



---

# Baulicher Brandschutz

DIN 18 230

Dr.-Ing. U. Max  
uni@brandschutz-agb.de  
<http://www.brandschutz-agb.de>

---

Uni Stuttgart



---

## Gliederung

- 1) Einleitung
- 2) Anwendungsbereich DIN 18 230
- 3) Bestimmung erf  $t_E$
- 4) Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung
- 5) Wärmeabzugsfaktor  $w$
- 6) Umrechnungsfaktor  $c$
- 7) Grundlagen der Sicherheitsbetrachtung

---

[Zurück zur Vorlesungsgliederung](#)



# 1) Einleitung



Muster- und Landesbauordnungen stellen Anforderungen an:

- Standsicherheit (§ 15 Abs. 1 MBO)
- Wärmeschutz (einschl. Energieeinsparung)
- Schallschutz
- Gesundheits- und Umweltschutz
- Brandschutz (MBO § 17)

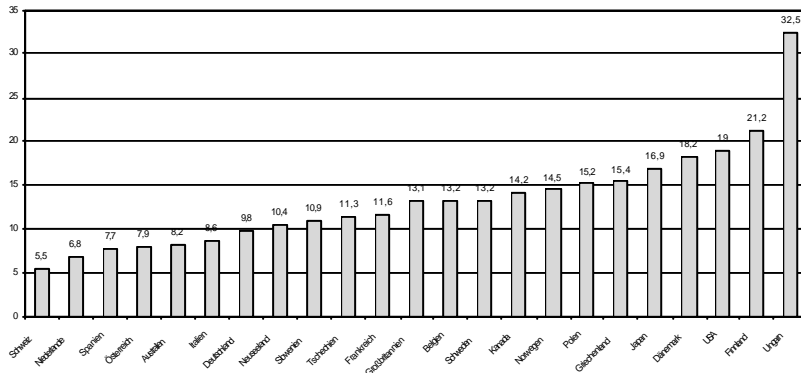
MBO § 17 Abs. 1:

*„Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, dass der Entstehung und Ausbreitung von Rauch und Feuer vorgebeugt wird und bei einem Brand Die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“*



## Anzahl der Brandtoten pro 1 Mio Einwohner im Zeitraum 1994 – 1996

Anzahl Brandtote pro 1 Mio Einwohner



### Heute:

- Anwendung von ingenieurmäßigen Prinzipien, Regeln und Methoden
- Anwendung zielorientierter Brandschutzkonzepte
- Nachweismöglichkeiten
  - Technischen Regelwerken (Normen etc.)
  - Experimentelle oder ingenieurmäßige Berechnungsmethoden

DIN 18230 -1 stellt ein verhältnismäßig einfaches Verfahren zur Ermittlung der äquivalenten Branddauer und zur Bestimmung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen des betrachteten Brandbekämpfungsabschnittes oder Brandabschnittes dar

[Zurück zur Gliederung](#)



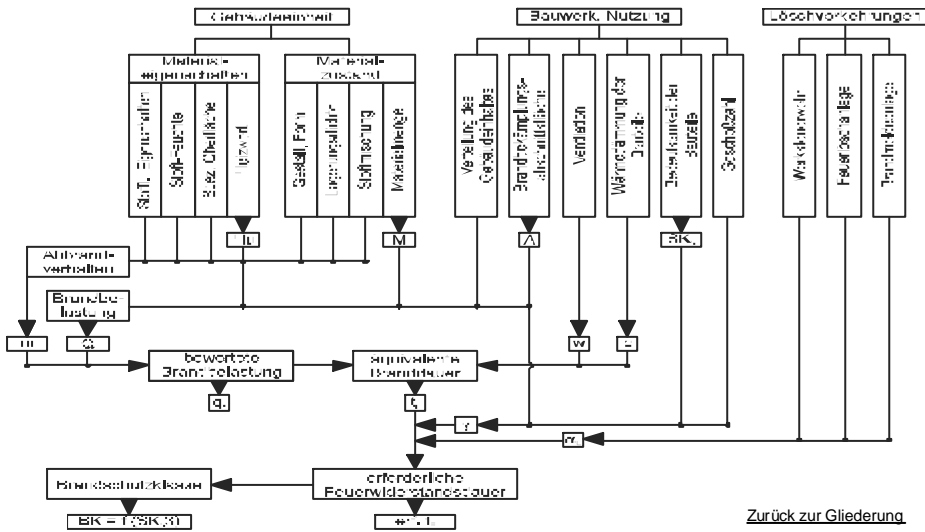
## 2) Anwendungsbereich der DIN 18 230



1. Die Norm 18230 – 1 gilt für Gebäude oder Teile davon, die für Produktion oder Lagernutzung eines Unternehmens bestimmt sind (Industriebauten)
2. Die Norm 18230 – 1 darf nur angewendet werden, wenn die Brandbelastung festgelegt wird!!!

