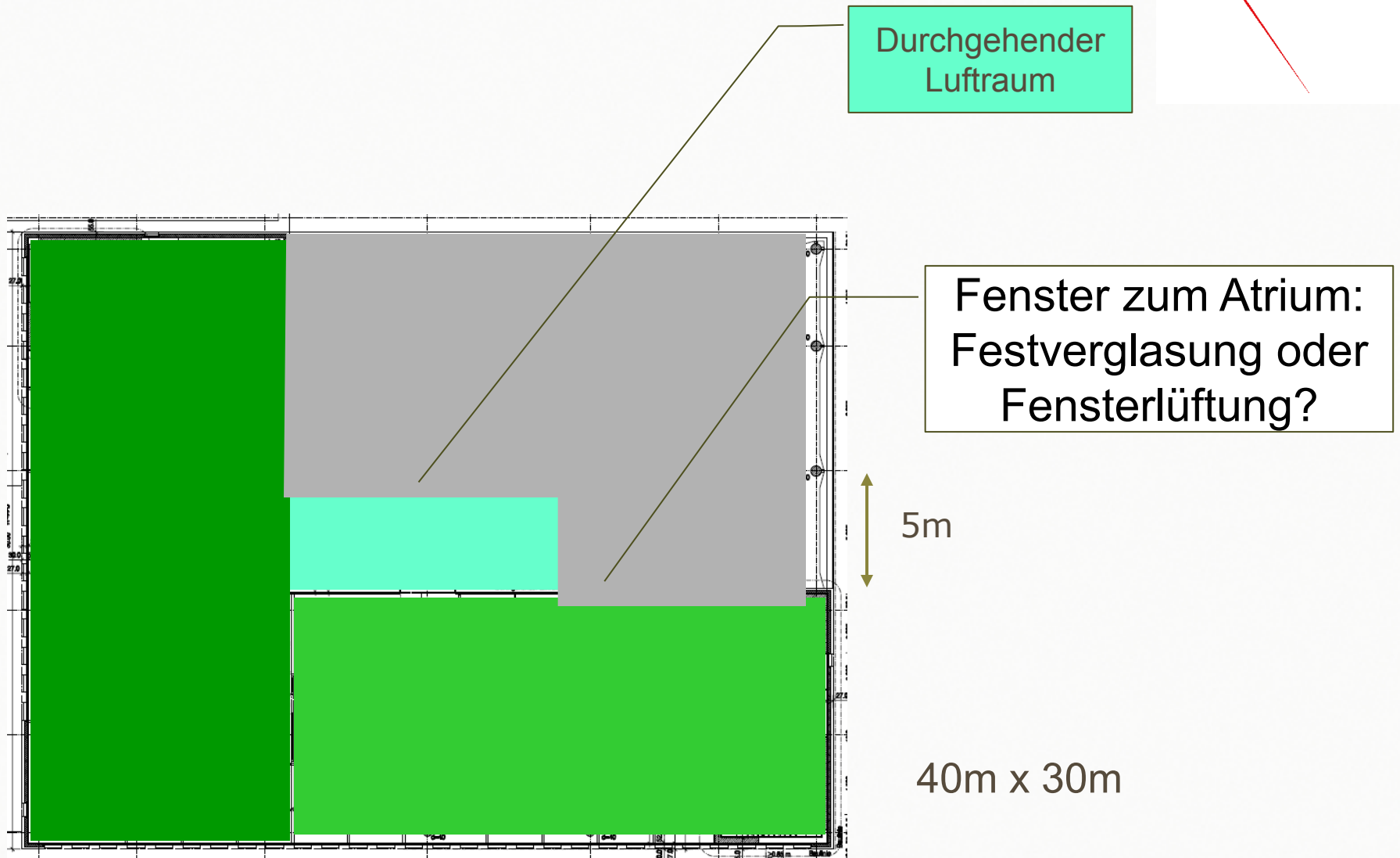


Atrium

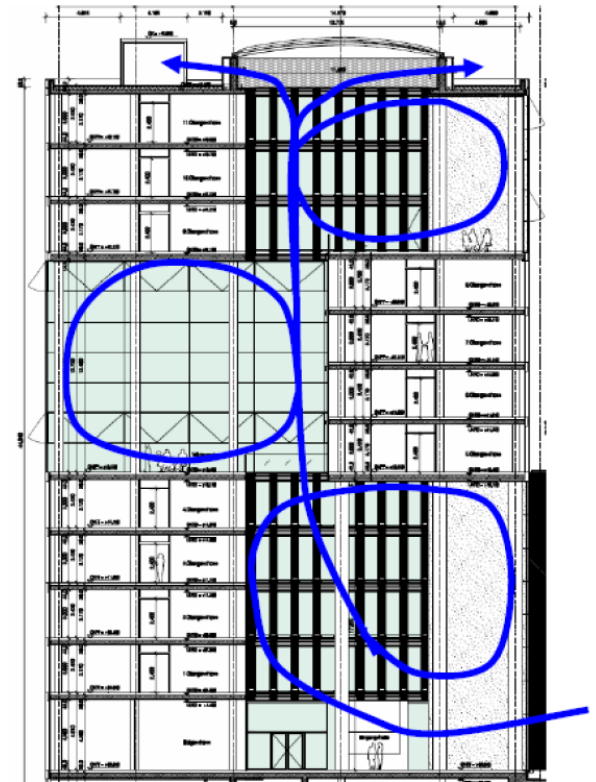
