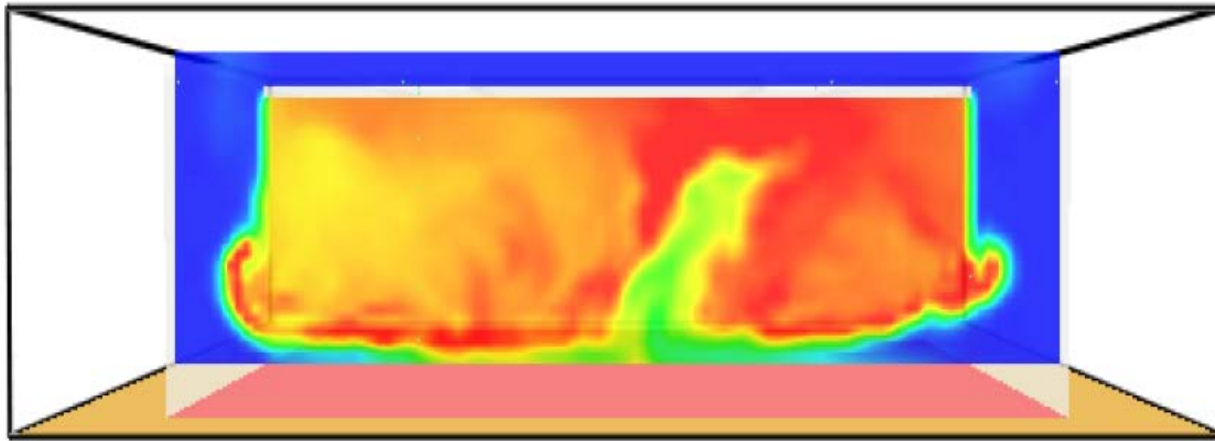


Brandsimulation nach DIN 18230-4



Dr.-Ing. Jens Upmeyer

FeuerTRUTZ Brandschutzkongress 2013
20. und 21. Februar in Nürnberg

Nürnberg, Germany
20.-21.2.2013

 2013
FEUER•TRUTZ

Fachmesse mit Kongress für vorbeugenden Brandschutz
Trade Fair with Congress for Preventive Fire Protection

Inhalt

- Einführung
- DIN 18230 Teil 4
 - Nachweismethode
 - Referenzbauteil
 - Bemessungsbrand
- Studien durch Brandsimulationen
 - DIN 18230 Teil 1
 - Standardraum der Landesbauordnung
 - Große Brandbekämpfungsabschnitte
- Chancen und Möglichkeiten für die Praxis
- Zusammenfassung

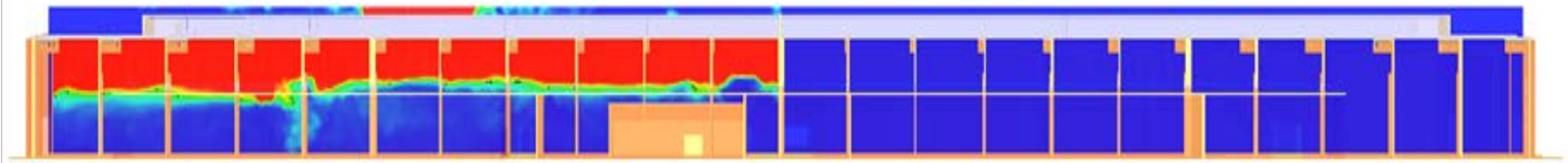
Mercedes-Benz Werk Bremen – Halle 70

Tragwerk in mehrgeschossigen Industriebauten



Weka Holzbau - Neubrandenburg

Ungleichmäßig verteilte Brandbelastungen



DIN 18230 - Normenreihe

Baulicher Brandschutz im Industriebau

Teil 1: Rechnerisch erforderliche
Feuerwiderstandsdauer

Teil 2: Ermittlung des Abbrandverhaltens von
Materialien in Lageranordnung – Werte
für den Abbrandfaktor m

Teil 3: Rechenwerte

**Teil 4: Ermittlung der äquivalenten Branddauer und
des Wärmeabzuges durch Brandsimulation**

Muster - Industriebaurichtlinie: Tabelle 2

Feuerwiderstandsfähigkeit des Tragwerkes



Muster - IndBauRL: Ziffer 7.5.1 bzw. Tabelle 9

Flächen von Brandbekämpfungsabschnitten



Muster - Industriebaurichtlinie: Tabelle 8

Erforderliche Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen



DIN 18230 Teil 4

Normungsauftrag vom KOA 02 des DIN (11.04.2008)

1. Erläuterung der **Randbedingungen** der DIN 18230 Teil 1 inklusive **Sicherheitskonzept**, insbesondere auch der Kriterien für Teilabschnittsnachweise und Teilflächennachweise
2. Erläuterung der **Szenarien** für die Berechnungsansätze der DIN 18230 Teil 1
3. Beschreibung des „**t_a-Konzeptes**“ für die Anwendung von rechnerischen Brandsimulationen
4. Anwendung von Rechenverfahren für t_a und für w-Faktoren für die Randbedingungen der DIN 18230 Teil 1 in Bezug auf Ziffer 4.2 IndBauRL und dessen Ergebnisse bezogen auf das Verfahren nach Abschnitt 7 der IndBauRL auch als Grundlage für die Festlegung von zulässigen **Brandbekämpfungsabschnittsflächen**
5. **Dokumentation** der Brandsimulationen und deren Ergebnisse bezogen auf Abschnitt 7 der IndBauRL
6. **Plausibilitätsbetrachtungen**

DIN 18230 Teil 4

Normenausschuss NA 005-52-41 Brandsimulation

- **Mitglieder und Gäste** **28**
- **Zuordnung zu interessierten Kreisen**
 - Behörden, Feuerwehr u. öffentl. Einrichtungen: 3
 - Prüfinstitute u. Wissenschaft: 5
 - Hersteller: 2
 - Planer und Sachverständige: 16
 - Versicherungen: 1
 - Bauherren u. Betreiber: 1
- **Arbeitskreis Simulation**