Sie gilt **nicht** für:

- Hochhäuser
- Regallager mit Lagerhöhen über 9 m
- Silos
- Schüttgutlager großer Ausdehnung
- Energieerzeugende und –verteilende Betriebsgebäude
- Reinraumgebäude



### 3) Bestimmung erf $t_F$





## Äquivalente Branddauer

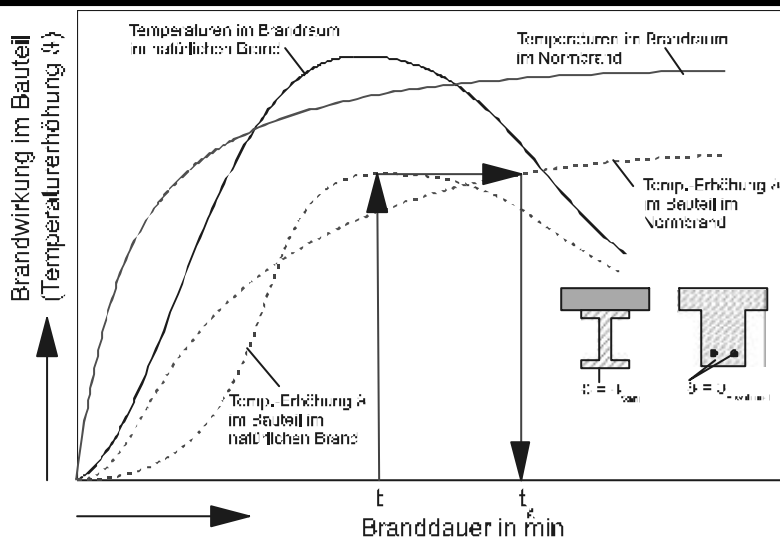
$$t_{\ddot{a}} = q_R * c * w$$

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$q_R$  = vorhandene rechnerische Brandbelastung in kWh/m<sup>2</sup>

$c$  = Umrechnungsfaktor

$w$  = Wärmeabzug





## Erforderliche Feuerwiderstandsdauer

$$erft_F = t_{\ddot{a}} * g(d) * a_L \quad \text{in min}$$

$erft_F$  = erforderliche Feuerwiderstandsdauer

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$\gamma$  oder  $\delta$  = Sicherheitsbeiwert in Abhängigkeit von der Geschoßzahl und Brandabschnittsfläche

$\alpha_L$  = Zusatzbeiwert für die Berücksichtigung der brandschutz-technischen Infrastruktur

[Zurück zur Gliederung](#)



## 4) Bestimmung der rechnerischen Brandbelastung



## Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = q_R * c * w$$

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$q_R$  = vorhandene rechnerische Brandbelastung in kWh/m<sup>2</sup>

$c$  = Umrechnungsfaktor

$w$  = Wärmeabzug



Zur Bestimmung der rechnerischen Brandbelastung unterscheidet die DIN 18 230 -1 verschiedene Arten der Brandlast:

- Zu berücksichtigenden Brandlasten
- Brandlasten die unberücksichtigt bleiben
- den ungeschützten Brandlasten
- den geschützten Brandlasten





### Brandlast im physikalischen Sinn (Wärmepotential)

$$Q = M * H_u$$

M = Masse (kg)

H<sub>u</sub> = Heizwert in (kWh/kg)

Heizwert H<sub>u</sub>

$$H_u = H_o - m_{H_2O} * r$$

H<sub>u</sub> = unterer Heizwert

H<sub>o</sub> = „Brennwert“ (empirisch)

m<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = Wassergehalt

R = Verdampfungsenthalpie



### Brandbelastung q

(Brandbeslastung in einem Brandabschnitt oder Brandbekämpfungsabschnitt )

$$q = \sum \frac{Q_i}{A} = \sum M_i * \frac{H_{ui}}{A} \quad \text{in kWh/ m}^2$$



## Rechnerische Brandbelastung $q_R$

Dieser rechnerische Ansatz ist erforderlich, weil das Wärmepotential unter Brandbedingungen nicht unbedingt vollständig oder / und erheblich verzögert freigesetzt wird.

Diese Abweichung wird durch den  
Abbrandfaktor  $m$   
berücksichtigt.