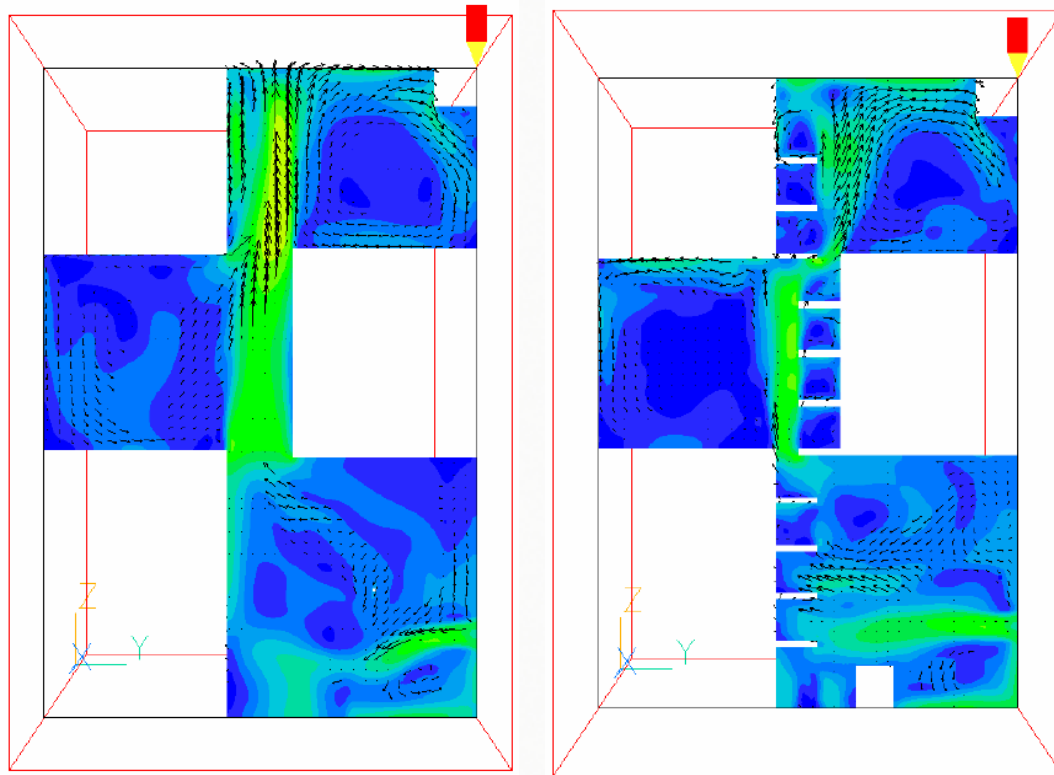
Verschränkter
Luftraum



