

# Herzlich Willkommen



## Kalksandstein Statik Online-Bauseminare

Teil 1: "KS-Mauerwerk nach dem Vereinfachten Verfahren: Bemessung und Konstruktion"

# KS Bauberatung - Bayern



Martin Maier  
Mittelfranken  
**Techn. Leitung**



Oliver Betz  
Ober-,  
Unterfranken



Stefan Stangl  
Oberpfalz,  
Niederbayern



Lukasz Kolny  
München  
UNIKA Kalksandsteinwerke  
Südbayern GmbH & Co. KG



## Technische Beratung

- Kalksandsteinindustrie Bayern e.V.
- Kalksandstein-Bauberatung Bayern GmbH

# KS Süd e.V. – Technische Beratung



**Anke Germann**  
Beratungsgebiet: Württemberg,  
Großraum Stuttgart



**Oliver Keil**  
Beratungsgebiet: Südpfalz, Rhein-  
Neckar, Großraum Ludwigshafen/  
Heidelberg, Großraum Karlsruhe,  
südl. und nördliches BW



**Harald Möhler**  
Beratungsgebiet: Baden, Großraum  
Karlsruhe



**Heiko Spinner**  
Beratungsgebiet: Südhessen,  
Rhein-Main, Aschaffenburg



**Sebastian Warken**  
Beratungsgebiet: Südhessen,  
Rhein-Main, Aschaffenburg

Vorstandsvorsitzender  
**Joachim Kartaun**

Stellv. Vorstandsvorsitzender  
Technischer Leiter Bauberatung  
**Frank Neumann**



**Ina Fuchs**  
Büro- und Veranstaltungsmanagement



# Anerkannte Fortbildungsveranstaltung

## Fortbildungspunkte:

Institution	Punkte/UE
Bayerische Ingenieurekammer-Bau	1,25 P
Deutsche Energieagentur (DENA)	1 UE
Ingenieurkammer Hessen	1 UE
Architektenkammer Hessen	1 P
Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz	1 P
Architektenkammer Rheinland-Pfalz	1 UE
Ingenieurkammer Baden-Württemberg	1 P
Architektenkammer Baden-Württemberg	1,5 UE

Teilnehmer aus anderen Bundesländern können ihre Fortbildungspunkte mit der ausgehändigten Teilnahmebescheinigung bei der zuständigen Kammer beantragen.

# Der Referent

- Eigenes Büro für Tragwerksplanung und Sachverständigentätigkeit seit 2003
- Seit 2010 Prüflingenieur für Massivbau in München
- Mitglied verschiedener nationaler und internationaler Normungsgremien auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus
- Mitglied im Sachverständigenausschuss *Wandbauelemente* beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT), Berlin
- Seit 2014 Professor für *Bauwerke des Massivbaus und Baustatik* an der Ostbayerischen Technischen Hochschule, Regensburg und Leiter des *Labor für den Konstruktiven Ingenieurbau*
- Forschungsschwerpunkte sind das Trag- und Verformungsverhalten von Mauerwerkskonstruktionen
- Herausgeber des *Mauerwerkkalenders*



Prof. Dr.-Ing.  
Detleff Schermer

# Unterstützung der KS Industrie



**Kalksandstein  
Statikbuch**



**Kalksandstein  
Eurocode 6**



**Kalksandstein  
Brandschutztabellen**



**Kalksandstein  
Statikprogramm VWall**

[Downloadbereich: www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**



**Kalksandstein**  
**„Und er hält und hält und hält...“**



# **KS-Mauerwerk nach dem *Vereinfachten Verfahren:* Bemessung und Konstruktion**

**Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer**

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

Prüfingenieur für Massivbau, München



**S&W**

Prof. Schermer und Weber – Beratende Ingenieure  
Partnerschaftsgesellschaft mbB



OSTBAYERISCHE  
TECHNISCHE HOCHSCHULE  
REGENSBURG

KIB

KONSTRUKTIVER INGENIEURBAU



## Übersicht

- Einleitung & Grundlagen
- Baustoffe & Festigkeitswerte
- Bauteilnachweise für Standardfälle / von Eurocode 6, Teil 3: *Vereinfachtes Verfahren*
  - # Anwendungsbereich für das *Vereinfachte Verfahren*
  - # Beispiele für die Bemessung nach dem *Vereinfachten Verfahren* in der Praxis
- Besonderheiten beim Nachweis der Feuerwiderstandsdauer

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

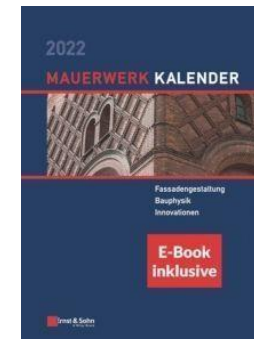
Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Basis für die Bemessung von Mauerwerk: Eurocode 6 mit NA

Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten  
– Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte  
Mauerwerksbauten;  
mit Nationalem Anhang Stand: 2019-12 (A3-Änderung)



## Vereinfachtes Verfahren in Eurocode 6–3: Anwendungsgrenzen mit Neuerungen

- Gebäudehöhe maximal 20 m
- Deckenstützweite maximal 6 m
- Nutzlast auf Decken maximal 5 kN/m<sup>2</sup>
- Gebäude (offensichtlich) ausreichend ausgesteift (Überbindemaß beachten: Regelforderung:  $\bar{u}/h \geq 0,4$ )
- Momente in Wandebene nur aus Deckeneinspannung und Wind
- Knicklänge / maximale Schlankheit  $h_{ef}/t \leq 27$
- Anwendungsgrenzen bzgl. max. h (Tabelle NA.2 von EC6–3/NA):  
...