DIN 18230 Teil 4

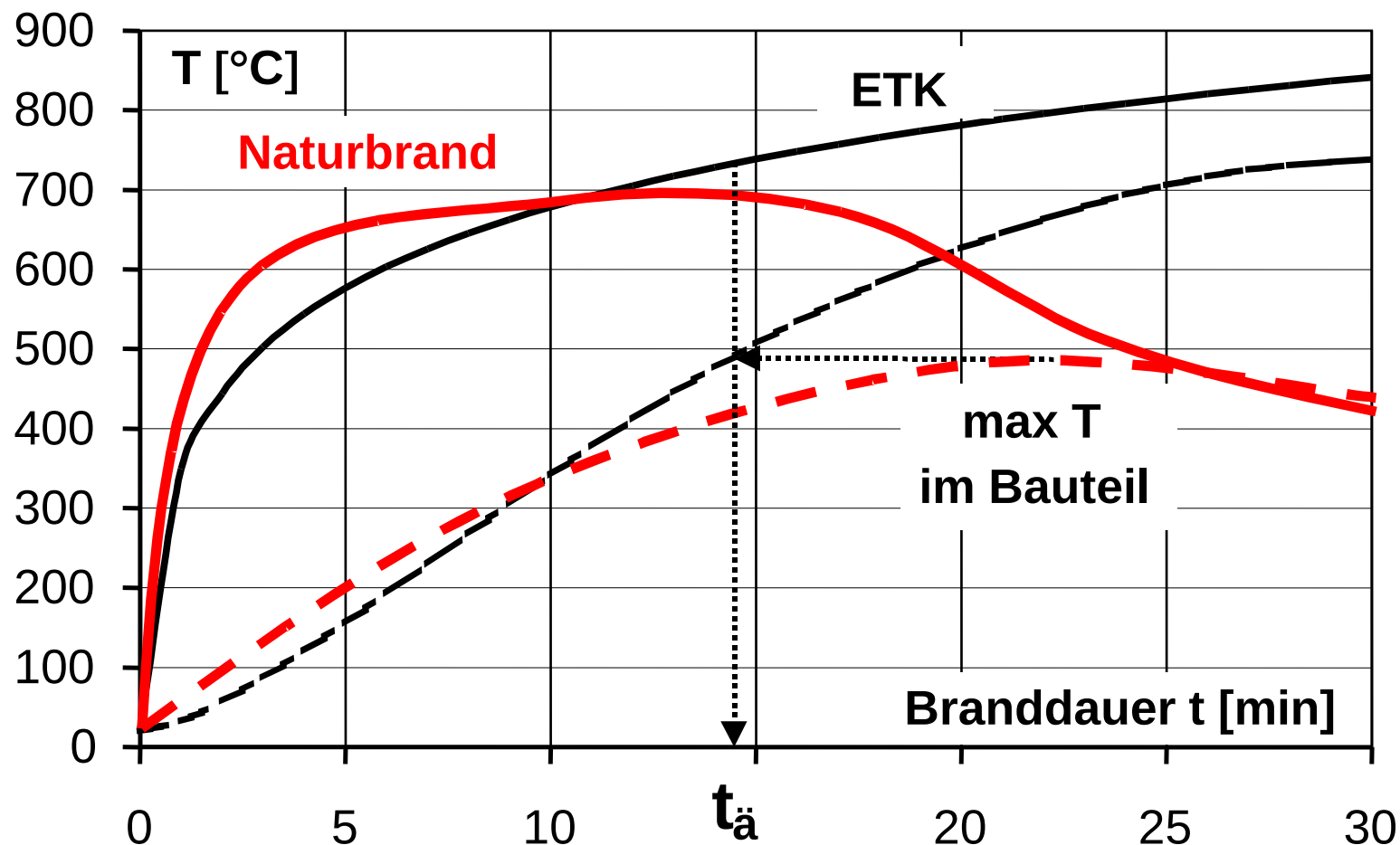
Ziel

Ziel dieser Norm ist es, die **äquivalente Branddauer** für den Brandbekämpfungs- oder Teilabschnitt durch **Brandsimulationen** zu berechnen. Die Brandsimulationen sollen insbesondere dann zur Anwendung kommen, wenn die **Randbedingungen des Rechenverfahrens der DIN 18230 Teil 1** nicht erfüllt werden, wie z.B.:

- komplexe Grundflächen oder komplexe Gebäudegeometrien
- mehrgeschossige Gebäude mit verschiedenen Ebenen bzw. Deckenöffnungen
- sehr große Brandbekämpfungsabschnitte, z.B. $> 30.000 \text{ m}^2$
- lokale Brandwirkungen auf Bauteile
- ungleichmäßig verteilte Brandbelastung
- nicht geregelte Abbrandfaktoren m
- ungleichmäßig verteilter Wärmeabzug, Wärmeabzugsfaktoren $< 0,5$

DIN 18230 Teil 1 und 4

Definition der äquivalenten Branddauer

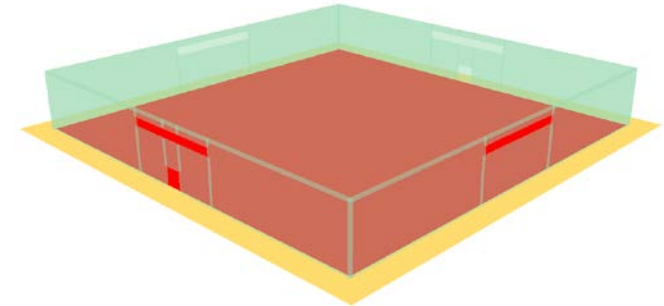


DIN 18230 Teil 4

Nachweismethode

Schritt 1:

Festlegen der Geometrie des Raumes



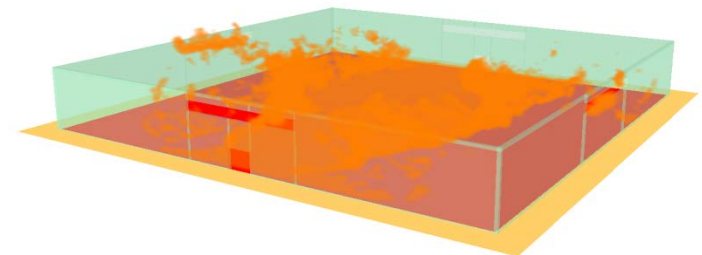
Schritt 2:

Festlegen der Brandszenarien

**Brandbelastung, Heizwerte,
Verbrennungseffektivität,
Pyrolyserate, Brandleistung**

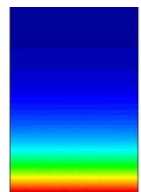
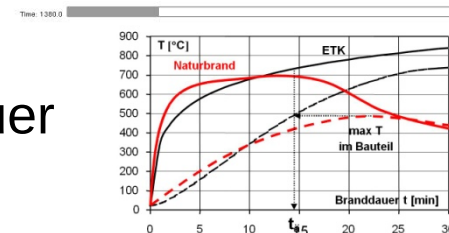
Schritt 3:

Berechnung der Heißgastemperaturen



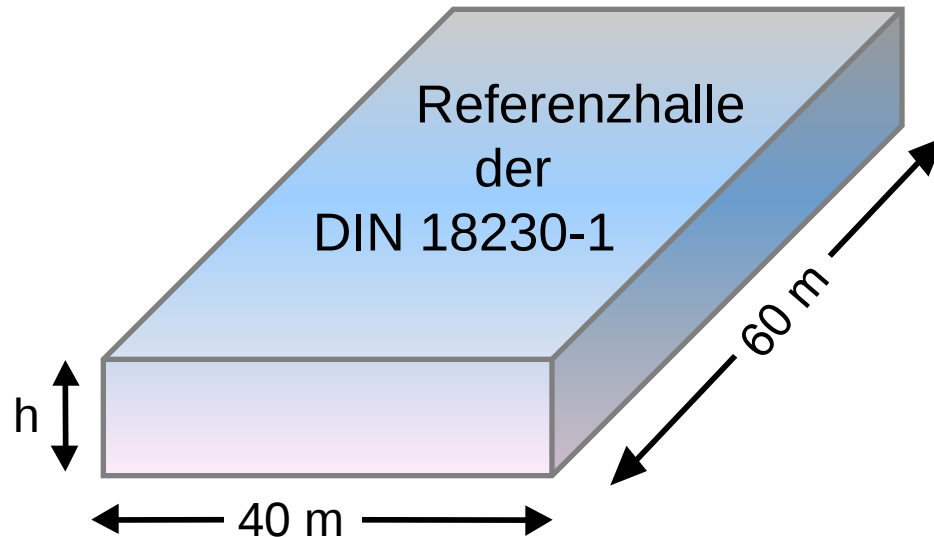
Schritt 4:

Berechnung der äquivalenten Branddauer
an einem Referenzbauteil



Bemessungsbrand der DIN 18230 Teil 1

Vollbrand auf einer Fläche von 2.400 m²



**Grundlage der
Dimensionierung ist
ein Vollbrand in der
gesamten Halle!**

- gleichmäßig verteilte Brandlast von 144 kWh/m²
- Brandherd in der Mitte des Brandbekämpfungsabschnittes
- Brandausbreitungsgeschwindigkeit 1 m/min bis Hallenwände erreicht werden
- Mischbrandlast aus Holz und Kunststoffen, gemittelter Heizwert 3,74 kWh/kg
- gemittelte Abbrandrate 20 kg/m²h, gemittelter Abbrandfaktor $m = 0,65$
- Brandleistung 74,8 kW/m²
- Gesamte Brandleistung 180 MW