„Der Abbrandfaktor  $m$  ist ein dimensionsloser Beiwert nach DIN 18 230 -3 mit dem die Brandlast aus einem Stoff oder Stoffgemisch zur Berücksichtigung ihres Branverhaltens in bestimmter

**Form, Verteilung, Lagerungsdichte und Feuchte**

Bei der Rechnung nach DIN 18 230 -1 zu multiplizieren ist.“



## Rechnerische Brandbelastung $q_R$

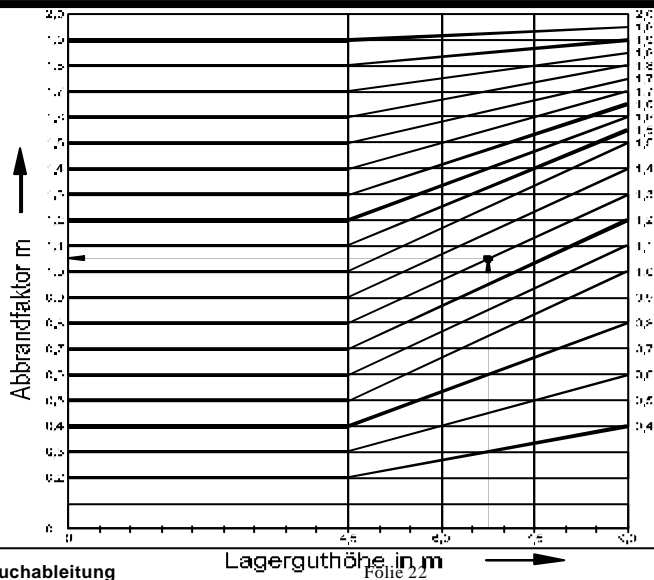
$$Q_{Ri} = M_i * H_{ui} * m_i \quad \text{in kWh}$$

$$q_R = \frac{\left[ \sum (M_i * H_{ui} * m_i) \right]}{A} \quad \text{in kWh/m}^2$$



## Berücksichtigung der Lagerguthöhe beim Abbrandfaktor m

m	Vergrößerungsfaktor
$m = 0,2$	$1 + 0,004 \cdot \Delta h$
$m = 0,3$	$1 + 0,066 \cdot \Delta h$
$m = 0,4$	$1 + 0,088 \cdot \Delta h$
$0,5 < m < 1,0$	$1 + 0,111 \cdot \Delta h$
$m = 1,5$	$1 + 0,055 \cdot \Delta h$
$m > 2,0$	1,0



[Zurück zur Gliederung](#)



## 5) Näherungsverfahren für die Ermittlung des Wärmeabzugsfaktor w



## Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = q_R * c * w$$

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$q_R$  = vorhandenen rechnerische Brandbelastung in kWh/m<sup>2</sup>

$c$  = Umrechnungsfaktor

$w$  = Wärmeabzugsfaktor



## Anrechenbarkeit von Öffnungen beim w-Faktor

	Art des Öffnungsverschlusses	Anrechenbarkeit
1	Ständig offen	Immer
2	Von außen zu öffnen	Immer
3	RWA Öffnung	Immer
4	Einfach-Fensterglas	Immer
5	Verglasungen mit Kunststoffen mit einer Schmelztemperatur < 300°C	Im Dach, in der oberen Wandhälfte immer, andere Öffnungen bei $t_a > 15\text{min}$
6	Materialien die unter ETK nach höchstens 15min zerstört werden	Bei $t_a > 15\text{min}$ zu 100%, sonst nicht
7	Isolier- und Verbundsicherheitsglas	Bei $t_a < 15\text{min}$ zu 35% Bei $t_a > 15\text{min}$ zu 50% Bei $t_a > 30\text{min}$ zu 100%
8	Brandschutzverglasung	Nie
9	Angriffshemmende Verglasung	Nie
10	Drahtglas mit kreuzweisen Drähten	Nie



- vereinfachend dürfen 90% der Rohbaumaße angenommen werden  
→ Berücksichtigt die Rahmen und Fensterprofile
- w-Faktoren sind unabhängig von der tatsächlich erwartenden äquivalenten Branddauer, d.h. von der vorhandenen Brandbelastung und dem Umrechnungsfaktor c.
- Bei einigen Öffnungen wird jedoch eine bestimmte Intensität des Brandes benötigt um Öffnungen zu zerstören



## Unterscheidung zwischen Teilflächennachweis und Teilabschnittsnachweis

- bei Teilflächennachweis

→ Ohne Einschränkung kann der maßgebende w-Faktor für den Brandbekämpfungsabschnitt verwendet werden, es wird unterstellt dass das gesamte Brandgut verbrannt wird

- bei Teilabschnittsnachweis:

→ Äquivalent wie bei der Ermittlung des w-Faktors für den globalen Nachweis, d.h. Öffnungen werden in Abhängigkeit der äquivalenten Branddauer anrechenbar, teilweise anrechenbar oder nicht anrechenbar



## Direkte Berechnung von $w_0$ kann erfolgen unter Verwendung der Eingangsgrößen

$A_v$  = Fläche der vertikalen Öffnung

$A_{v, ob}$  = Fläche der vertikalen Öffnung in der oberen Hälfte der Außenwände

$A_h$  = Fläche der horizontalen Öffnungen

$A$  = Fläche des Bemessungsabschnitts

Begrenzungen bzw. der Verhältnismerte

$$AV = \text{MIN}(AV, 2 \cdot AV, ob)$$

$$0,025 = aV = AV/A = 0,25$$

$$ah = Ah / A$$

nur solange  $ah = 0,5\% = 0,005$



Der w-Faktor errechnet sich aus

$$w = w_0 * a_w$$

Der Grundwert  $w_0$

$$w_0 = \frac{1,0 + 145 * (0,4 - a_v)^4}{1,6 + \mathbf{b}_w * a_h} \quad \text{mit } w_0 = 0,5$$

mit: 
$$\mathbf{b}_w = 20 * (1 + 10 * a_v - 64 * a_v^2) \geq 16$$

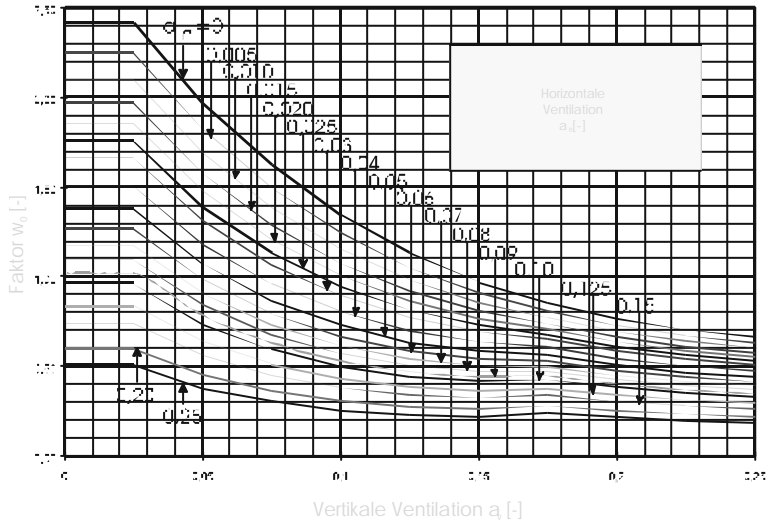


Für Verhältnswerte von  $a_h$  mit

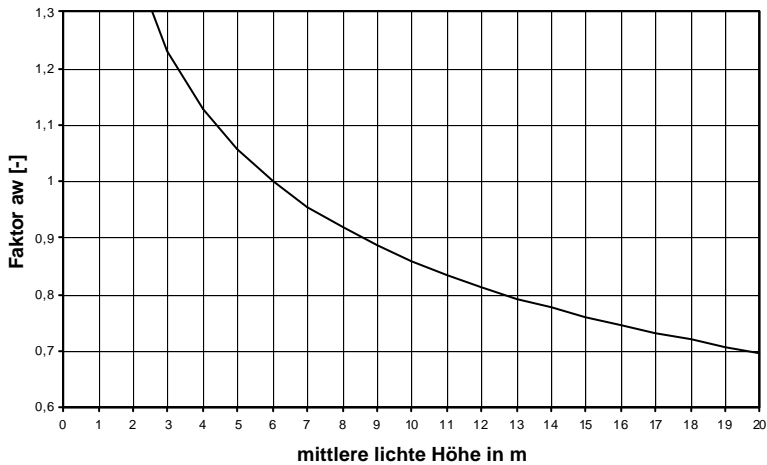
$$a_h = \frac{A_h}{A}$$

Einfluss der Höhe h

$$a_w = \left( \frac{6,0}{h} \right)^{0,3}$$



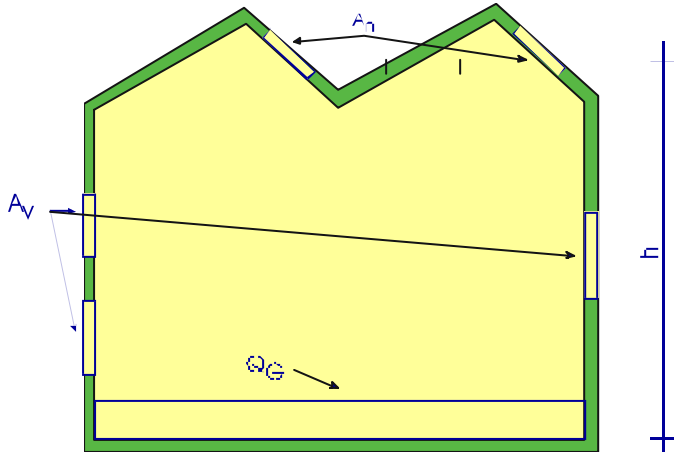
Faktor  $a_w$  für den Einfluss der mittleren lichten Höhe auf den  $w$ -Faktor







