



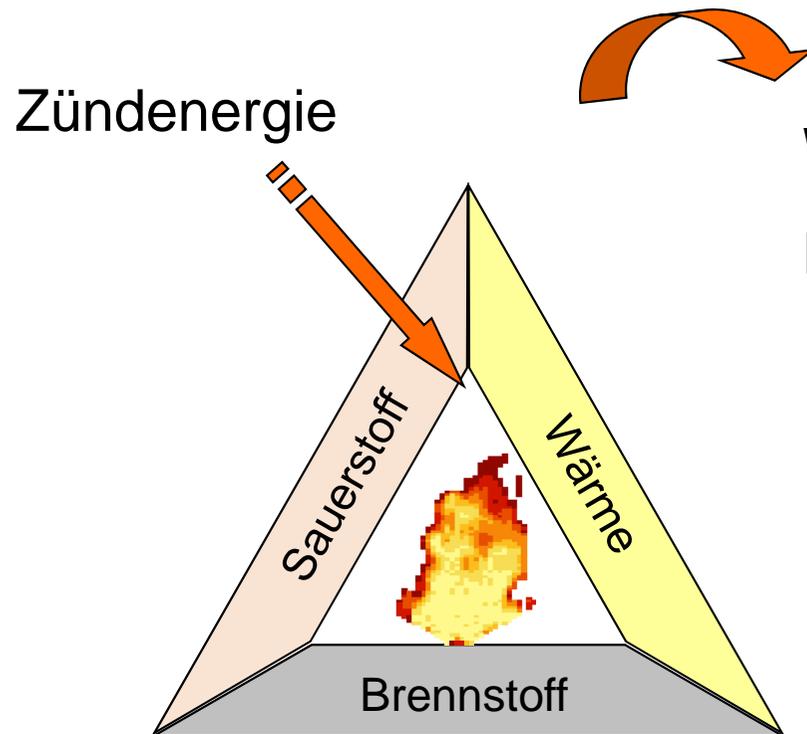
Dipl.-Ing. Norman Werther

# Fachforum Brandschutz im mehrgeschossigen Holzbau

## brandschutztechnische Klassifizierung Leistungsfähigkeit von Holzbauteilen

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

# Einwirkungen aus Schadensfeuer



**Wärmeenergie**

**Rauch**

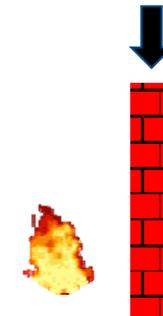
- Personenschutz
- Nachbarschaftsschutz
- Sachwertschutz
- Umweltschutz
- ...

# Schutzziele

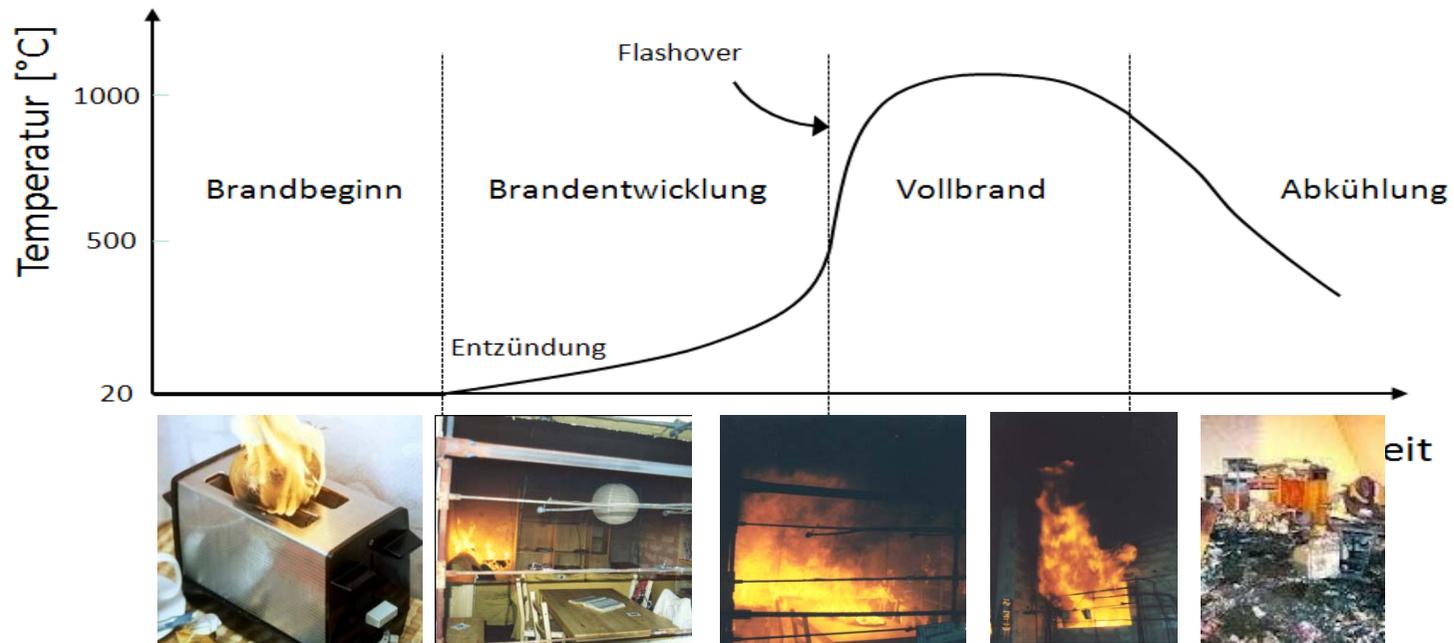
## Spezifizierung im Grundlagendokument Brandschutz

### GD Abschnitt 4.2

- Tragfähigkeit des Bauwerks
- Begrenzung der Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch (im Brandentstehungsraum und darüber hinaus)
- Begrenzung der Brandausbreitung auf benachbarte Bauwerke
- Rettung der Nutzer des Bauwerks
- Sicherheit der Rettungsmannschaft



# Leistungseigenschaften im Brandverlauf



Phase	Brandbeginn	Brandentwicklung	Vollbrand	Abkühlung
<b>Brandverhalten</b>	aufheizen des Brennstoffes	brandlastgesteuert	ventilationsgesteuert	brandlastgesteuert
<b>Menschliches Verhalten</b>	Brand vermeiden	Brandfrühbekämpfung (Feuerlöscher), Flucht	Tod	
<b>Erkennung</b>	Rauchmelder, Gasmelder	Rauchmelder, Wärmemelder, manuelle Auslösung	Feuer- und Flammenaustritt nach Außen durch Öffnungen	
<b>Aktive Maßnahmen</b>	-----	Löschen per Sprinkleranlage oder Feuerwehr. Rauchkontrolle	Kontrolle durch die Feuerwehr	
<b>Passive Maßnahmen</b>	Wahl des Baustoffes	Entzündbarkeit, Brandausbreitung	Feuerwiderstand (Raumabschluss und Tragfähigkeit)	

# Struktur des Brandschutzes

## BRANDSCHUTZ

### Vorbeugender Brandschutz

### Abwehrender Brandschutz

Bauliche  
Maßnahmen

Anlagen-  
technische  
Maßnahmen

Betrieblich-  
organisatorische  
Maßnahmen

Selbsthilfe

Feuerwehr

**festgelegte Schutzziele müssen erreicht werden**

**Standardkonzept - deskriptiv**

**Schutzzielorientiertes Konzept**

# Welche Eigenschaften werden benötigt ?

Baurechtliche Kriterien:

## Anforderungen an

- Tragfähigkeit
- Raumabschluss
- Brennbarkeit
- mechanische Beanspruchung
- Rauchdichtigkeit
- Brandschutzwirkung Bekleidung
- Strahlung
- ....