Wärmeabzugsfaktor w der DIN 18230 Teil 1

Vollbrand auf einer Fläche von 2.400 m²

$$w = t_{\ddot{a}} / (q_R \cdot c)$$

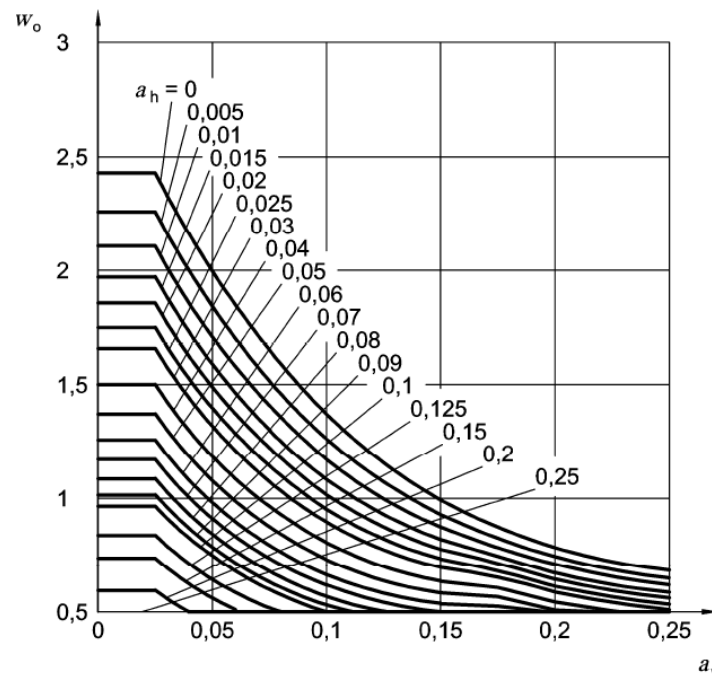
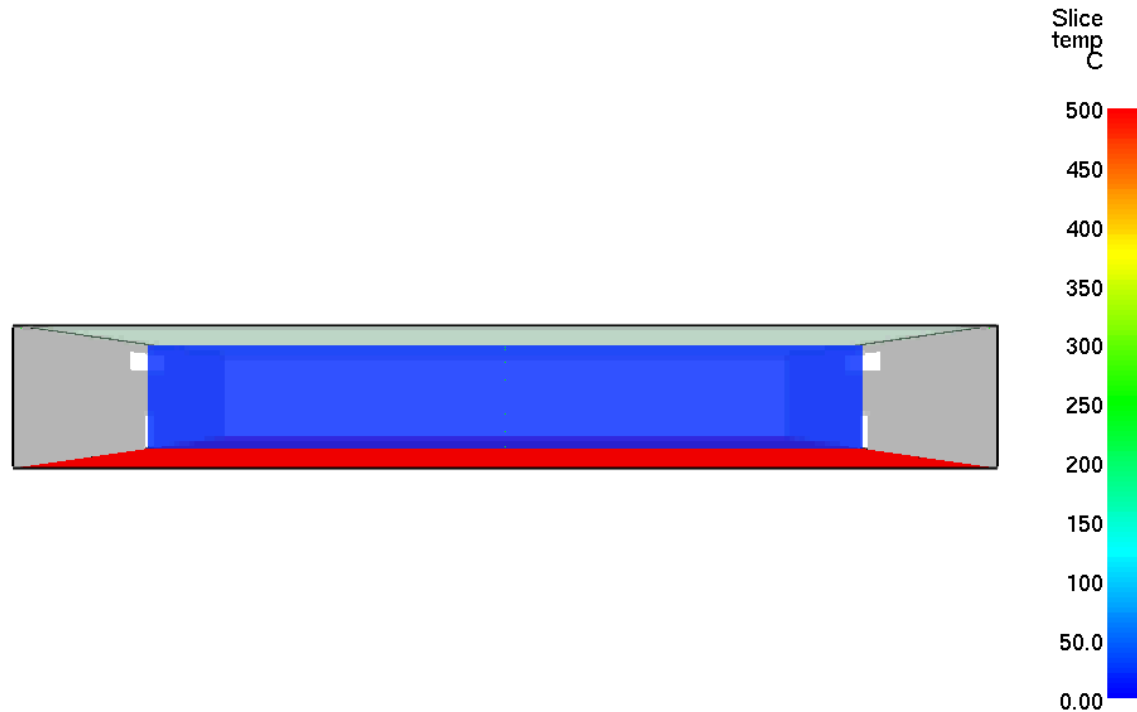


Bild 1 — Faktor w_o in Abhängigkeit von a_v und a_h

Quelle: Schneider, U; Kersken-Bradley, M.; Max, U.:
Neuberechnung der Wärmeabzugsfaktoren für die DIN V 18230 Teil 1,
Baulicher Brandschutz im Industriebau, 1990

Brandraumtemperaturen

Vollbrand nach DIN 18230 Teil 1

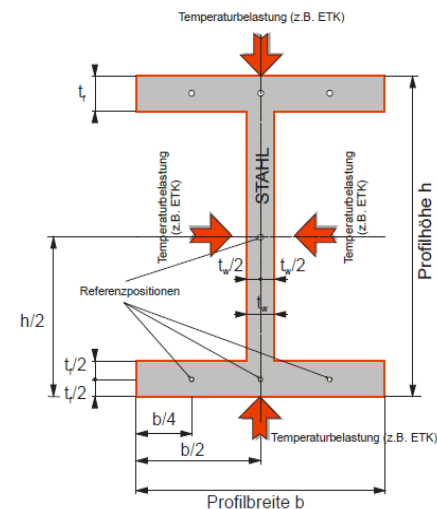
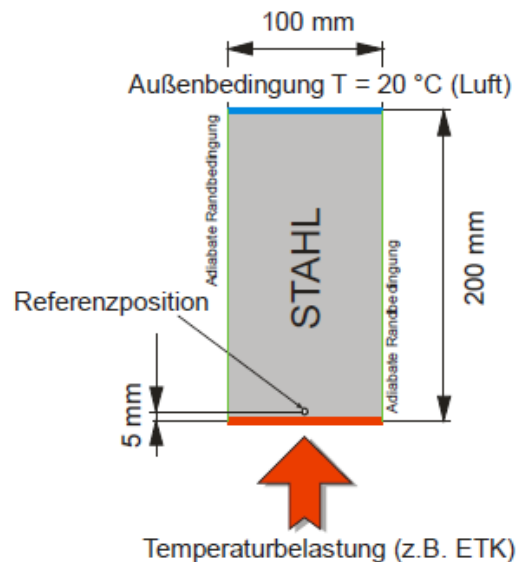
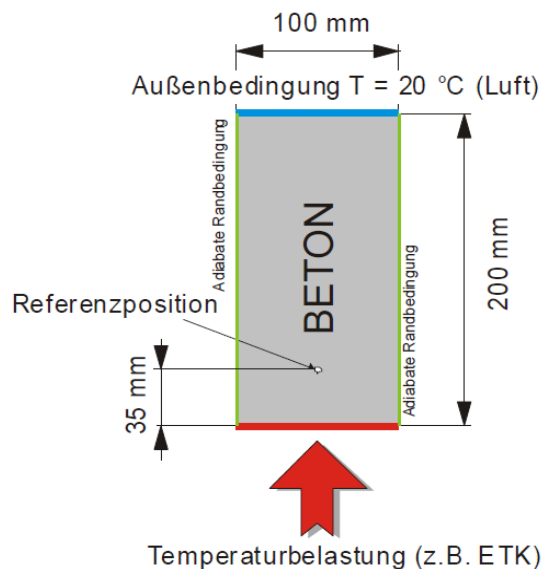