## Vereinfachtes Verfahren in Eurocode 6-3: Anwendungsgrenzen mit Neuerungen

- Anwendungsgrenzen für KS-Mauerwerk (Auszug / vereinfacht):  
(Neuerung: deutlich mehr als 2,75m lichte Wandhöhe möglich!)

Voraussetzungen für die Anwendung von Kalksandsteinmauerwerk im vereinfachten Nachweisverfahren

Bauteil	Wanddicke [mm]	Maximal zulässige lichte Wandhöhe h [m]				
		Binnenland Windzone 1, Windzone 2 <sup>1)</sup> Windzone 3 (Höhe ≤ 10 m)			Binnenland Windzone 3 (Höhe > 10 m), Windzone 4 Küste und Inseln alle Windzonen	
		KS ≥ 12 NM	KS ≥ 12 DM	KS ≥ 20 <sup>2)</sup> DM	KS ≥ 12 NM/DM	KS ≥ 20 <sup>2)</sup> DM
Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 150	2,75	3,00	3,30	2,75	3,00
	≥ 175	3,00	3,30	3,60		
	≥ 200	3,60				
	≥ 240	3,60			2,88	
	≥ 300	3,60				
	≥ 365	3,60			4,38	
Innenwände	≥ 115	3,60				
	≥ 240	Keine Einschränkung				

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

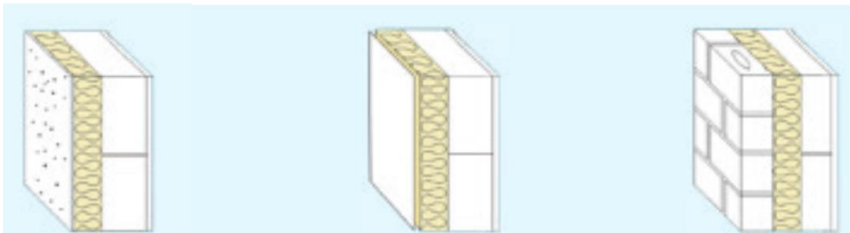
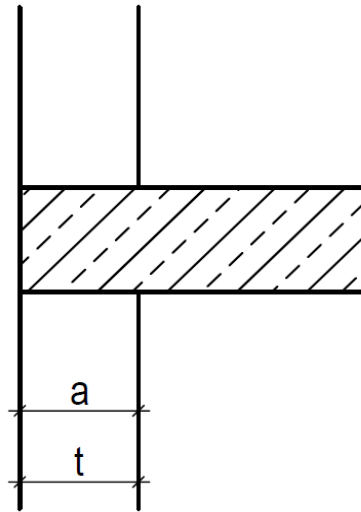
Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Konstruktion und Baustoffe

- üblicher Hochbau: Stahlbetondecken
- Decken liegen bei mehrschaligem Wandaufbau voll auf



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Konstruktion und Baustoffe

- KS in Planstein- bzw. Planelementqualität  
=> Verwendung von Dünnbettmörtel
- Steinformat:

XL-Formate:



Plansteine (h<25cm):



## Konstruktion und Baustoffe

- KS in Planstein- bzw. Planelementqualität  
=> Verwendung von Dünnbettmörtel
- Steinformat & Lochanteil:

Dünnbettmörtel DM Steinfestigkeitsklasse	Planelemente		Plansteine	
	KS XL	KS XL-E	KS P KS -R P	KS L P KS L-R P
10	–	–	–	5,0
12	9,4	7,0	7,0	5,6
16	11,2	8,8	8,8	6,6
20	12,9	10,5	10,5	–
28	16,0	–	13,8	–

KS XL:	KS-Planelement ohne Längsnut, ohne Lochung
KS XL-E:	KS-Planelement ohne Längsnut, mit Lochung
KS P:	KS-Planstein mit einem Lochanteil $\leq 15\%$
KS L P:	KS-Planstein mit einem Lochanteil $> 15\%$

## Konstruktion und Baustoffe

- KS als Blocksteine => Verwendung von Normalmauermörtel (NM):

Mörtelbezeichnungen für NM ändern sich mit A3-Änderung:

NM II	=	M2,5
NM IIa	=	M5
NM III	=	M10
NM IIIa	=	M20

- Lochsteine:

Tafel 4/1: Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k$  [N/mm<sup>2</sup>] von Einsteinmauerwerk aus Kalksand-Loch- und Hohlblocksteinen mit Normalmauermörtel

KS L/ KS L-R Steinfestigkeitsklasse	Mörtelgruppe			
	M 2,5	M 5	M 10	M 20
10	3,5	4,5	5,0	5,6
12	3,9	5,0	5,6	6,3
16	4,6	5,9	6,6	7,4

- Vollsteine:

Tafel 4/2: Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k$  [N/mm<sup>2</sup>] von Einsteinmauerwerk aus Kalksand-Vollsteinen und Kalksand-Blocksteinen mit Normalmauermörtel

KS/ KS -R Steinfestigkeitsklasse	Mörtelgruppe			
	M 2,5	M 5	M 10	M 20
12	5,4	6,0	6,7	7,5
16	6,4	7,1	8,0	8,9
20	7,2	8,1	9,1	10,1
28	8,8	9,9	11,0	12,4



## Genaueres Verfahren in DIN EN 1996-1-1/NA

– wann und warum?