Definition von Baustoffen und Bauteilen:

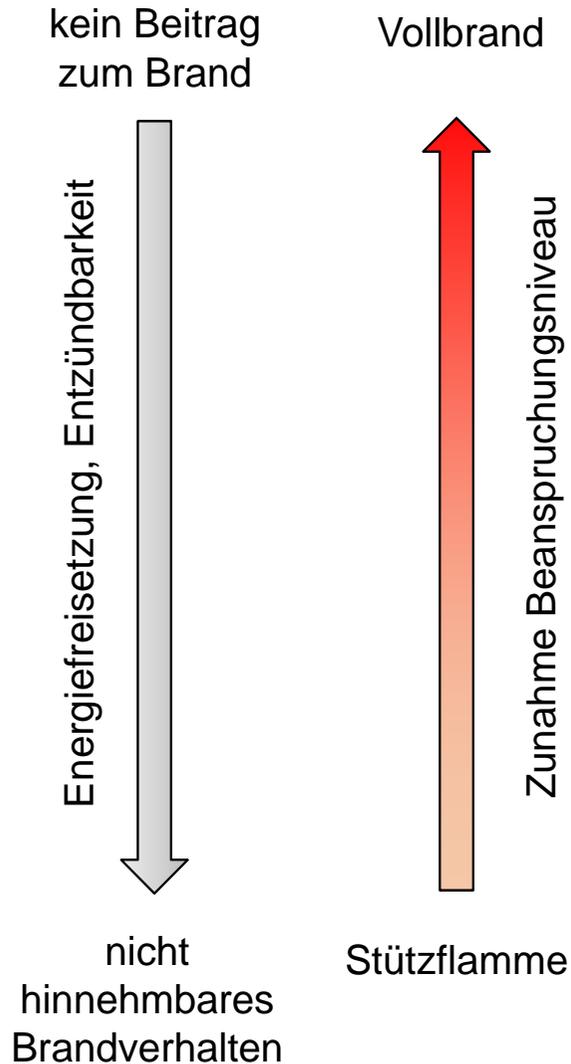
## Baustoffe

- nicht brennbare
- schwerentflammbare
- normalentflammbare

## Bauteile

- feuerbeständige
- hochfeuerhemmende
- feuerhemmende

# Baustoffverhalten



Bauaufsichtliche Anforderung	Euroklasse		
Nichtbrennbar A1/A2	A1		
	A2 – s1,d0		
Schwerentflammbar B1	B – s1,d0 C – s1,d0		
	A2 – s2,d0 A2 – s3,d0 B – s2,d0 B – s3,d0 C – s2,d0 C – s3,d0		
	A2 – s1,d1 A2 – s1,d2 B – s1,d1 B – s1,d2 C – s1,d1 C – s1,d2		
	A2 – s3,d2 B – s3,d2 C – s3,d2		
	Normalentflammbar B2	D – s1,d0 D – s2,d0 D – s3,d0 E	
		D – s1,d1 D – s2,d1 D – s3,d1 D – s1,d2 D – s2,d2 D – s3,d2	
		E – d2	
		Leichtentflammbar - B3	F



# Glimmbrandverhalten



## Anlagen zur Bauregelliste B Teil 1

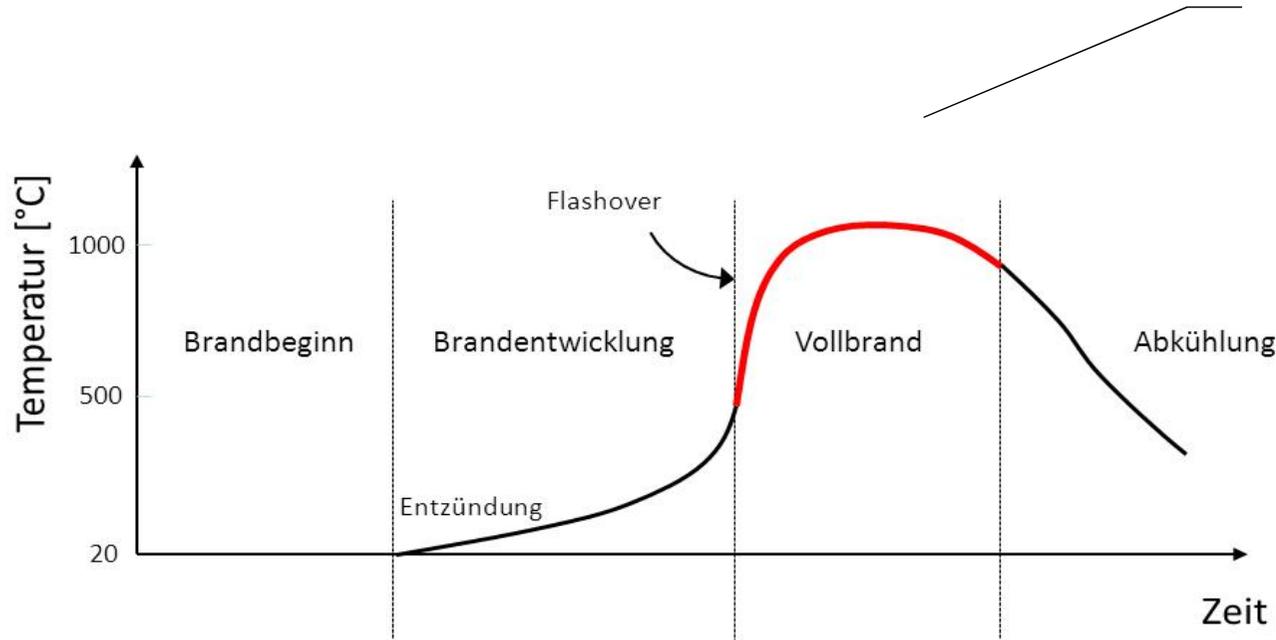
### Anlage 04 (2003/1)

Das Glimmverhalten von Baustoffen, die nach DIN EN 13501-1 in die Klasse A2, B oder C eingestuft werden, ist zusätzlich durch Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachzuweisen.

### Anlage 08 (2009/2)

Das Glimmverhalten von in Bauprodukten und Bausätzen verwendeten Dämmstoffen aus Mineralwolle, Holzwerkstoffen, pflanzlichen/tierischen Fasern oder Kork, die nach DIN EN 13501-1 in das Brandverhalten der Klassen A1, A2, B oder C eingestuft werden, ist im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachzuweisen.