Time: 0.0



DIN 18230 Teil 4

Referenzbauteile

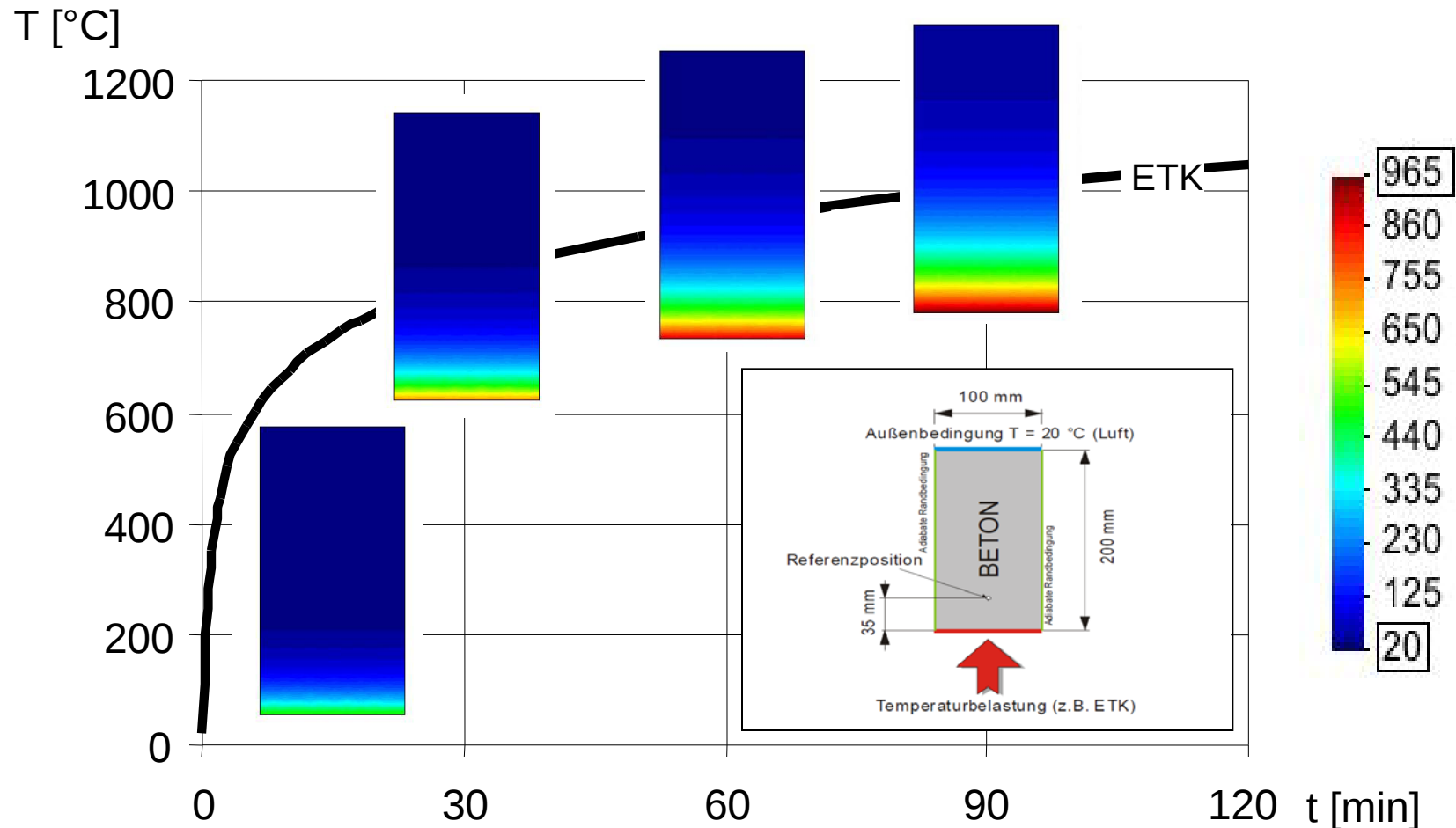


Wärmeübergangsbedingungen:

- Konvektion (heiße Seite): $\alpha_i = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Konvektion (kalte Seite): $\alpha_a = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Emissionszahl Brandrauch: $\varepsilon_{f,g} = 0,7$
- Emissionszahl Baustoffe: $\varepsilon = 0,9$