Wärmeabzugsfaktor  $w$  bei eingeschossigen  
Brandbekämpfungsabschnitten ohne Zwischenbühnen



$$A = A_B = A_G$$

$$q_R = q_G = \frac{Q_G}{A}$$

$$a_v = \frac{A_v}{A}$$

$$a_h = \frac{A_h}{A}$$

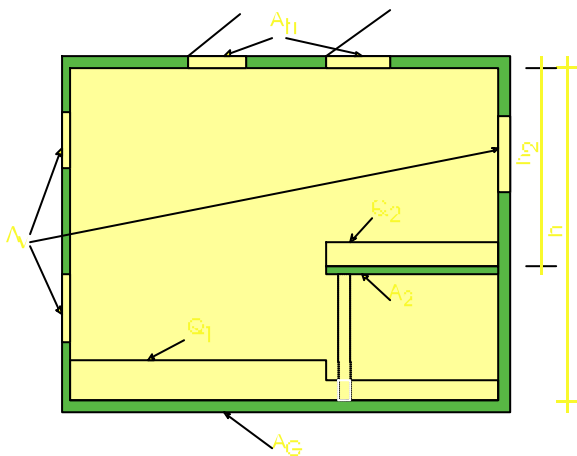
Rauchableitung

Folie 33

Uni Stuttgart



Wärmeabzugsfaktor  $w$  bei eingeschossigen  
Brandbekämpfungsabschnitten mit Zwischenbühnen



$$A = A_B = A_G + A_2$$

$$q_R = q_G = \frac{Q_1 + Q_2}{A}$$

$$a_v = \frac{A_v}{A}$$

$$a_h = \frac{A_h}{A}$$

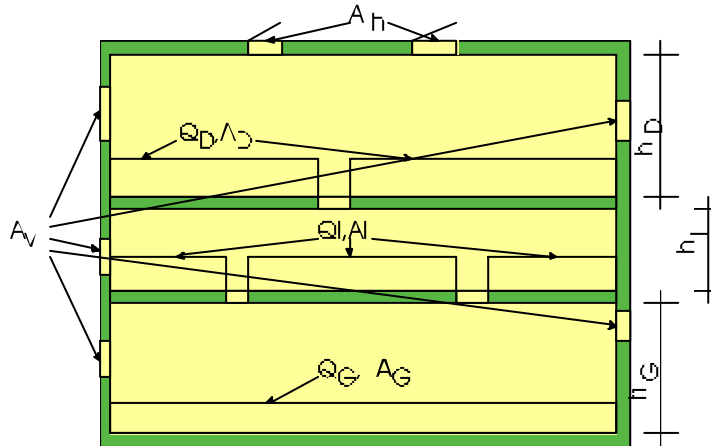
Rauchableitung

Folie 34

Uni Stuttgart



Wärmeabzugsfaktor  $w$  bei mehrgeschossigen Gebäuden mit  
Öffnungen  $< 2\%$  in den Decken



Rauchableitung

Folie 35

Uni Stuttgart



$$\text{BBA: } A = A_G + \sum A_i + A_D \quad a_v = \frac{A_v}{A}$$

$$\text{Brandlast: } q_R = \frac{Q_G + \sum Q_i + Q_D}{A} \quad a_h = \frac{A_h}{A}$$

$$\text{Brandlast der Teilfläche: } q_G = \frac{Q_G}{A_G} \quad q_i = \frac{Q_i}{A_i} \quad q_D = \frac{Q_D}{A_D}$$