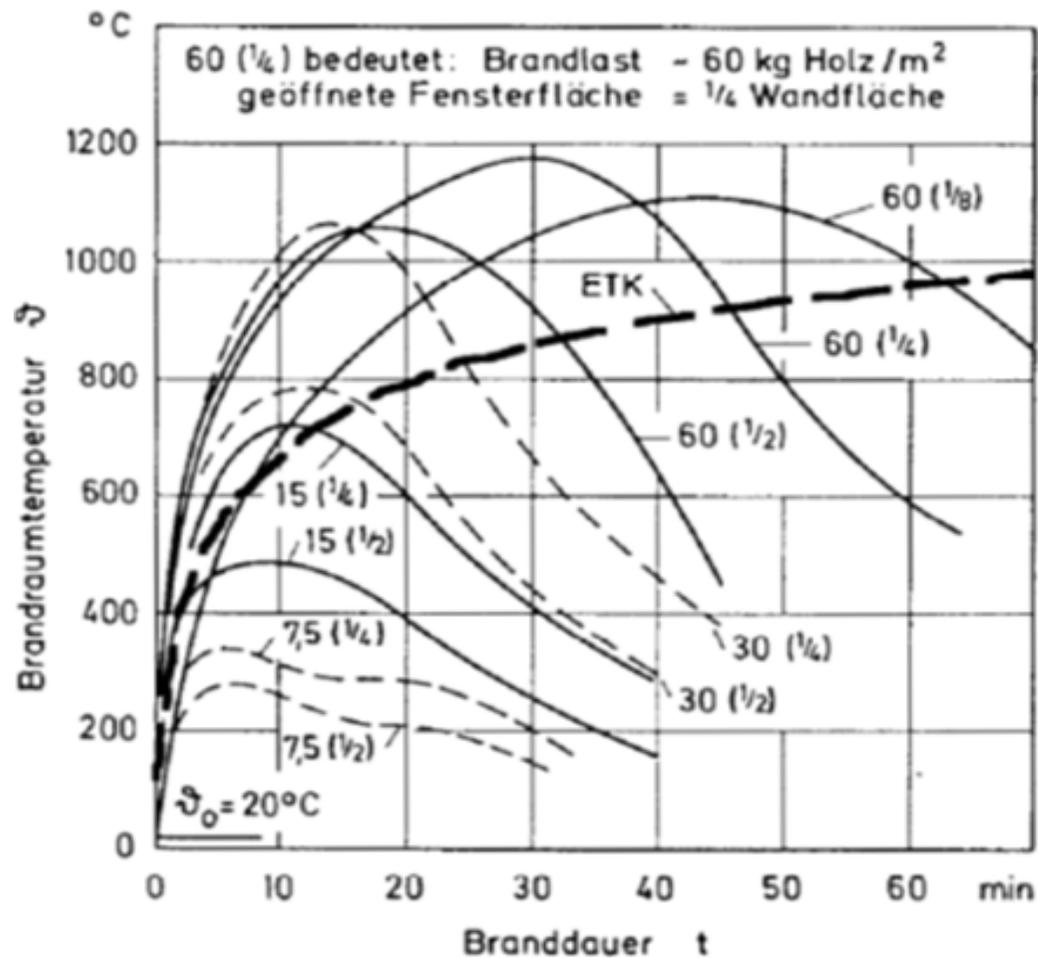
# Verlauf Schadensfeuer



Phase	Brandbeginn	Brandentwicklung	Vollbrand	Abkühlung
<b>Brandverhalten</b>	aufheizen des Brennstoffes	brandlastgesteuert	ventilationsgesteuert	brandlastgesteuert
<b>Menschliches Verhalten</b>	Brand vermeiden	Brandfrühbekämpfung (Feuerlöscher), Flucht	Tod	
<b>Erkennung</b>	Rauchmelder, Gasmelder	Rauchmelder, Wärmemelder, manuelle Auslösung	Feuer- und Flammenaustritt nach Außen durch Öffnungen	
<b>Aktive Maßnahmen</b>	-----	Löschen per Sprinkleranlage oder Feuerwehr, Rauchkontrolle	Kontrolle durch die Feuerwehr	
<b>Passive Maßnahmen</b>	Wahl des Baustoffes	Entzündbarkeit, Brandausbreitung	Feuerwiderstand (Raumabschluss und Tragfähigkeit)	

# Natürliche Brandbeanspruchung

## Einflussgrößen:

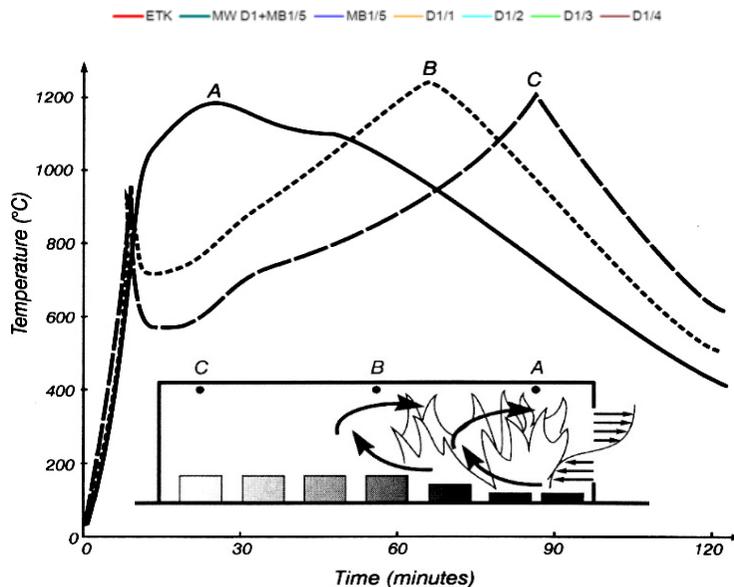
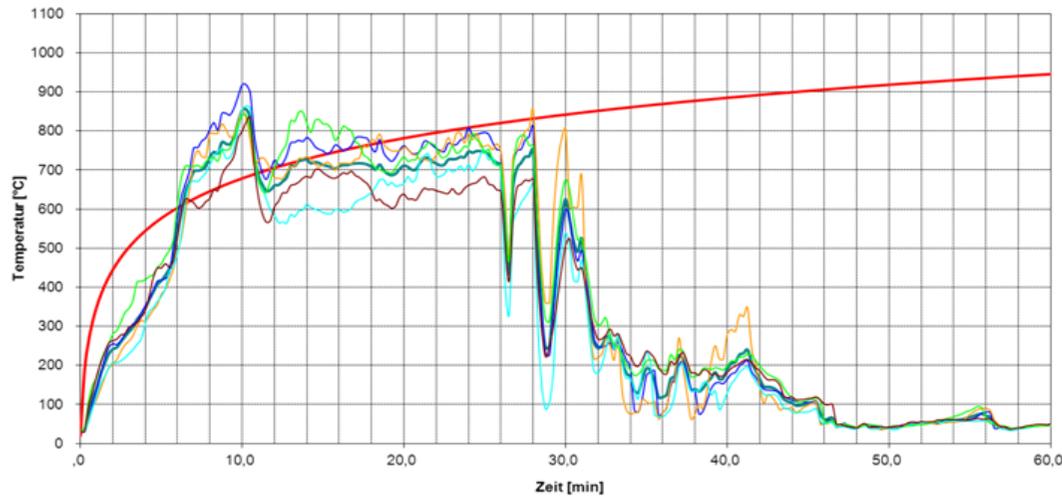