Nicht im vereinfachten Verfahren geregelt (d.h. Ausweichen auf genaueres Verfahren in Teil 1-1 bzw. Teil 2 zur Ausführung):

- Wände unter Schubbeanspruchung (Scheiben- und Plattenschub)
- Wände unter (dominierender) Biegebeanspruchung (Scheiben- und Plattenbiegung)
- Situation bei Staffelgeschossen oder Deckenstützenweiten  $> 6\text{m}$
- Wände mit Biegezug- und zentrischer Zugbeanspruchung
- Teilflächenbelastung
- Schlitztafel
- Anzahl Drahtanker bei zweischaligem Mauerwerk (in EC 6, Teil 2 tabellarisch geregelt)



## Genaueres Verfahren (Teil 1–1) vs. Vereinfachtes Verfahren (Teil 3)

## ■ Beanspruchungsarten / Bauteilnachweise

I. Dominierende Normalkraft (geringe Ausmitte):  $N_{Ed}$

II. Dominierende  
Scheibenbeanspruchung / Biegung:  $M_{Scheibe, Ed}$

III. Dominierende  
Plattenbeanspruchung:  $M_{Platte, Ed}$

IV. Schubbeanspruchung (Scheibe / Platte) :  $V_{Ed}$

Vereinfachtes  
Verfahren

Genaueres  
Verfahren

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren

- Grundlagen
  - Sicherheitskonzept
  - Schnittgrößenermittlung
- Standardnachweise für Mauerwerk unter Druckbeanspruchung
- Nachweis Feuerwiderstandsdauer



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

- Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes für das Erreichen eines einheitlichen Sicherheitsniveaus
- Nachweise in verschiedenen Grenzzuständen (GZ):

$$E_d \leq R_d$$

- I. Tragfähigkeit (= GZT: maßgebender Nachweis)
- II. Gebrauchstauglichkeit (bei Mauerwerk über GZT abgedeckt)
- III. Dauerhaftigkeit  
(über Baustoffanforderungen und Konstruktionsregeln abgedeckt)



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

- Übergang von  
Spannungsnachweisen (alte DIN1053-1:  $\sigma_0$ -Werte)  
zu  
Bauteiltragfähigkeiten (EC6: " $R_d$ "-Bezeichnung)
- Bemessungsmodell enthält bereits Verhaltenseffekte bzw.  
Umrechnungen von Spannungen auf Schnittgrößen  
=> deutliche Vereinfachung in der Praxis, da die  
Schnittgrößen direct aus den statischen Berechnungen  
verwendet werden können  
  
=> es entfällt die Umrechnung von Schnittgrößen (N,M,V)  
auf Spannungen ( $\sigma$ ,  $\tau$ )



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

Einwirkungsseite:

$$E_d \leq R_d$$

Teilsicherheitsbeiwerte:

- *Ständige und vorübergehende Bemessungssituation:*

ständige Einwirkungen	$\gamma_G=1,35$ bzw.	$\gamma_G=1,0$ (günstige Wirkung)
veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q=1,5$ bzw.	$\gamma_Q=0$ (günstige Wirkung)

$$N_{Ed} = \begin{pmatrix} 1,35 \\ 1,0 \end{pmatrix} \cdot N_{Gk} + \begin{pmatrix} 1,5 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot N_{Qk}$$

- bei Hochbauten mit Betondecken und  $q_k \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$  für den **Nachweis unter maximaler Normalkraft**  
(= Standardnachweis für Mauerwerk unter Druck):

$$N_{Ed, \max} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$$

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

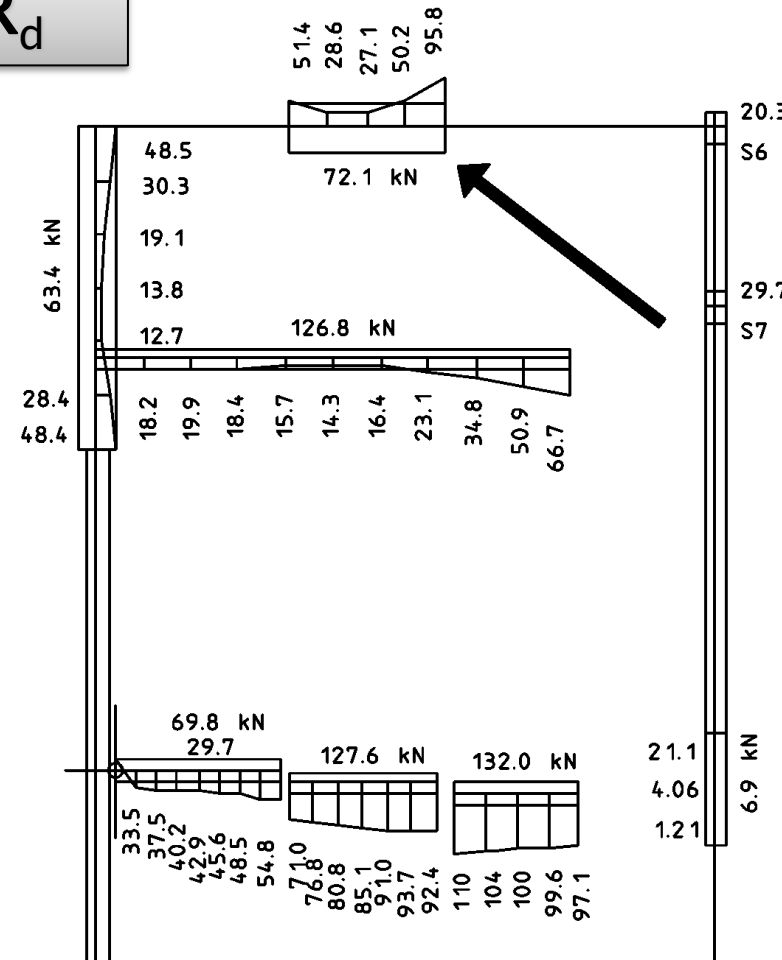
Einwirkungsseite:

$$E_d \leq R_d$$

Teilsicherheitsbeiwerte:

- Vereinfachung bei Hochbauten mit Betondecken und  $q_k \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$

$$N_{Ed, \max} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + \cdot N_{Qk})$$



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Widerstandsseite:

Drucktragfähigkeit geschosshoher Wände = (Standardnachweis) im Vereinfachten Verfahren abhängig von:

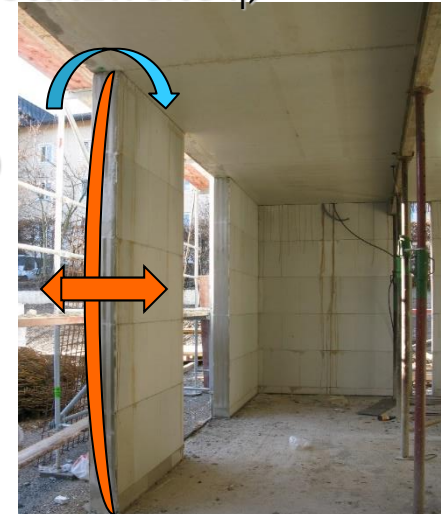
- Baustofffestigkeit (charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit  $f_k$ , Dauerstandsfaktor, Materialsicherheitsfaktor)
- Geometrische Parameter (Wanddicke  $t$ , Wandhöhe  $h$  bzw. Knicklänge  $h_{ef}$ , Deckenauflagertiefe  $a$ , Deckenstützweite  $l_f$ )

=> Bemessungsgleichungen erfassen Einfluss von

**Deckeneinspannung** (bei Endauflagern von Decken)  
Nachweisstelle: Wandkopf und Wandfuß

**Knicken**

Nachweisstelle: halbe Geschosshöhe





## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Widerstandsseite:

Festigkeitswerte (Bemessungswerte auf “design”-Niveau => Index “d”)

- Druckfestigkeit:

$$f_d = \zeta^* f_k / \gamma_M$$

Dauerstandsfaktor”  $\zeta = 0,85$

Materialsicherheitsfaktor  $\gamma_M = 1,5$



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Sicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Widerstandsseite:

### Festigkeitswerte

- Wichtig:  
bei Pfeilern mit  
 $0,1\text{m}^2 < A < 0,04\text{m}^2$  ist  
eine weitere Abminderung der  
Druckfestigkeit mit dem Faktor  
( $0,7 + 0,3 \cdot A$ ) erforderlich!

Mindestwandquerschnitt  
 $0,04\text{m}^2$  beachten!



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

### Nachweisumfang:

- **Einspannung Wand-Decke** durch Abminderungsfaktor  $\phi_1$  einfach abgedeckt
- **Knicken** durch Abminderungsfaktor  $\phi_2$  einfach abgedeckt
- keine Windlasten explizit anzusetzen
- Normalkraft einzige zu ermittelnde Einwirkungsschnittgröße  $N_{Ed}$

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Schnittgrößenermittlung (i.W. Auflagerkräfte aus Decken):

- Einachsig gespannte Decken:  
Durchlaufwirkung nur bei erstem Zwischenaufleger und bei Stützweitenverhältnissen  $< 0,7$  berücksichtigen
- 2-achsig gespannte Decken:  
Lasteinzugsflächen



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

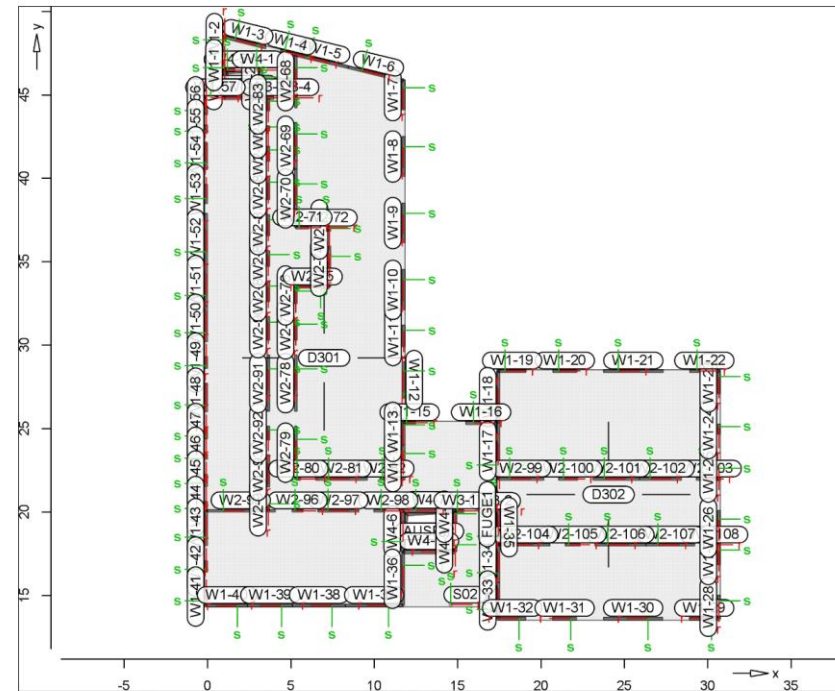
Fazit

# Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

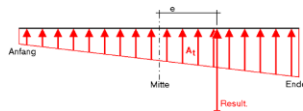
## Schnittgrößenermittlung (i.W. Auflagerkräfte aus Decken):