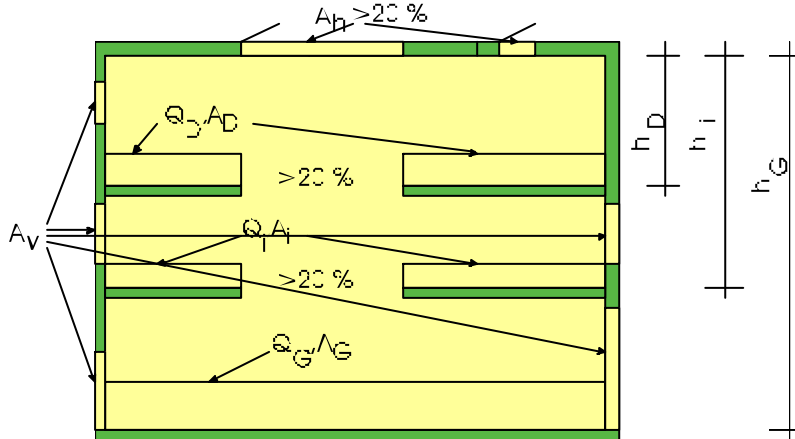
Rauchableitung

Folie 36

Uni Stuttgart



## Wärmeabzugsfaktor $w$ bei mehrgeschossigen Gebäuden mit Öffnungen $>20\%$ in den Decken und im Dach



BBA: 
$$A = A_G + \sum A_i + A_D$$

$$a_v = \frac{A_v}{A}$$

Brandlast: 
$$q_R = \frac{Q_G + \sum Q_i + Q_D}{A}$$

$$a_h = \frac{A_h}{A}$$

Brandlast der Teilfläche:

$$q_G = \frac{Q_G}{A_G}$$

$$q_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$q_D = \frac{Q_D}{A_D}$$

[Zurück zur Gliederung](#)



## 6) Umrechnungsfaktor c



## Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = q_R * c * w$$

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$q_R$  = vorhandenen rechnerische Brandbelastung in kWh/m<sup>2</sup>

$c$  = Umrechnungsfaktor

$w$  = Wärmeabzug



Berücksichtigung der Einflüsse auf die Temperaturentwicklung durch die Umfassungsbauteile (Wände, Verglasungen, Decken, Dach)

<b>c</b> <b>min m<sup>2</sup>/kWh</b>	<b>Einflussgruppe der</b> <b>Umfassungsbauteile</b>	<b>Wärmeeindringzahl b</b> <b>W·h<sup>1/2</sup>(m<sup>2</sup>K)</b>
0,15	I	> 42
0,20	II	12 bis 42
0,25	III	< 12



**Einflussgruppe I:**

Bauteile bzw. Baustoffe mit großem Wärmeabfluss wie:

*Verglasungen, Aluminium, Glas, Stahl*

**Einflussgruppe II:**

Bauteile bzw. Baustoffe mit mittlerem Wärmeabfluss wie:

*Beton, Leichtbeton mit einer Rohdichte > 1000 kg/m<sup>3</sup>, Kalksandstein, Bauteile mit Putz, Mauerziegel*

**Einflussgruppe III**

Bauteile bzw. Baustoffe mit geringem Wärmeabfluss wie:

*Baustoffe mit einer Rohdichte < 1000 kg/m<sup>3</sup>, wie z.B. Faserdämmstoffe, Porenbeton, Holz, Holzwohle-Leichtbauplatten, Dämmputz, mehrschichtige Bauteile*

Wenn die dämmende Wirkung bei Brandeinwirkung durch Zerstörung nachweislich verloren geht, darf  $c=0,15$  gesetzt werden.



Berechnung der mittleren Wärmeeindringzahl ges b für mehrschichtige Bauteile:

$$gesb = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n s_i * r_i * c_i}{\sum_{i=1}^n \frac{s_i * r_i * c_i}{b_i^2}}}$$

Mit:

- $s_i$  = Dicke der Schicht i in m
- $\rho_i$  = Rohdichte der Schicht i in kg/m<sup>3</sup>
- $c_i$  = spezifische Wärmekapazität der Schicht i in W\*h/(kg\*k)
- $b_i$  = Wärmeeindringzahl der Schicht i in W\*h<sup>1/2</sup>/(m<sup>2</sup>\*K)

[Zurück zur Gliederung](#)



## 7) Grundlagen der Sicherheitsbetrachtung



## Erforderliche Feuerwiderstandsdauer

$$erft_F = t_{\ddot{a}} * g(d) * a_L \quad \text{in min}$$

$erft_F$  = erforderliche Feuerwiderstandsdauer

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$\gamma$  oder  $\delta$  = Sicherheitsbeiwert in Abhängigkeit von der  
Geschoßzahl und Brandabschnittsfläche

$\alpha_L$  = Zusatzbeiwert für die Berücksichtigung der brandschutz-  
technischen Infrastruktur

[Zurück zur Gliederung](#)



## Grundüberlegungen

- Gebäude ganz oder teilweise nach dem Brand nicht mehr gebrauchsfähig
- örtliches Versagen kann eintreten
- größere Verformungen können auftreten
- die Tragfähigkeit unter Brandeinwirkung bleibt nur für eine begrenzte Zeit erhalten