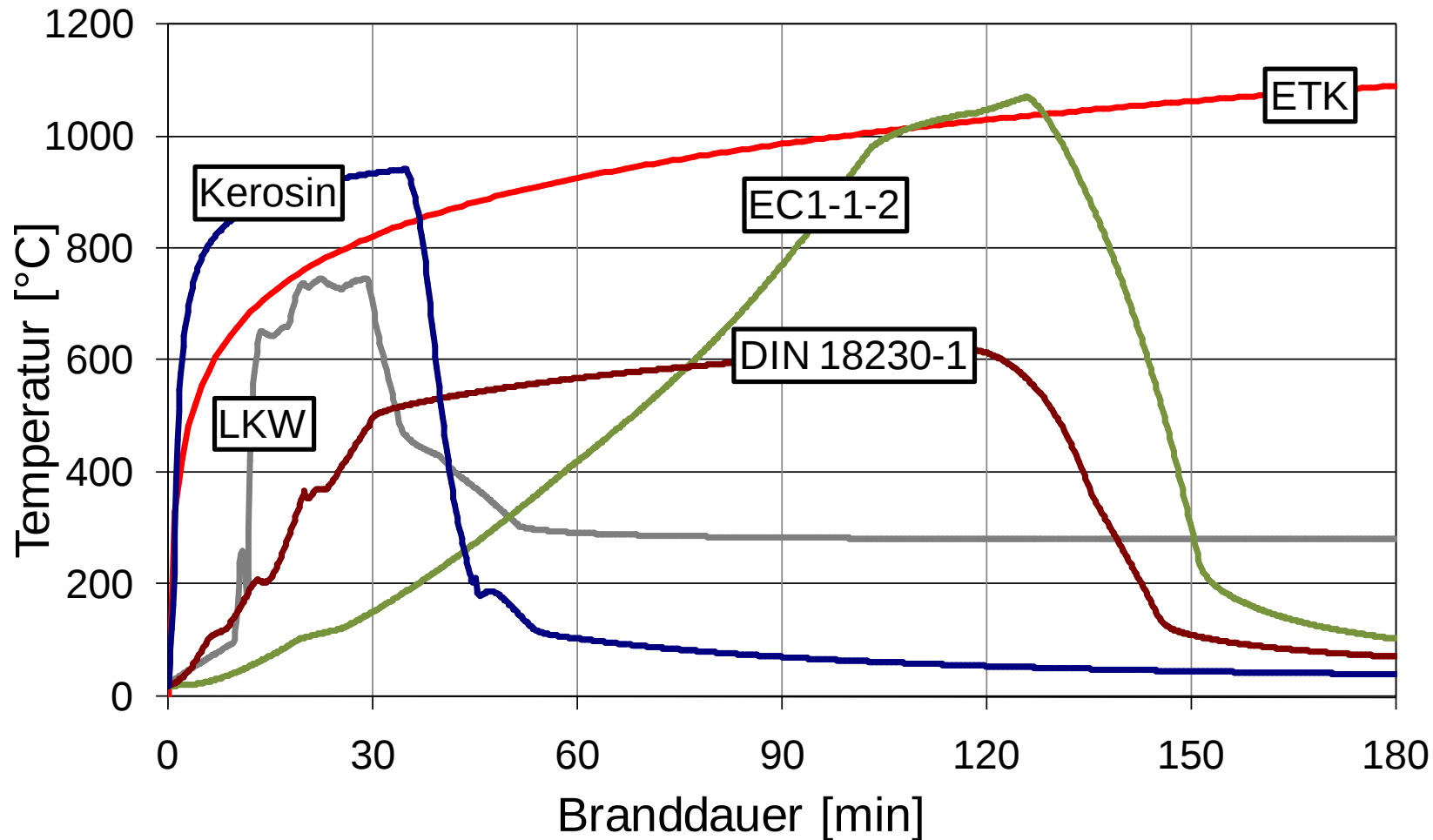
DIN 18230 Teil 4

Temperaturverteilung im Referenzbauteil mit BoFire



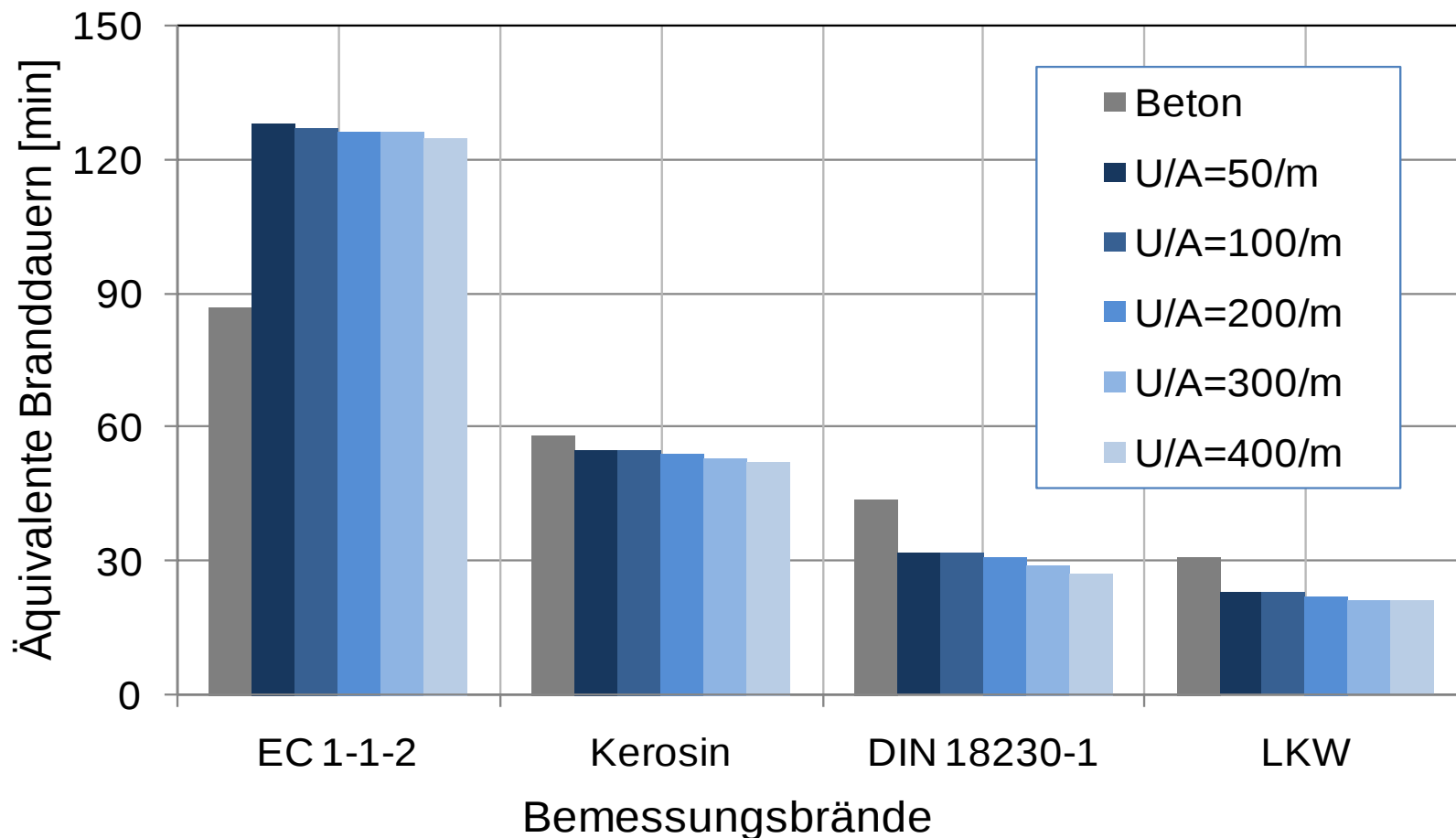
DIN 18230 Teil 4

Bewertung der Referenzbauteile aus Beton und Stahl



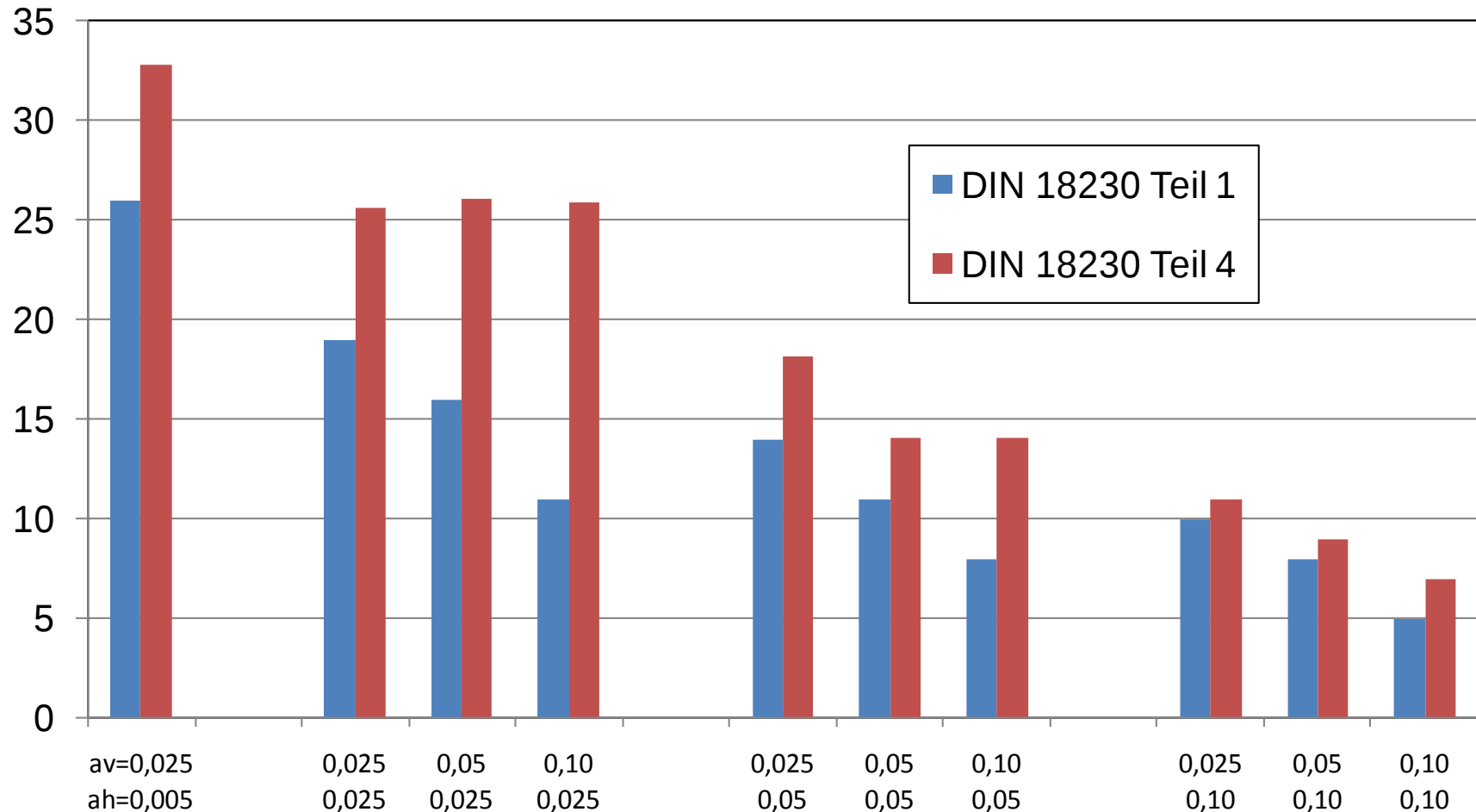
DIN 18230 Teil 4

Bewertung der Referenzbauteile aus Beton und Stahl



Äquivalente Branddauern $t_{\text{ä}}$ [min]

Vergleichsrechnungen DIN 18230 Teil 1 und Teil 4



Äquivalente Branddauern $t_{\ddot{a}}$

Brandleistung
DIN 18230 Teil 1

$$Q_{\text{ges}} = r_{\text{spez}} \cdot (H_U \cdot m) \cdot A_B$$

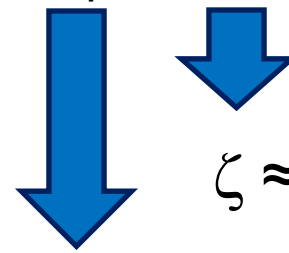


$$m = 0,65$$

$$r_{\text{spez}} = 20 \text{ kg/m}^2\text{h}$$

Brandleistung
DIN 18230 Teil 4

$$Q_{\text{ges}} = (r_{\text{spez}} \cdot \zeta) \cdot H_U \cdot A_B$$



$$\zeta \approx 0,3 \text{ bis } 1,0$$

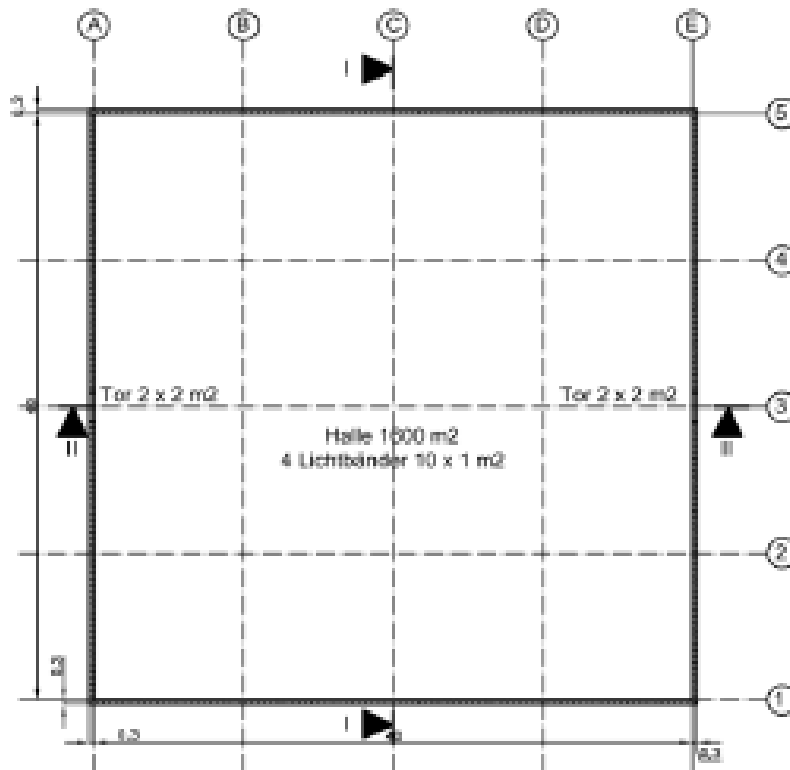
$$r_{\text{spez}} \approx 12 \text{ bis } 80 \text{ kg/m}^2\text{h}$$

- Q_{ges} : spezifische Brandleistung [kW/m²]
 r_{spez} : spezifische Abbrandrate [kg/m²h]
 H_U : unterer Heizwert [kWh/kg]
 ζ : Verbrennungseffektivität [-]
 m : Abbrandfaktor [-]
 A_b : Fläche Brandbekämpfungsabschnitt [m²]