EIN KLEINES HOCHHAUS MIT ATRIUM



Strömungen im Atrium bei Dachventilatoren mit $V = 330.000\text{m}^3/\text{h}$



→ Kein Wärmepolster/keine Rauchsichtbildung

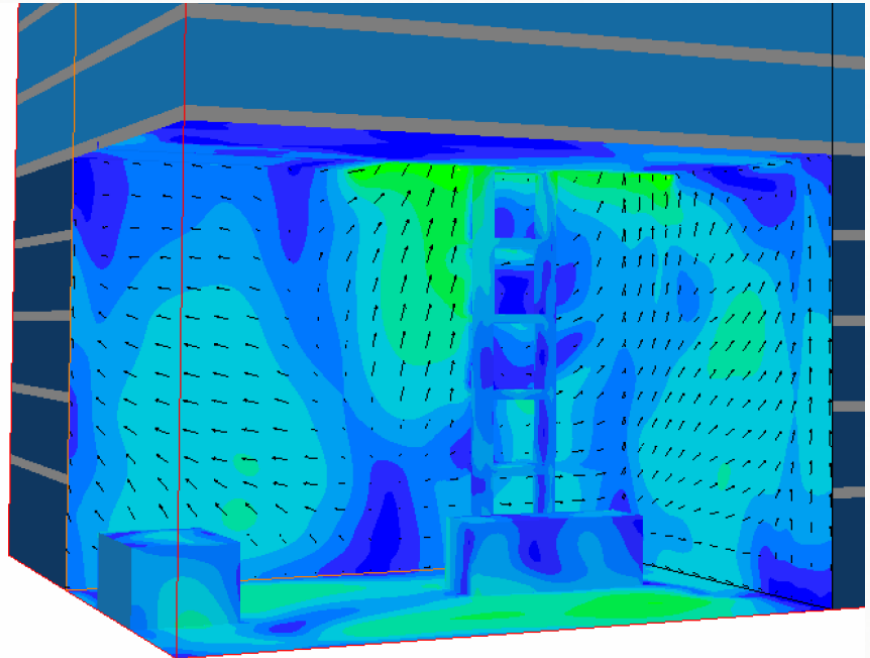
$$V_{ab} = 360.000\text{m}^3/\text{h}$$

Aber hohe Strömungsgeschwindigkeiten im Atrium entlang der Fassaden

Fensterlüftung der Büros:

- Luftaustausch
- auch bei verrauchten Atrium

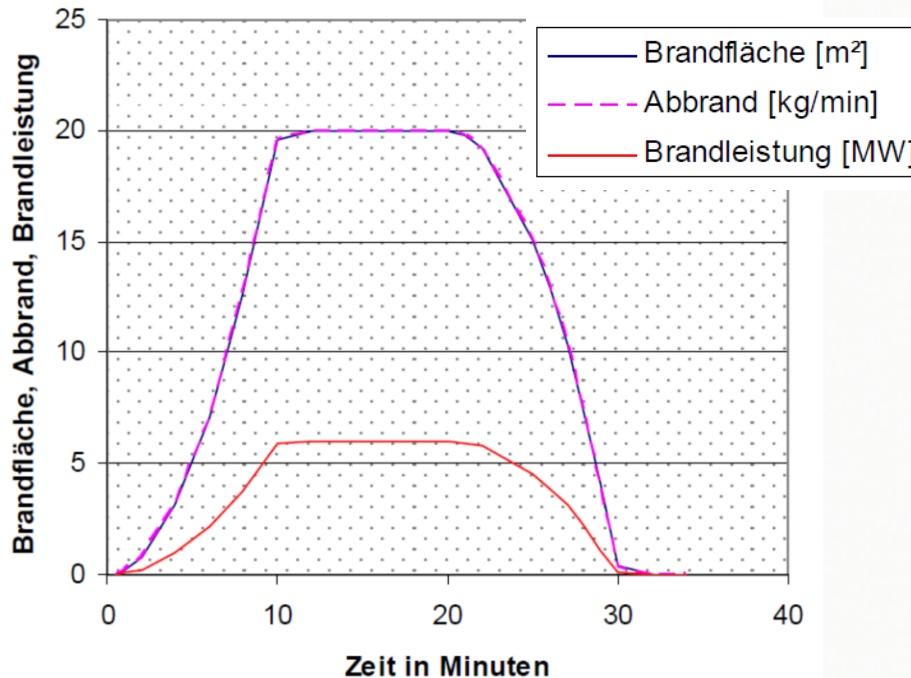
Ca. 5-facher Luftwechsel zwischen Atrium und Büros



Verteilung der Strömungsgeschwindigkeiten in Fassadennähe, unteres Atrium

Einfache Abschätzungen

mit einfachem Ausbreitungsmodell:



Abbrand

Stationär: 20 kg/min

Kumuliert: 400 kg

$\text{CO}_2 \approx 1,5 \text{ g/g}$

Stationär: 30 kg/min

Kumuliert: 600 kg

Grenzkonzentrationen CO_2 :