Quelle: Holzbau Brandschutzhandbuch

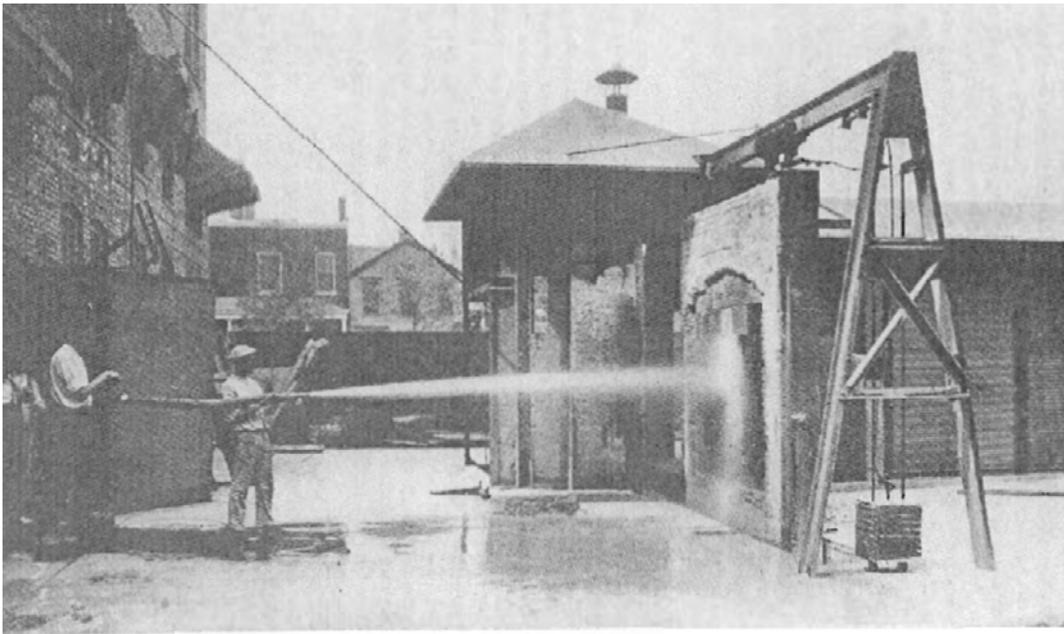


# Natürliche Brandbeanspruchung

## Orts-, Zeitabhängigkeit:



# Historie des Feuerwiderstandes



Löschwassertest nach Ofenbeanspruchung, ca. 1903,  
UW-Laboratories,

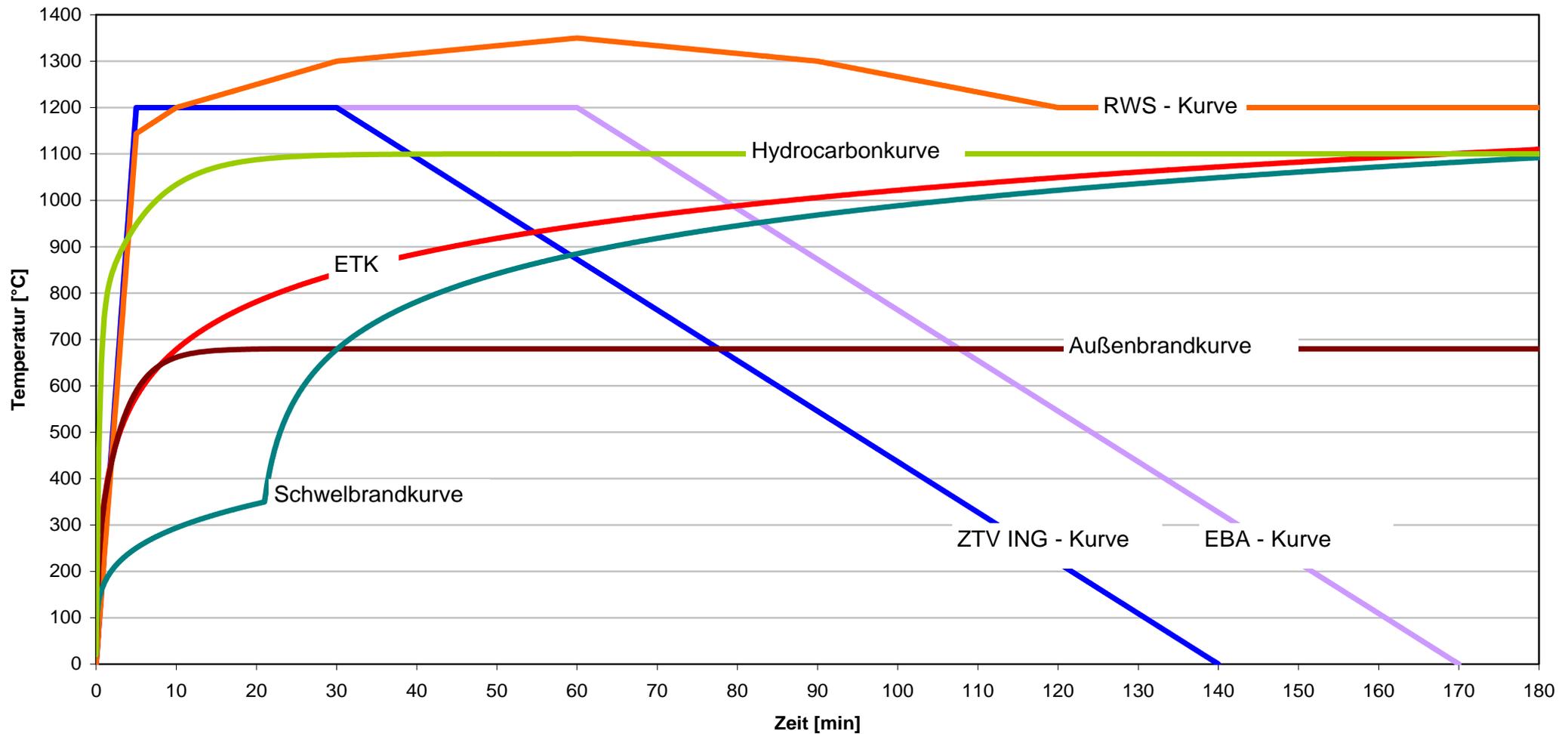
Quelle: Fire Technology 1978, V.4, No.3



NBS Federal Triangle Fire Test 1928 W-DC

Quelle: NIST Technical Note 1628

# Normbrandbeanspruchung



# Normbrandbeanspruchung

## Einheitstemperatur-Zeitkurve:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8 t + 1)$$

## Außenbrandkurve:

$$\theta_g = 660 (1 - 0,687 e^{-0,32 t} - 0,313 e^{-3,8 t}) + 20$$

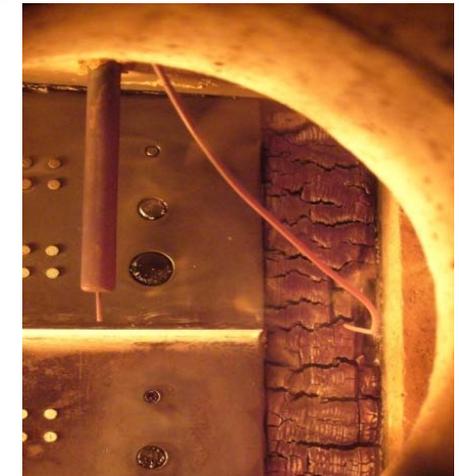
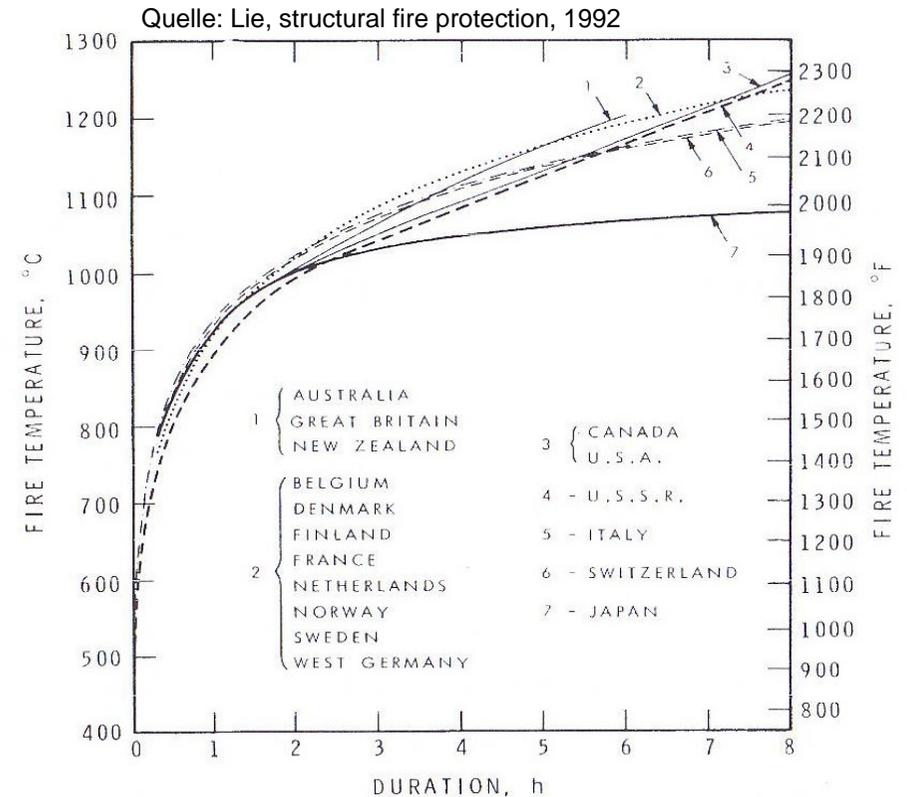
## Hydrokarbonkurve:

$$\theta_g = 1\,080 (1 - 0,325 e^{-0,167 t} - 0,675 e^{-2,5 t}) + 20$$

$\theta_g$  die Gastemperatur im Brandabschnitt [°C]

$t$  die Zeit [min]

**! Überdruckbedingungen im Brandraum !**



# Experimenteller Nachweis des Feuerwiderstands

## Charakteristische Leistungseigenschaften DIN EN 13501-2

R — Tragfähigkeit

E — Raumabschluss

I — Wärmedämmung

W — Strahlung

M — Widerstand gegen mechanische Beanspruchung

C — Selbstschließende Eigenschaft

S — Rauchdichtheit

G — Widerstandsfähigkeit gegen Rußbrand

K — Brandschutzfunktion Bekleidung



# Experimenteller Nachweis des Feuerwiderstands

Normprüfung nach:

DIN EN 1363-1 bis 3: Feuerwiderstandsprüfungen

DIN EN 1364-1 bis 4: Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile

DIN EN 1365-1 bis 6: Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile

DIN EN 1366-1 bis 10: Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen

DIN EN 1634-1, 3: Feuerwiderstandsprüfung für Tür- und Abschlusseinrichtungen

DIN EN 13381-1 bis 8: *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen*

DIN EN 14135: *Brandschutzfunktion der Bekleidungen*



Quelle: MFPA Leipzig

# Zuordnung bauaufsichtliche Benennung - Feuerwiderstandsklassen

## Anlage 0.1.2 (2014/2)

Quelle: BRL

Die nach DIN EN 13501-2 und DIN EN 13501-3 und DIN EN 13501-4 klassifizierten Eigenschaften zum Feuerwiderstandsverhalten entsprechen folgenden Anforderungen in bauaufsichtlichen Verwendungsvorschriften:

Tabelle 1: Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen nach DIN EN 13501-2 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen

Bauaufsichtliche Anforderung	Tragende Bauteile		Nichttragende Innenwände	Nichttragende Außenwände	Doppelböden	Selbständige Unterdecken
	ohne Raumabschluss <sup>1</sup>	mit Raumabschluss <sup>1</sup>				
feuerhemmend	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i→o) und EI 30-ef (i←o)	REI 30	EI 30(a↔b)
hochfeuerhemmend	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i→o) und EI 60-ef (i←o)		EI 60(a↔b)
feuerbeständig	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i→o) und EI 90-ef (i←o)		EI 90(a↔b)
Feuerwiderstandsfähigkeit 120 Min.	R 120	REI 120	--	--		--
Brandwand	--	REI 90-M	EI 90-M	--		--

<sup>1</sup> Für die mit reaktiven Brandschutzsystemen beschichteten Stahlbauteile ist die Angabe IncSlow gemäß DIN EN 13501-2 zusätzlich erforderlich.