- „kompliziertere“ Grundrisse  
FEM-Ergebnisse

Positionsplan



Linienlager-Auswertung je Einwirkung - Auflagergröße Ft



Charakteristische Linienlagerkräfte  
aus MIN/MAX-Überlagerung je Einwirkung

Result. Resultierende Gesamtauflagerkraft  
e Abstand der Resultierenden zur Mitte  
g ständige Einwirkung

Reihenfolge der Ausgabe: min Ft Mitte  
max Ft Mitte

Position	Länge EW [m]	EW	Ft [kN/m]			Result. [kN]	e [m]
			Anfang	Mitte	Ende		
W1-1	2.63	1 g	46.74	40.91	35.08	107.53	-0.06
		2 min	2.29	-1.21	-4.71	-3.19	1.26
		3 max	5.17	8.67	12.17	22.78	0.18
		max	0.32	-0.19	-0.71	-0.50	1.18
W1-2	6.81	1 g	33.30	45.27	57.23	308.11	0.30
		2 min	-1.65	-0.76	0.14	-5.15	-1.34
		3 max	6.18	10.49	14.80	71.38	0.47
		max	-0.26	-0.09	0.08	-0.63	-2.08
			0.52	0.84	1.16	5.72	0.44

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

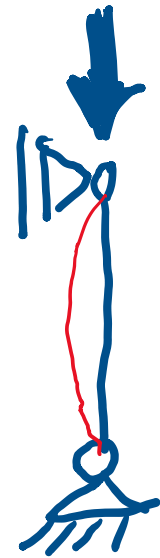
Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Knicklängen:  $h_{ef} = \rho \cdot h$

- 2-seitige Halterung:  $h_{ef} = \rho_2 \cdot h$



Wanddicke [cm]	$\rho_2$	Auflagertiefe min.
$\leq 17,5$	0,75	$a=t$
17,5 - 25cm	0,9	$a=t$
$> 25\text{cm}$	1	17,5cm

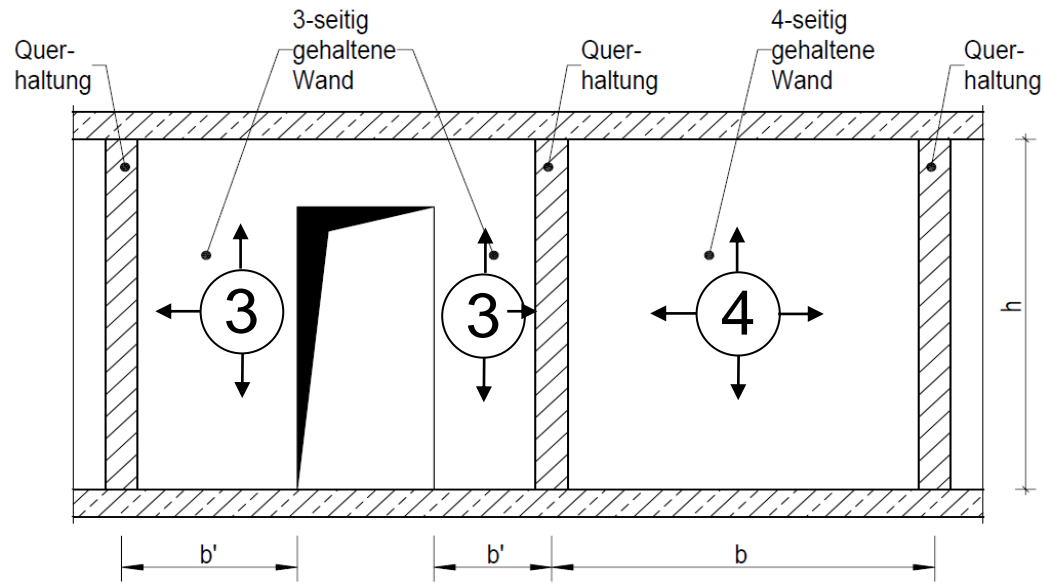


## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Knicklängen:  $h_{ef} = \rho \cdot h$

- 3-seitige / 4-seitige Knickhalterung:  $h_{ef} = \rho_3 \cdot h$  bzw.  $h_{ef} = \rho_4 \cdot h$

analog zu genauerem Verfahren / Berücksichtigung  
reduziertes Überbindemaß bei Elementmauerwerk mit DM