➔ Sicherheitsbetrachtungen



## Risiko und Aufwand

- Brandrisiko in Abhängigkeit von
  - Auftretenswahrscheinlichkeit von Bränden
  - möglichen Brandfolgen
- Erforderlicher Aufwand für die
  - Brandverhinderung
  - Abwendung von Brandfolgeschäden
  - Begrenzung von Brandfolgeschäden



## Brandsicherheitsklassen

Einstufung in die **SK<sub>b</sub>1** mit niedrigen Anforderungen an Bauteile

- Des Dachtragwerks, deren Versagen nicht zum Einsturz der übrigen Konstruktion führt
- Nichttragende Außenwände

Einstufung in die **SK<sub>b</sub>2** mit mittleren Anforderungen an Bauteile

- Deren Versagen nicht zum Einsturz der tragenden Konstruktion des Bauwerks führt

Bei SK<sub>b</sub>1 und SK<sub>b</sub>2 wird der Sicherheitsbeiwert  $\delta$  verwendet, es liegt eine tolerierbare Versagenswahrscheinlichkeit zugrunde

\* SK<sub>b</sub> = Sicherheitsklassen für den Brandschutz





Einstufung in die SK<sub>b</sub>3 mit hohen Anforderungen an Bauteile

- Des Haupttragwerks,
- Die Brandbekämpfungsabschnitte (Wände und Decken) trennen oder überbrücken (z.B. Lüftungsleitungen, Schottungen und Feuerschutzabschlüsse)

Bei der SK<sub>b</sub>3 liegt dem Sicherheitsbeiwert  $\gamma$  ebenfalls eine tolerierbare Versagenswahrscheinlichkeit zugrunde

[Zurück zur Gliederung](#)



## Sicherheitsannahmen

$$t_{F\,erf} = f(p_{fb}) \leq t_{F,vorh}$$

$$t_{F\,erf} = \left( \frac{p_{f,zul}}{p_{fb} \cdot A \cdot p_1 \cdot p_{11}} \right) \cdot t_{\ddot{a}}$$

- Auftretenswahrscheinlichkeit von Bränden
  - $p_1 = 10^{-5}$  je m<sup>2</sup> und Jahr
- Einsatz der Löschmaßnahmen  $p_{11}$ 
  - öffentlichen Feuerwehr  $p = 10^{-1}$
  - Sprinkleranlage  $p = 10^{-2}$
- zul. Versagenswahrscheinlichkeit  $p_f$ 
  - für mehrgeschossige Gebäude  $p_{f3} = 10^{-5}$   $p_{f2} = 10^{-4}$   $p_{f1} = 10^{-3}$
  - für eingeschossige Gebäude  $p_{f3} = 5 \cdot 10^{-5}$   $p_{f2} = 5 \cdot 10^{-4}$   $p_{f1} = 5 \cdot 10^{-3}$



## Sicherheitsannahmen

$$zul A = \frac{zul p_f}{p_{fB} \cdot p_1 \cdot p_{11}}$$

- Auftretenswahrscheinlichkeit von Bränden
  - $p_1 = 10^{-5}$  je m<sup>2</sup> und Jahr
- Einsatz der Löschmaßnahmen  $p_{11}$ 
  - öffentlichen Feuerwehr  $p = 10^{-1}$
  - Sprinkleranlage  $p = 10^{-2}$
- zul. Versagenswahrscheinlichkeit  $zul p_f$ 
  - für mehrgeschossige Gebäude  $p_{f3} = 10^{-5}$     $p_{f2} = 10^{-4}$     $p_{f1} = 10^{-3}$
  - für eingeschossige Gebäude  $p_{f3} = 5 \cdot 10^{-5}$     $p_{f2} = 5 \cdot 10^{-4}$     $p_{f1} = 5 \cdot 10^{-3}$



## Sicherheitsbeiwert ?

1	2	3
Fläche des Brandbekämpfungsabschnittes oder des Teilabschnittes [m <sup>2</sup> ]	Eingeschossige Gebäude	Mehrgeschossige Gebäude
≤ 2 500	1,00	1,25
5 000	1,05	1,35
10 000	1,10	1,45
20 000	1,20	1,55
30 000	1,25	1,60
60 000	1,35	--
120 000	1,50	--

Flächen größer als 30 000 m<sup>2</sup> sind zulässig, wenn die zusätzlichen Anforderungen des Anhangs D der Norm eingehalten werden