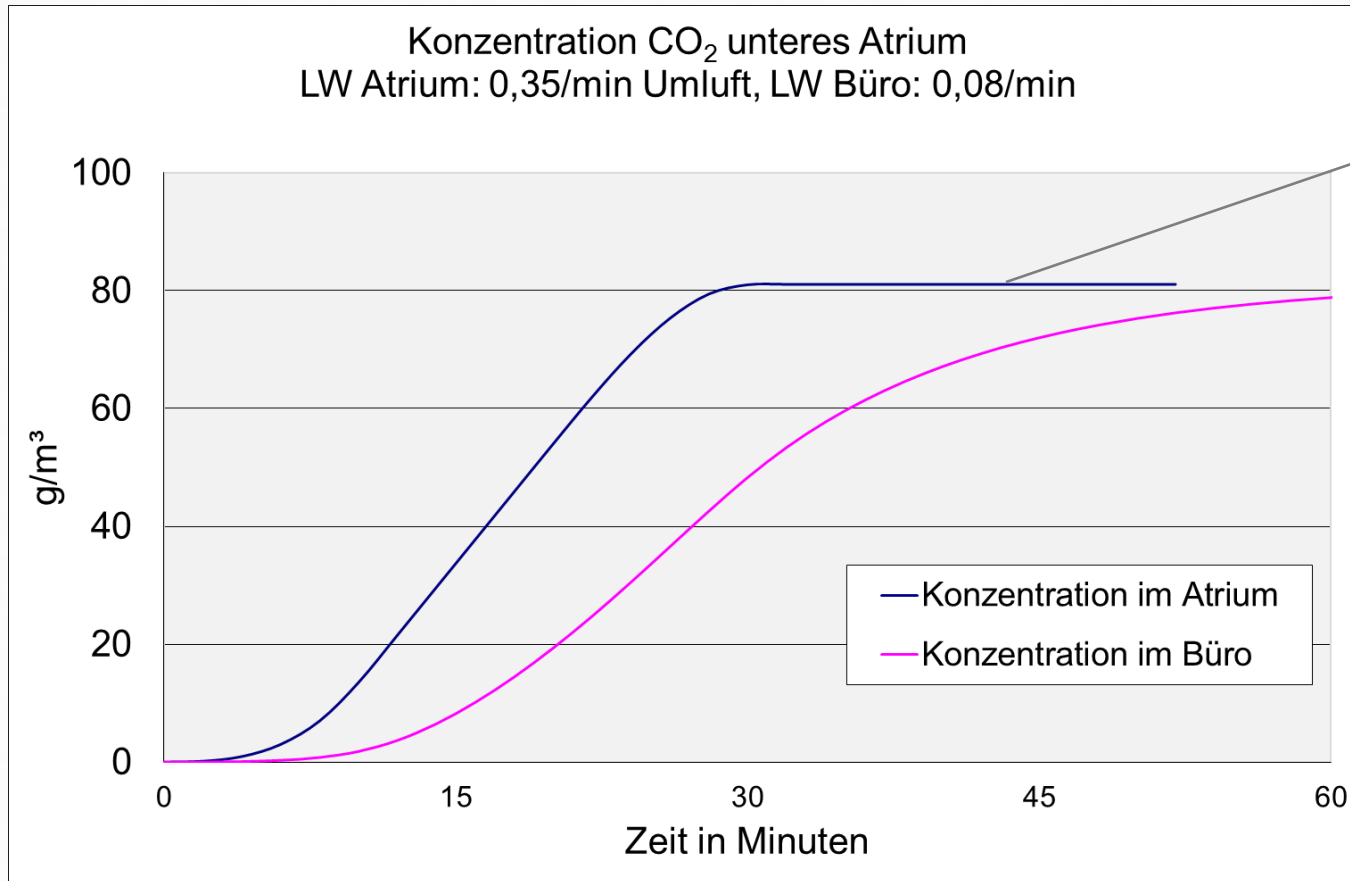
MAK-Wert 10 g/m³

Kopfschmerzen: 100 g/m³

Lethal 160 g/m³

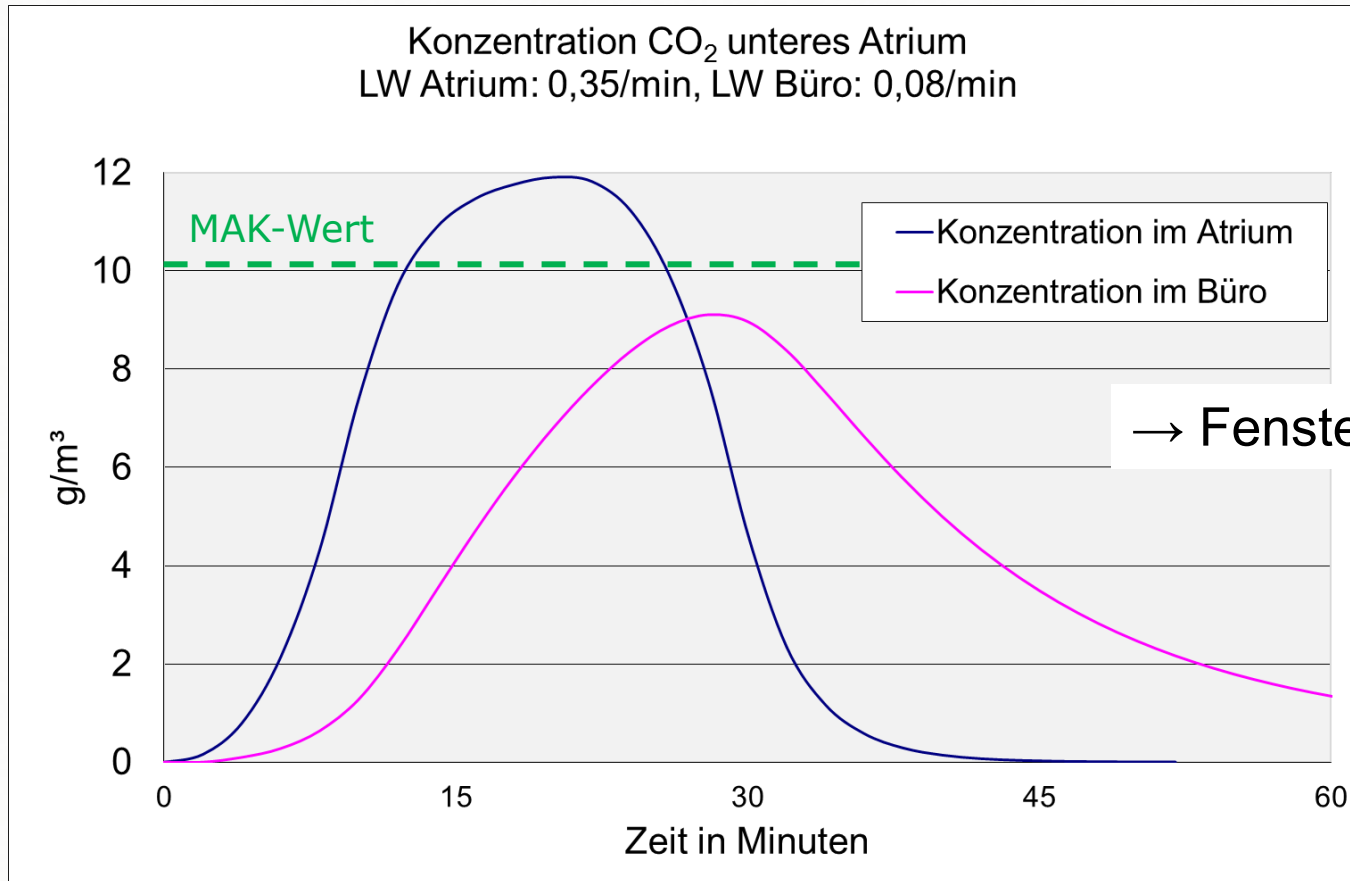
- Berechnen des Verlaufs der CO_2 -Konzentration :
 - Im Atrium
 - In den Büros
- für den Luftwechsel im Atrium und zwischen Büro und Atrium

Vergleich: „Umluftbetrieb“



= M/V
= 600kg/7400m³

EIN KLEINES HOCHHAUS



→ Fensterlüftung möglich

Konzentration im Büro bleibt unter dem MAK-Wert von 10 g/m³

MBO 2008

§14 Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, ...

§27 Tragende und aussteifende Wände und Stützen müssen im Brandfall ausreichend lang standsicher sein.

§28 Außenwände ... sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf/in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist

§32 Bedachungen ... Brandbeanspruchung von außen ... und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig sein

Im Anschluss an die Schutzziel-Formulierung:
Lösungen, die gemäß Brandschutzkonzept der MBO zur Einhaltung der Schutzziele führen. Für abweichende Lösungen muss die Abweichung beantragt und begründet werden.

Verbesserungsmöglichkeiten:

- Abgestuftere Schutzzielformulierung
- Eindeutigere Schutzzielverzichte

Mögliche Zukunft:

LBO/VO Lösung = deemed-to-satisfy-rule
etwa als technische Baustimmung

Anstelle Abweichungsantrag: Nachweis der

- Gleichwertigkeit der Lösung
- Gleichwertigkeit im Sinne der Schutzziele

Rechtssicherheit ???

Geringere Baukosten ???