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

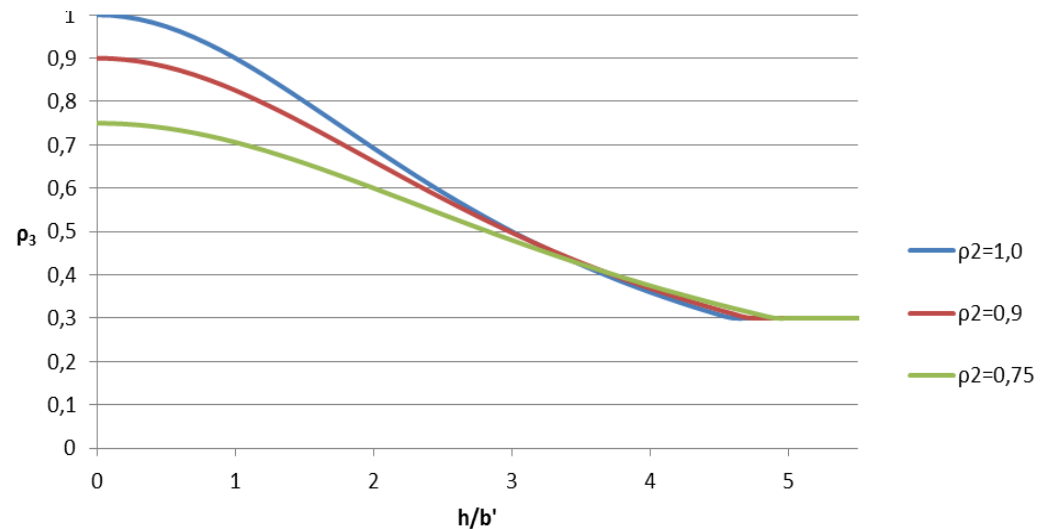
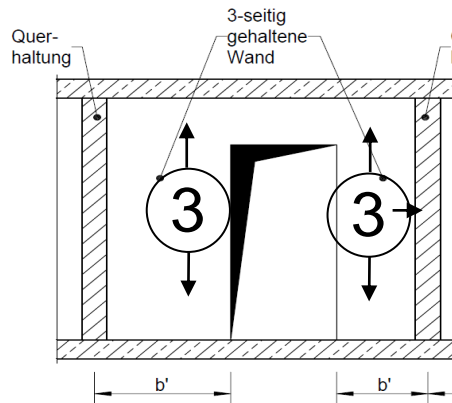
Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Knicklängen:  $h_{ef} = \rho \cdot h$

3-seitige Knickfesthaltung:  $h_{ef} = \rho_3 \cdot h$

Knicklänge mehrseitige Halterung: Referenz auf  $\rho_2$





Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

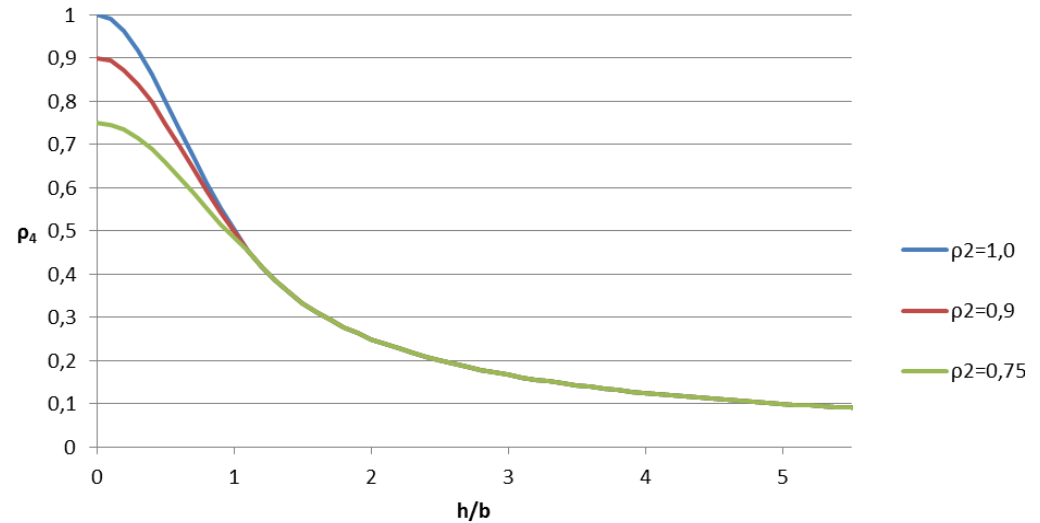
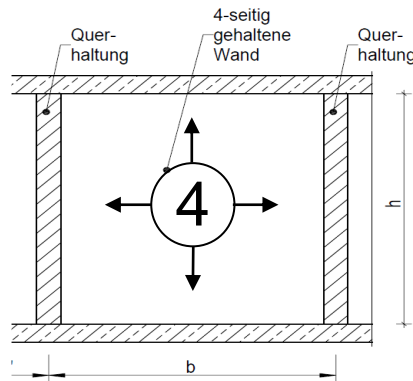
Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Knicklängen:  $h_{ef} = \rho \cdot h$

4-seitige Knickfesthaltung:  $h_{ef} = \rho_4 \cdot h$

Knicklänge mehrseitige Halterung: Referenz auf  $\rho_2$



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Allgemeines:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Ed, \max} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$$

$$N_{Rd} = \Phi_{1,2} \cdot A \cdot f_d$$

Abminderungsfaktor Stelle i:  $\Phi_{1,2}$

Querschnittsfläche  $A$  bzw. Wanddicke  $t$

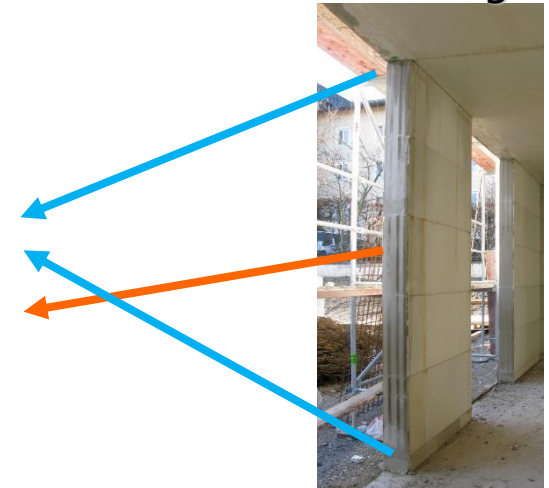
Bemessungswert der MW-Druckfestigkeit  $f_d$

geschoss hohe Wände (Standardfall):

$$\Phi = \min \left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 \\ \Phi_2 \end{array} \right\}$$