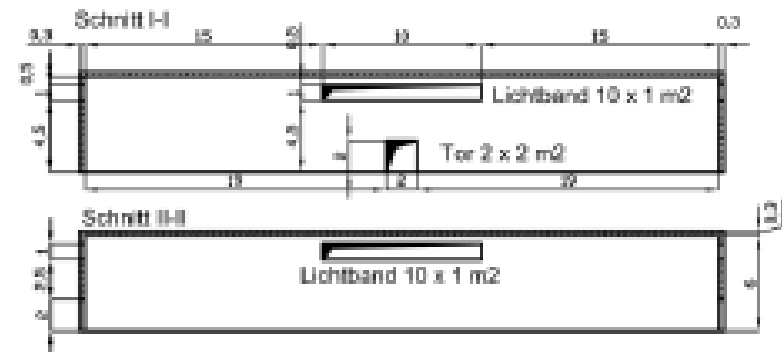
Standardhalle nach Landesbauordnung

Brandsimulation für eine 1.600 m²-Halle

Grundriss



Ansichten



Parameter:

- Massenströme
- Energiefreisetzungen
- Brandraumtemperaturen
- äquivalente Branddauern

Standardhalle nach Landesbauordnung

Vergleich von Zonen und Feldmodellen

- Maximale Heißgastemperaturen:

Modell	FDS	Fluent	Argos	BRANZ-fire	OZone	MRFC
Maximale Heißgastemperaturen	500 °C	480 °C	500 °C	525 °C	450 °C	525 °C

- Maximaltemperaturen sind vergleichbar
- Temperaturzeitkurven (Plateau) sind vergleichbar
- Äquivalente Branddauern weichen bis zu 10 % ab

Ergebnisse des Arbeitskreises Simulation

Temperaturmesspunkte beim Vollbrand

- Brandursprung ist in **Hallenmitte** anzusetzen.
- Bei Zonenmodellen wird die Temperatur der **Heißgasschicht** verwendet.
- Bei der Verwendung von Feldmodellen werden die Temperaturen nicht an Messpunkten ermittelt, sondern es werden die **Temperaturen in allen Zellen unter dem Dach / der Decke über der Brandfläche gemittelt**.
- Es sind die Temperaturen aller jeweils **zweiten Zellen unter dem Dach / der Decke** zu mitteln.