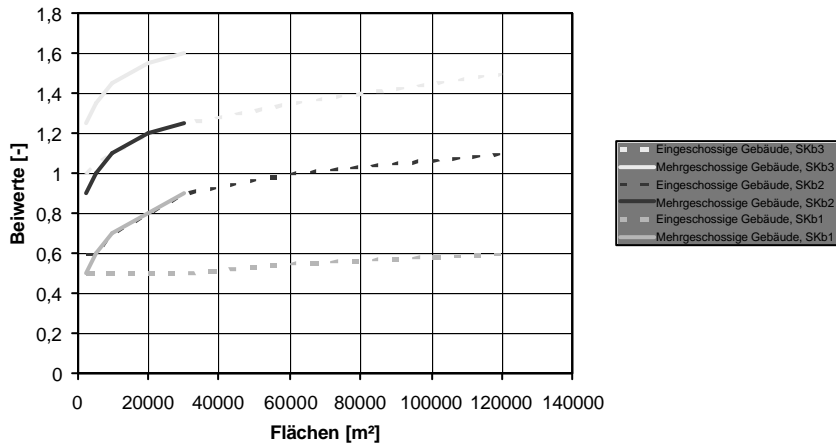
## Beiwert d

1 Fläche des Brandbekämpfungsab- schnittes oder des Teilabschnittes [m <sup>2</sup> ]	2 Eingeschossige Gebäude		4 Mehrgeschossige Gebäude	
	SK <sub>b</sub> 2	SK <sub>b</sub> 1	SK <sub>b</sub> 2	SK <sub>b</sub> 1
<= 2 500	0,60	0,50	0,90	0,50
5 000	0,60	0,50	1,00	0,60
10 000	0,70	0,50	1,10	0,70
20 000	0,80	0,50	1,20	0,80
30 000	0,90	0,50	1,25	0,90
60 000	1,00	0,55	--	--
120 000	1,10	0,60	--	--

Flächen größer als 30 000 m<sup>2</sup> sind zulässig, wenn die zusätzlichen Anforderungen des Anhangs D der Norm eingehalten werden



## Sicherheitsbeiwerte





## Anforderungen nach Anhang D

- Erdgeschossig
- Nur zu Produktionszwecken
- Befahrbar für Feuerwehrfahrzeuge
- In 50 m muss 5 m breite Fahrstrasse erreichbar sein
- 1,5 % NRA
- Automatische BMA
- Werkfeuerwehr bei > 60000 m<sup>2</sup>
- Personalarmierung
- Selbsthilfeeinrichtungen
- Löschwasser > 3200 l/min
- $q_R < 45 \text{ kWh/m}^2$



## Erforderliche Feuerwiderstandsdauer

$$erft_F = t_{\ddot{a}} * g(d) * a_L \quad \text{in min}$$

$erft_F$  = erforderliche Feuerwiderstandsdauer

$t_{\ddot{a}}$  = äquivalente Branddauer

$\gamma$  oder  $\delta$  = Sicherheitsbeiwert in Abhängigkeit von der Geschosßzahl und Brandabschnittsfläche

$\alpha_L$  = Zusatzbeiwert für die Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur

[Zurück zur Gliederung](#)



# Zusatzbeiwert $\alpha_L$

- Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur
- Zusätzlich zur öffentlichen Feuerwehr
- Nach DIN 18 230-1 Tabelle 6

Brandschutztechnische Infrastruktur:

- Werkfeuerwehr
- Automatische Brandmeldeanlagen
- Halbstationäre Löschanlagen
- Selbsttätige Löschanlagen (Sprinkler)
- Niedrige Brandbelastung wenn andere Maßnahmen aus diesem Bereich vorhanden sind, die zu einer Bewertung von  $\alpha_L = 0,85$  führen.



	1			2	3	4	5
1	Werkfeuerwehr			auto BMA	halbstationäre Löschanlage <sup>e1)</sup>	selbsttätige stationäre Löschanlage <sup>e2)</sup>	Gesamtbewertung der Maßnahmen $\alpha_L$ <sup>3)</sup>
2	Schichtstärke (Personen)	hauptberuflich	Nebenberuflich				
3	keine	1,00	1,00	0,90	0,95 <sup>4)</sup>	0,60	Produkt der Spalten (1)*(2)*(3) oder (1)*(2)*(4)
4	1 Staffel (6)	0,90	0,95	0,95	0,85		
	1 Gruppe (9)	0,85	0,9				
5	2 Staffeln (12)	0,80	0,85				
7	3 Staffeln (18)	0,70	0,80				
8	4 Staffeln (24)	0,60	0,75				



---

Zurück zur Gliederung

Zurück zur Vorlesungsgliederung