## Tragfähigkeit (R)

Fähigkeit des Bauteils zum Widerstand unter mechanischer Einwirkung bei ein- oder mehrseitiger Brandbeanspruchung, ohne Verlust der Standsicherheit

### bauteilabhängige Leistungskriterien:

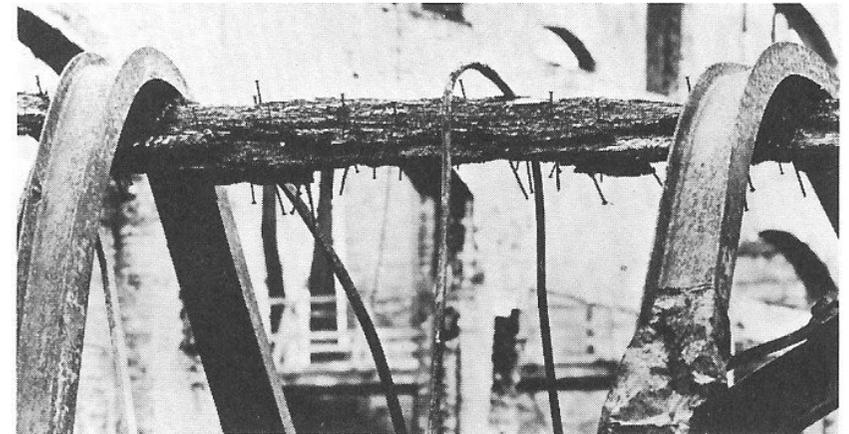
- kein Zusammenbrechen
- zulässige Verformung  
(Durchbiegung, Stauchung, Dehnung)
- zulässige Verformungsgeschwindigkeit

### Idealisierung:

- Lagerungsbedingungen
- i.d.R. Bauteilausschnitte



Quelle: fire safety in timber buildings



*Fig. 20-4. After fire scene. Shows a wood beam supporting twisted steel I-beams. (Forest Products Laboratory)*

# Tragfähigkeit (R)



Quelle: MFPA Leipzig

## Raumabschluss (E)

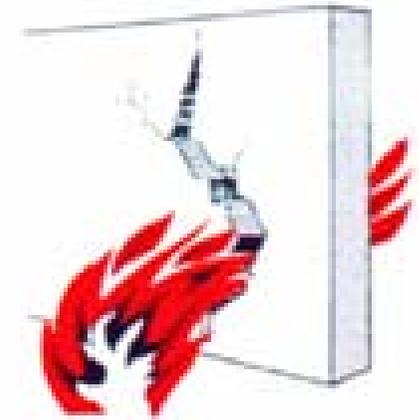
Fähigkeit des Bauteils mit raumtrennender Funktion (einseitige Brandbeanspruchung), den Durchtritt von Feuer und heißen Gasen zur brandabgewandten Seite für eine definierte Dauer zu verhindern.

### Leistungskriterien:

- kein anhaltenden Flammenbildung
- kein Spalte und Öffnungen über Grenzmaße
- keine Entzündung Wattebausch
- Tragfähigkeit notwendig

### Grenzen / Idealisierung:

- Fugenausbildung
- Einbauten
- i.d.R. Bauteilausschnitte



Quelle: fire safety in timber buildings



Quelle: MFPA Leipzig

# Raumabschluss (E)



Quelle: MFPA Leipzig



# Wärmedämmung (I)

Fähigkeit des Bauteils bei einseitiger Brandbeanspruchung, den Übersprung des Feuers infolge signifikanter Wärmeübertragung von der Brandraumseite auf die abgekehrte Seite zu verhindern

## Leistungskriterien:

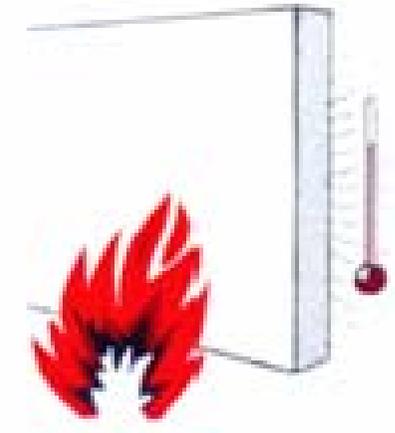
- keine Temperaturerhöhung  $\Delta T$  auf der feuerabgekehrten Seite von 140 °C Mittel, 180 °C Einzelwerte

*(kein Entzündung der Oberfläche oder von angrenzenden Gegenständen, Schutz von Personen vor übermäßiger Wärmeeinwirkung)*

- Tragfähigkeit, Raumabschluss notwendig

## Grenzen / Idealisierung:

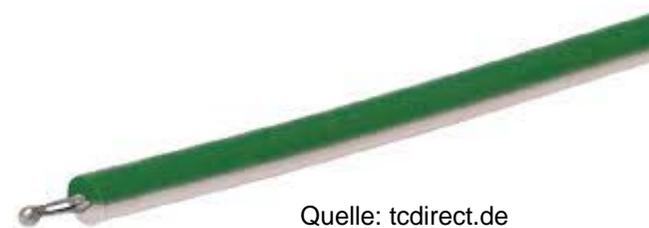
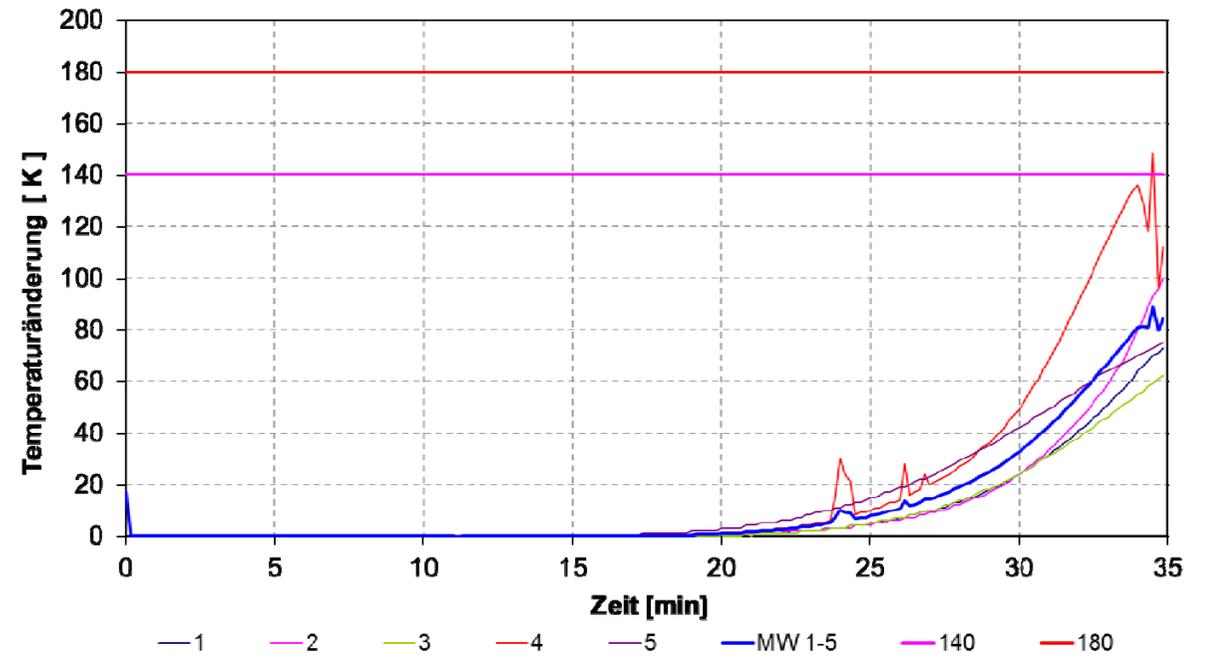
- direkter Fugeneinfluss unberücksichtigt
- lokale Temperaturerfassung



Quelle: fire safety in timber buildings



# Wärmedämmung (I)



# Mechanische Stoßbeanspruchung (M)

Fähigkeit des Bauteils einer mechanischen Stoßbeanspruchung, infolge des Tragfähigkeitsversagens anderer Bauteile, zu widerstehen.