Ergebnisse des Arbeitskreises Simulation

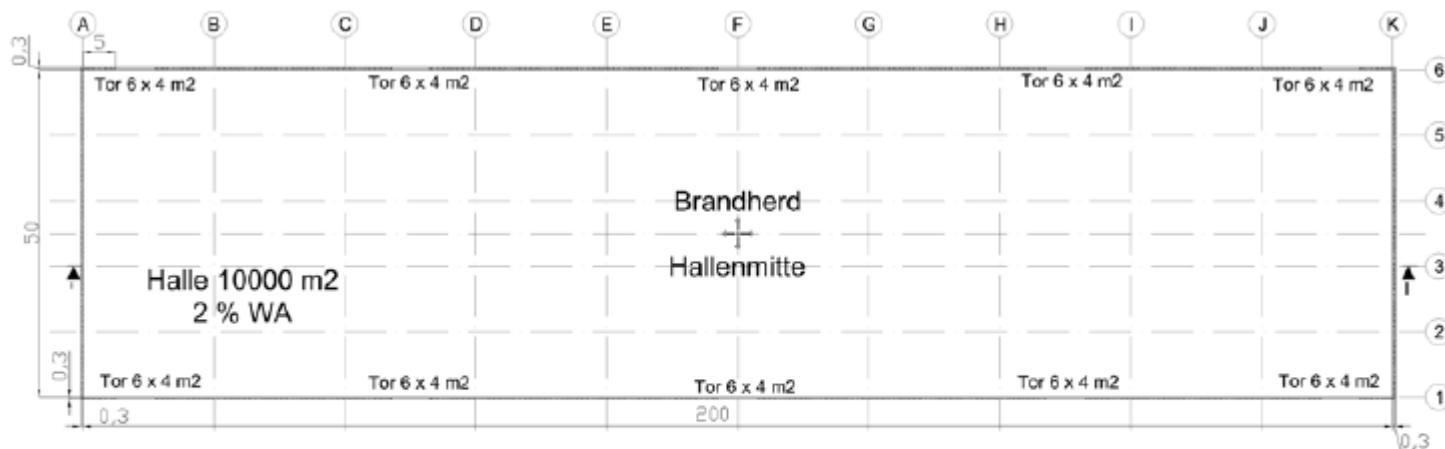
Zellengröße und Öffnungen beim Vollbrand

- Beim Feldmodell sollte die Zellengröße des Gitternetzes in der Regel **0,25 m bis maximal 0,50** betragen.
- Die asymmetrische Anordnung von Abluft- und Zuluftöffnungen führt zu Unterschieden bei der Maximaltemperatur in der Größenordnung von bis zu 50 °C. Der Einfluss auf die äquivalente Branddauer ist **vernachlässigbar** klein.
- An kleinen Öffnungen müssen mindestens **5 Zellen** für die Breite und Länge in Anlehnung an die Richtlinie VDI 6019 Teil 2 verwendet werden.
- Um die Kontraktionseffekte an Öffnungen zu erfassen, sind die geometrischen Öffnungsflächen im Programm als **aerodynamische Flächen** im Gebäude zu realisieren. Der Umrechnungsfaktor darf vereinfacht zu 0,7 angesetzt werden.

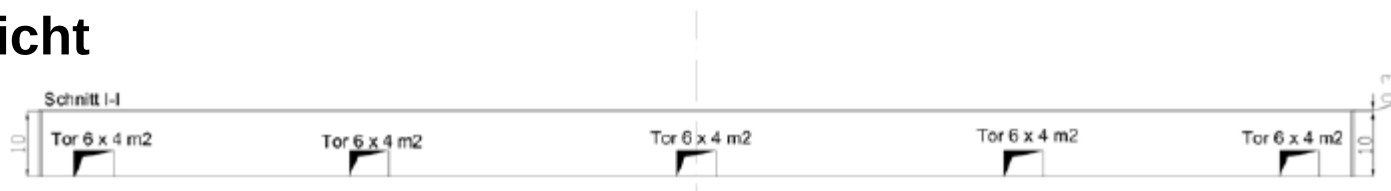
Große Brandbekämpfungsabschnitte

Brandsimulation für eine 10.000 m²-Halle

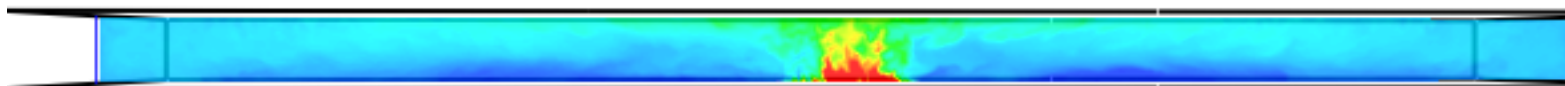
Grundriss



Ansicht



Berechnungsergebnisse:



Ergebnisse des Arbeitskreises Simulation

Große Brandbekämpfungsabschnitte

- Die Berechnungen sind sehr **zeitaufwändig**.
- Die Brandsimulation für die 10.000 m² Halle wurde nach einer **Rechenzeit von 300 Stunden abgebrochen**. Dies entsprach einer Realzeit von etwa 800 Sekunden (13 Minuten) im Modell.
- Studien mit einem Feldmodell sind für große, komplexe und mehrebenige Hallen derzeit **nur begrenzt** möglich.
- Ist der Brand des mit einer Fläche von 2.400 m² der richtige **Bemessungsbrand** für die großen oder mehrebenenigen Industriehallen ?

DIN SPEC 18230-4 - FACHBERICHT

Inhalt : 14. Arbeitsentwurf - Fassung 03/2013

1. Anwendungsbereich
2. Verweise
3. Begriffe und Symbole
4. Verfahren zur Berechnung der äquivalenten Normbranddauer
5. Berechnung der Temperaturzeitverläufe für Brände in Industriebauten
6. Praktische Anwendung
7. Dokumentation und Plausibilitätsprüfungen

Anhang A: Erläuterungen (Rest aus ursprünglicher Normfassung)

Anhang B: Erläuterungen zum Referenzbauteil

Anhang C: Berechnungsbeispiele zu einer 400 m² großen Halle

Anhang D: Berechnungsbeispiele zu einer 1.600 m² großen Halle

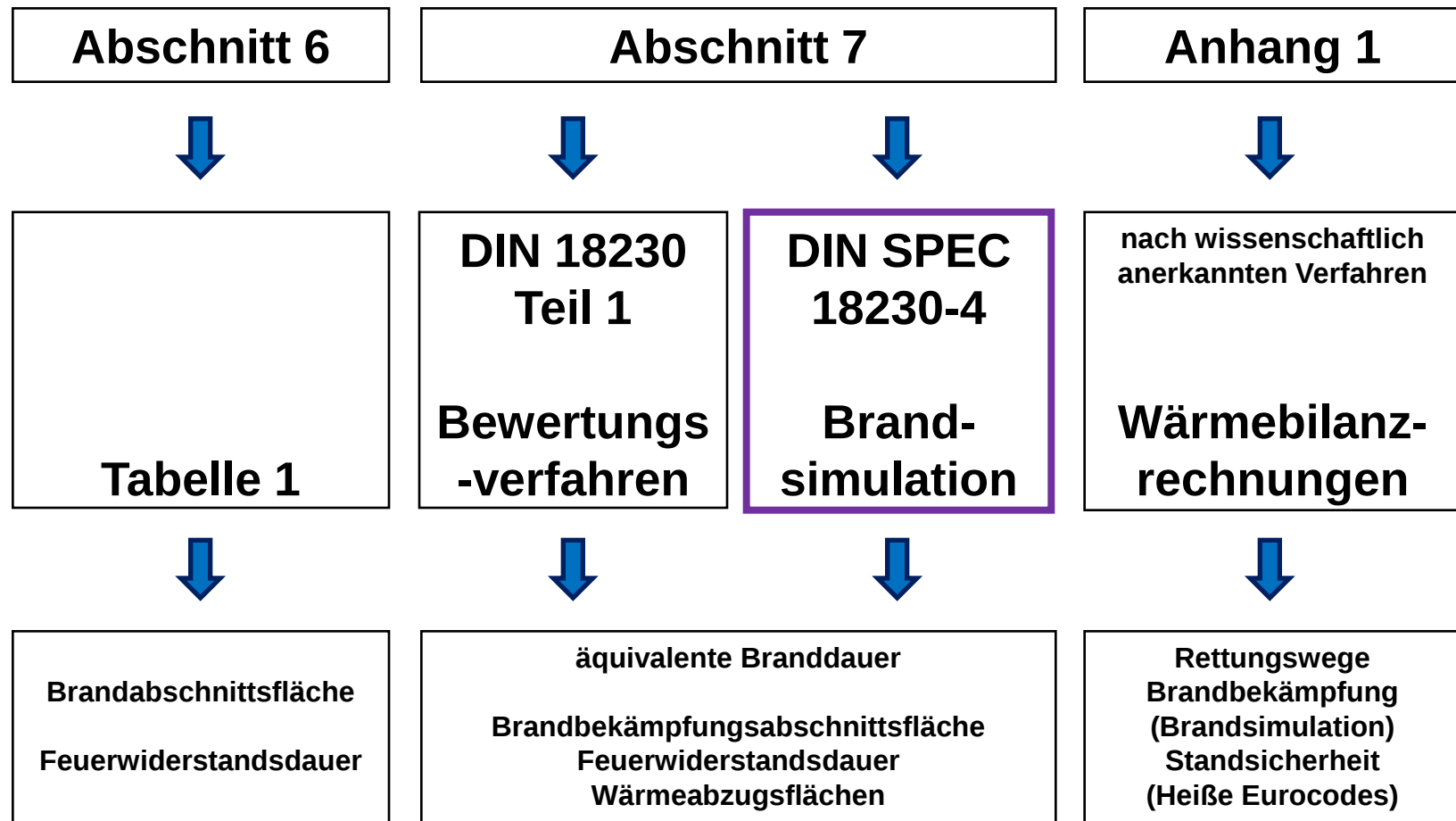
Anhang E: Berechnungsbeispiele zu einer 2.400 m² großen Halle