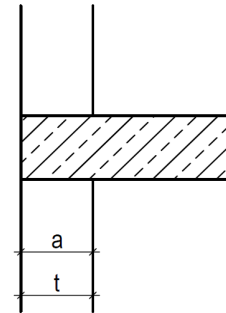
Deckenverdrehung

Knicken



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Nachweis: 
$$N_{Rd} = \Phi_{1,2} \cdot t \cdot f_d \geq N_{Ed}$$



### Deckenverdrehung

- Wand als Endauflager von Decken:

$$\Phi_1 = \left( 1,6 - \frac{l_f}{6} \right) \cdot \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t} \quad (\text{für } f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2)$$

- Dachdecke:  $\Phi_1 = 0,33 \cdot a/t$  bzw.  $0,4 \cdot a/t$  (bei 2-achsig gespannten Decken)
- Wand als Zwischenaflager: keine Abminderung für Deckeneinspannung

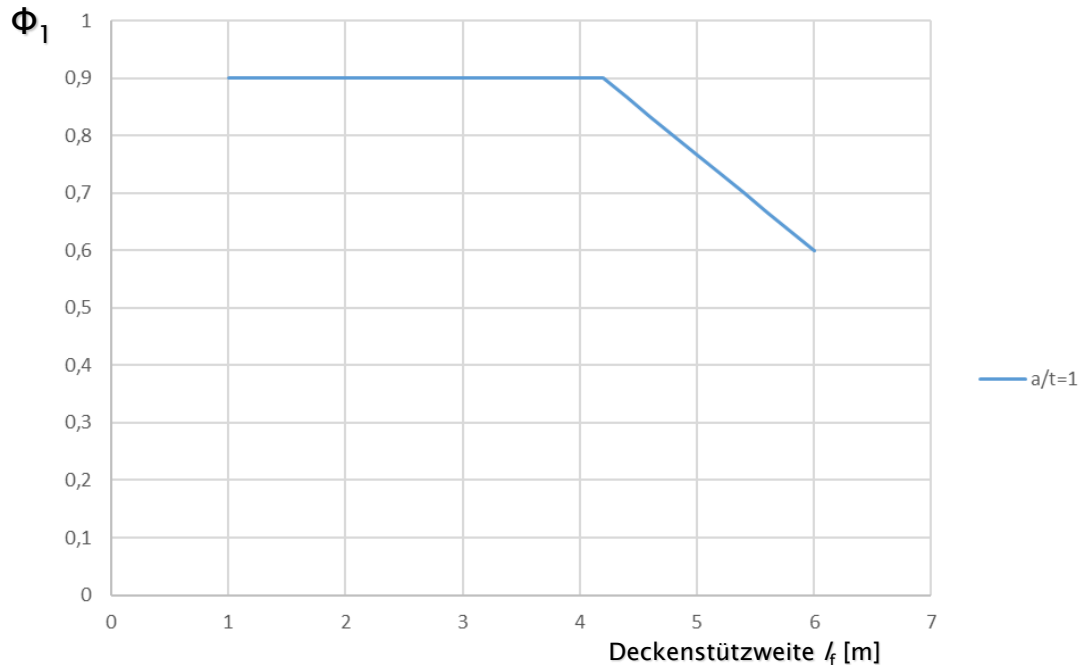
t = Wanddicke  
a = Auflagertiefe  
l<sub>f</sub> = Deckenstützweite



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

- geschosshohe Wände:  $\Phi_s = \min \left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 \\ \Phi_2 \end{array} \right\}$  → Deckenverdrehung  
→ Knicken

Deckenverdrehung:  $\Phi_1 = \left( 1,6 - \frac{l_f}{6} \right) \cdot \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$  (für  $f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2$ )



## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

- geschosshohe Wände:  $\Phi_s = \min \left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 \\ \Phi_2 \end{array} \right\}$  → Deckenverdrehung  
→ Knicken

Deckenverdrehung:  $\Phi_1 = \left( 1,6 - \frac{l_f}{6} \right) \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$  ( $f_k \geq 1,8 \text{N/mm}^2$ )

Neuerung in **A3-Änderung (2019-12)**:

Bei 2-achsig gespannten Decken ( $0,5 \leq l_1/l_2 \leq 2$ ) darf für  $l_f$  das 0,85-fache der kürzeren Stützweite eingesetzt werden!