## Leistungskriterien:

- 3-malige Stoßbeanspruchung mit 3000 Nm nach dem Klassifikationszeitpunkt  
(200 kg Bleischrotsack; 1,5 m Fallhöhe)
- Tragfähigkeit, Raumabschluss, Wärmedämmung müssen dabei erhalten bleiben

## Idealisierung:

- Einwirkung von Brand abgekehrter Seite
- Bauteilausschnitt, Lagerungsbedingungen



## Mechanische Stoßbeanspruchung (M)



## Brandschutzfunktion Bekleidung (K)

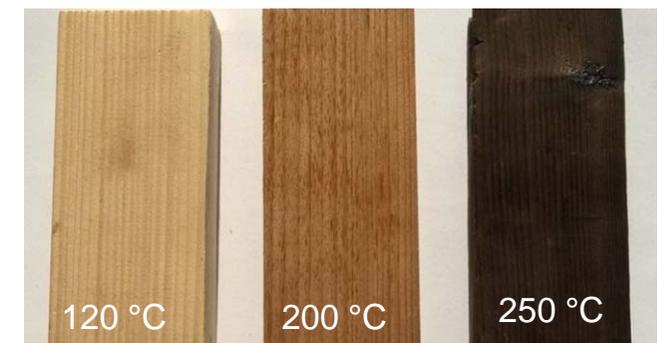
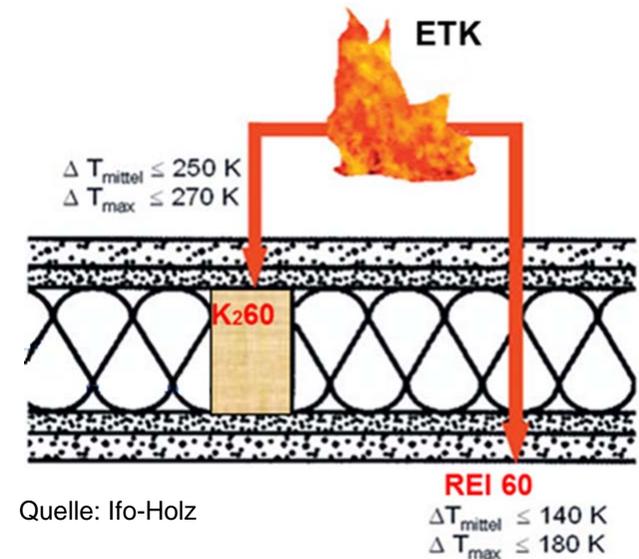
Fähigkeit einer Bekleidung, bei einseitiger Brandbeanspruchung, das dahinter liegende Material für eine festgelegte Zeitdauer vor Entzündung und Verkohlung zu schützen.

### Leistungskriterien:

- keine Temperaturerhöhung  $\Delta T$  auf der Trägerplatte von 250 °C Mittel, 270 °C Einzelwerte
- keine Verbrennungen oder Verkohlung auf Trägerplatte
- kein Zusammenbrechen der Bekleidung

### Grenzen / Idealisierung:

- nur als horizontale Bekleidung untersucht
- keine Eckverbindungen betrachtet



**! Prüfung Materialunabhängig !**

# Brandschutzfunktion Bekleidung (K)



Quelle: MFPA Leipzig



# Klassifikation nach DIN EN 13501-2

Allgemeine Klassifizierung für Bauteile:



Klassifikationszeit:

10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120,  
180, 240, 360 - Minuten

Zusatzfunktion:

- M – mech. Stoß
- C – Selbstschließfunktion
- S – Rauchdichtheit
- K – Brandschutzbekleidung

Brandbeanspruchungen außer ETK:

- IncSlow – durch Schwelbrandkurve
- sn – durch Naturbrand
- ef – Außenbrandkurve
- r – konstante Brandbeanspruchung

Beispiel: tragende Innenwandkonstruktion (Prüfergebnis nach DIN EN 1365-1)

Bauteil mit Tragfähigkeit von 91 Minuten, einem Raumabschluss mit Wattebauschtest von 65 Minuten, einer Wärmedämmung von 59 Minuten

Klassifikation: R 90 / RE 60 / REI 45

(Klassifikation nach 4102-2: ohne Raumabschluss F90 - , mit Raumabschluss F30 - )

# baurechtlichen Verwendbarkeit

- allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ),
- europäisch technische Bewertung (ETA),
- allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP),
- normative Berechnungsverfahren  
(EC mit Handrechenverfahren, erweiterte Verfahren),
- geregelte Bauteilkataloge
- Zustimmung im Einzelfall



**! Gültigkeit, Anwendungsbereich stets prüfen !**



# Umgang und Anwendung



## MFWA Leipzig GmbH

Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für  
Baustoffe, Bauprodukte und Bausysteme

Geschäftsbereich III - Baulicher Brandschutz  
Dr.-Ing. Peter Nause

Arbeitsgruppe 3.2 - Brandverhalten von Bauarten und  
Sonderkonstruktionen

Dipl.-Ing. (FH) Erik Dorn  
Telefon +49 (0) 341 - 6582-144  
dorn@mfa-leipzig.de

### Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis Nr. P-SAC-02/III-615

vom 18. November 2013  
1. Ausfertigung

**Gegenstand:** Tragende, raumabschließende und hochfeuerhemmende Wände der Feuerwiderstandsklasse REI 60 gemäß DIN EN 13501-2: 2010-02 mit einer allseitig brandschutztechnisch wirksamen und symmetrischen Beplankung / Bekleidung bestehend aus d = 15 mm dicker Rigidur H Gipsfaserplatte als innere Lage und d = 20 mm dicker Gipsplatte Rigips „Die Dicke“ als äußere Lage der Klasse K<sub>2</sub>60 gemäß DIN EN 13501-2: 2010-02 als beidseitige Beplankung / Bekleidung unter einer einseitigen Brandbeanspruchung.

**entsprechend:** BRL A, Teil 2, lfd. Nr. 2.44, Ausgabe 2013/1 – Hochfeuerhemmende Bauteile, deren tragende, aussteifende und raumabschließende Teile aus Holz oder Holzwerkstoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben.

**Auftraggeber:** Saint Gobain Rigips GmbH  
Schanzenstr. 84  
D-40549 Düsseldorf

**Ausstellungsdatum:** 18.11.2013

**Geltungsdauer:** 18.11.2018

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. (FH) E. Dorn

Auf Grund dieses allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses ist der oben genannte Gegenstand nach den Landesbauordnungen verwendbar.

Dieses allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis umfasst 17 Seiten und 1 Anlage.

**Geltungsdauer: 18.11.2018**



Dieser Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der MFWA Leipzig GmbH. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFWA Leipzig GmbH.