Anhang F: Berechnungsbeispiele zu einer 10.000 m² großen Halle

Literaturhinweise

Muster – Industriebaurichtlinie Fassung 2000

Nachweismethoden



BER Wartungshangar airberlin - Germania

Anwendung der DIN 18230 Teil 1 und Brandsimulation



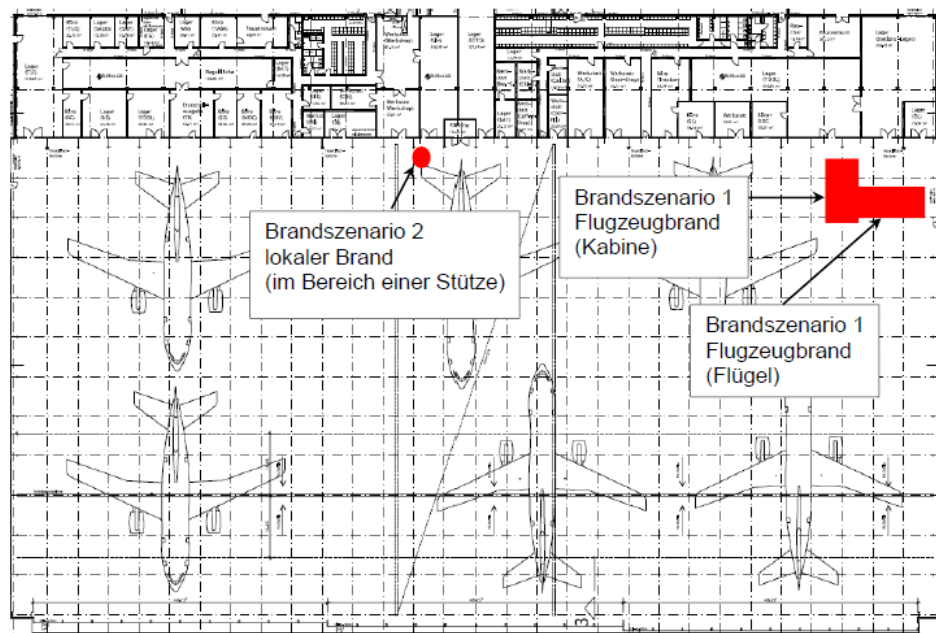
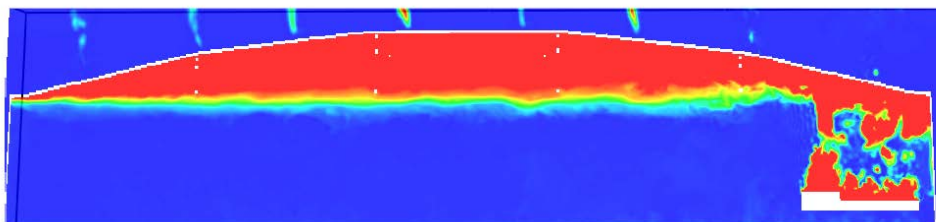
BER Wartungshangar airberlin - Germania

Anwendung der DIN 18230 Teil 1 und Brandsimulation

- DIN 18230 Teil 1 für die Bestimmung der Größe der Brandbekämpfungsabschnittsfläche
- Brandsimulation für die ungleichmäßig verteilten Brandlasten der Flugzeuge
- Brandsimulation „Flugzeugbrand“ für die lokale Beanspruchung der Bauteile
- (Brandsimulation für die Rauchableitung)

BER Wartungshangar airberlin - Germania

Anwendung der DIN 18230 Teil 1 und Brandsimulation



Nachweis Tragwerk:

NODAL SOLUTION

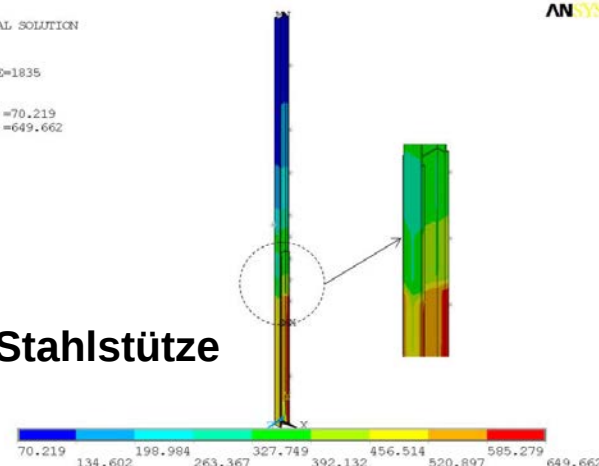
TIME=1835

SST = 70.219

SMC = 649.662

ANSYS

Stahlstütze



Zusammenhang zu DIN SPEC 18230 Teil 4:

- Maximaltemperatur
über Brandfläche
- Äquivalente Branddauer
 $t_a = 11$ Minuten

BER Wartungshangar airberlin - Germania

Tragwerk während der Bauphase



Zusammenfassung

- Ein einziges Referenzbauteil ist ausreichend, um konservative Ergebnisse für die Bemessung einer ganzen Halle zu erzeugen.
- Dem (Rechen-) Bewertungsverfahren der DIN 18230 Teil 1 liegt ein Vollbrand auf einer Fläche von 2.400 m² zugrunde.
- Brandsimulationsrechnungen auf der Basis von Zonenmodellen und Feldmodellen liefern vergleichbare äquivalente Branddauern. Zonenmodelle reichen bei Industriebauten in der Regel völlig aus.
- Die Ergebnisse des Normenausschusses mit Brandsimulationen im Industriebau werden dokumentiert. Es wird Berechnungsbeispiele für die Praxis geben.
- Der Nachweis nach Abschnitt 7 der IndBauRL wird erweitert.
- DIN 18230 Teil 4 ➔ DIN SPEC 18230-4 Fachbericht.