Durch die DAkkS GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren (in diesem Dokument mit \* gekennzeichnet). Die Urkunde kann unter [www.mfa-leipzig.de](http://www.mfa-leipzig.de) eingesehen werden.  
Nach Landesbauordnung (LBO) (02) anerkannte und nach Bauproduktenverordnung (NB 0800) notifizierte PÜZ-Stelle.

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH (MFWA Leipzig GmbH)  
Sitz: Hans-Wiegand-Str. 20 – 04315 Leipzig/Germany  
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Frank Dohm  
Handelsregister: Amtsgericht Leipzig HRB 17719  
USt-Id.Nr.: DE 813200669  
Tel.: +49 (0) 341 - 6582-0  
Fax: +49 (0) 341 - 6582-135

## Anwendungsbereich:

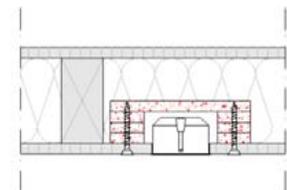
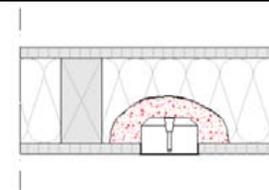
Die tragende, raumabschließende Wandkonstruktion in Holzständerbauweise darf mit einer beliebigen Wandbreite hergestellt werden. Die zulässige Wandhöhe ist mit  $\leq 3000$  mm auszuführen.

## Aufbau:

Die Beplankung/ Bekleidung der Holzunterkonstruktion muss in ihrem Aufbau beidseitig mit mindestens:

- 2 x 18,0 mm dicken Knauf Gipsplatten DF gemäß DIN EN 520: 2009-12 bzw. GKF gemäß DIN 18180: 2007-01 erfolgen.

## Anschlüsse und Installationen:

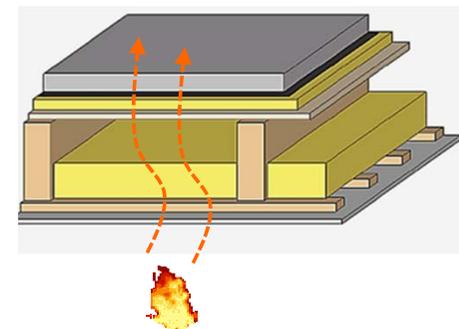


u.v.m.:

# Umgang und Anwendung

- Rechnerische Ermittlung des Feuerwiderstands von tragenden und raumabschließenden Wand- und Deckenbauteilen nach Eurocode 5

DEUTSCHE NORM		Dezember 2010
<b>DIN EN 1995-1-2</b>		<b>DIN</b>
ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.20		Ersatz für DIN EN 1995-1-2:2006-10 und DIN EN 1995-1-2 Berichtigung 1:2009-09
<p><b>Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1995-1-2:2004 + AC:2009</b></p> <p>Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-2: General – Structural fire design; German version EN 1995-1-2:2004 + AC:2009</p>		



$$t_{ins} = \sum t_{ins,0,i} k_{pos} k_j$$

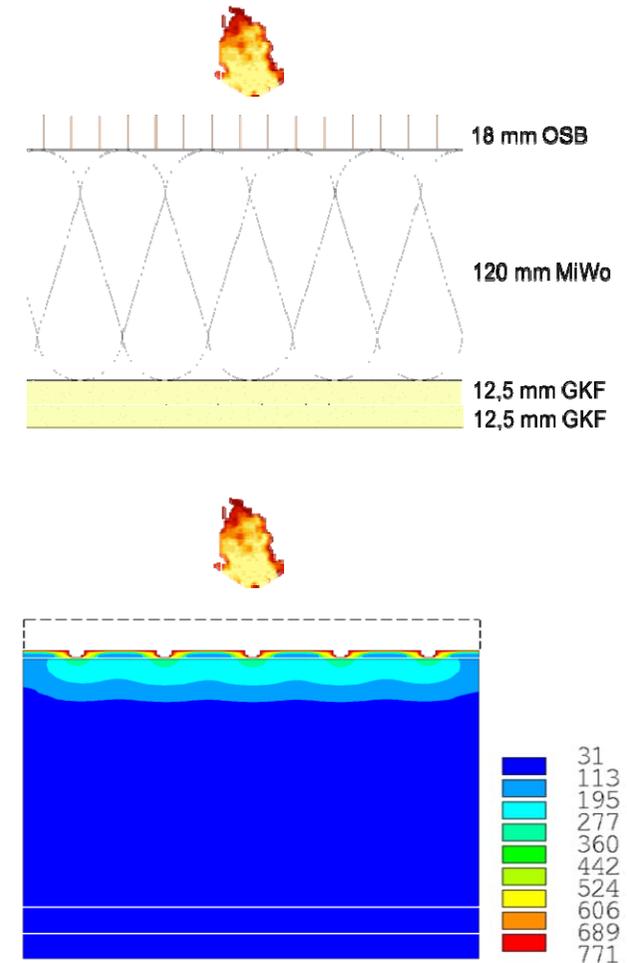
# Erweiterte Ingenieurmethoden

## Numerische Bauteilsimulation

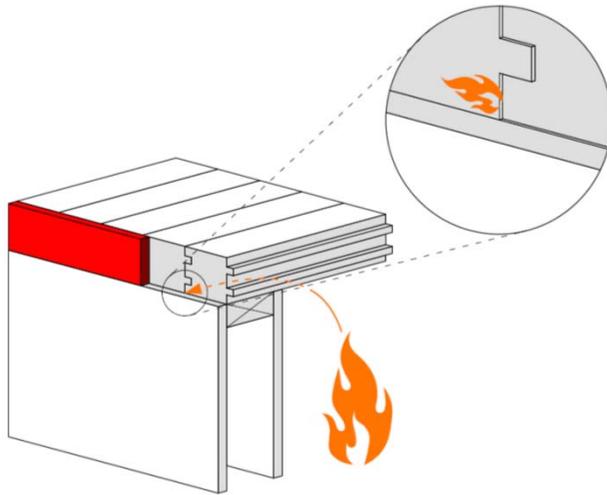
- Zeitabhängige Beschreibung des Temperaturfeldes
  - Raumabschluss
  - Versagenszeiten
  - kritische Temperaturen
  
- Thermomechanische Entfestigung
  - Tragfähigkeit
  - Verformung
  - Rissbildung

*Kenntnis von:*

*temperaturabhängiger Wärmeleitfähigkeit, Rohdichte, spezifische Wärmespeicherfähigkeit, Festigkeitseigenschaften, Wärmedehnung, Wärmeübergangskoeffizienten, Emissivität*



# Fugen und Anschlüssen?



Michael Merk, Norman Werther, Martin Gräfe,  
Claudia Fülle, Nadine Leopold, Dietmar Sprinz,  
Matthias Busch, Markus Brunn

**Erarbeitung weiterführender  
Konstruktionsregeln/-details für  
mehrgeschossige Gebäude in  
Holzbauweise der Gebäudeklasse 4**