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

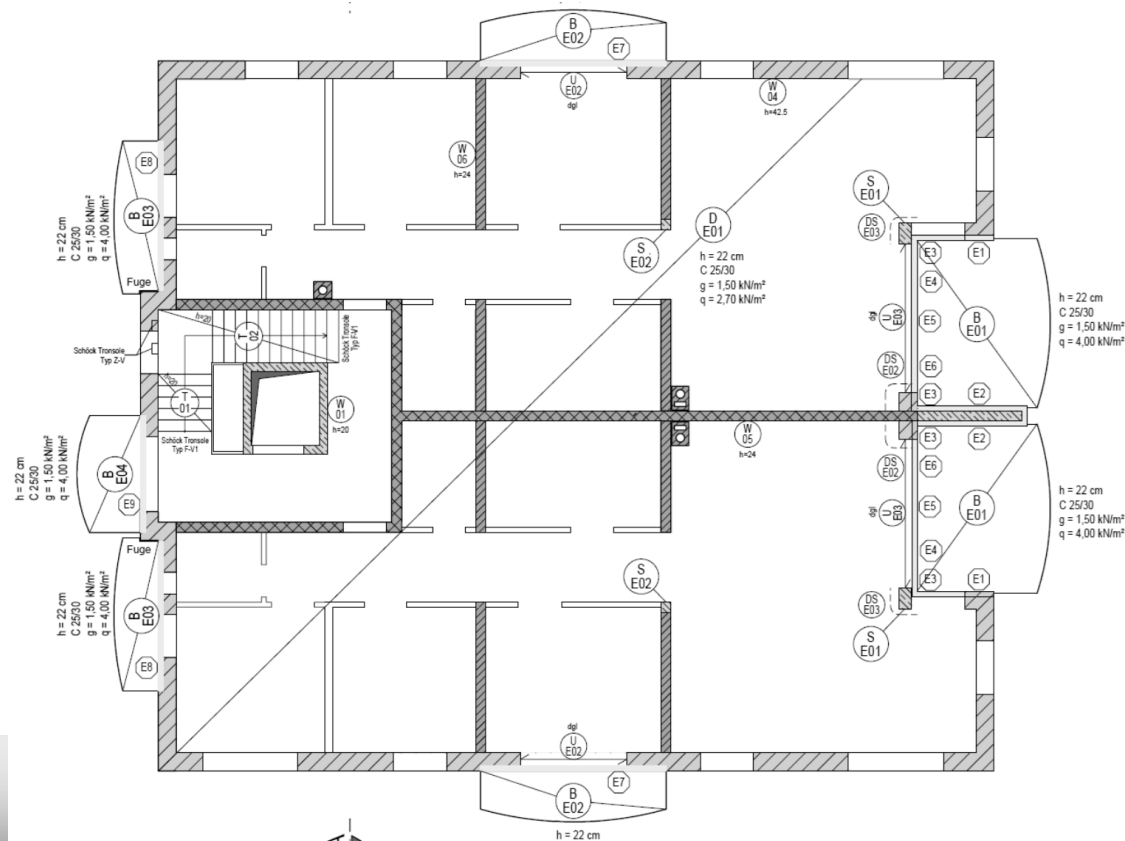
Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

Neuerung in A3-Änderung (2019-12):

Bei 2-achsig gespannten Decken ( $0,5 \leq l_1/l_2 \leq 2$ ) darf für  $l_f$  das 0,85-fache der kürzeren Stützweite eingesetzt werden



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

### Knicken / Wandmitte

- Nachweis:

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \left( \frac{a}{t} \right) - 0,0011 * \left( \frac{h_{ef}}{t} \right)^2$$

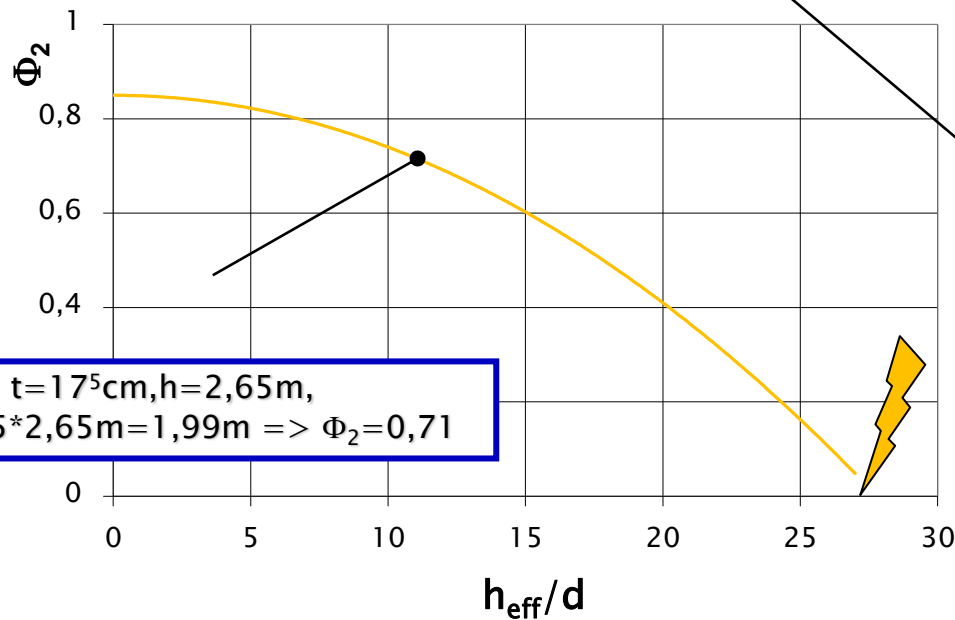
$t$  = Wanddicke  
 $a$  = Auflagertiefe  
 $h_{ef}$  = Knicklänge

## Eurocode 6-3 / NA, Vereinfachtes Verfahren: Nachweis unter Druckbeanspruchung

- geschosshohe Wände:  $\Phi_s = \min \left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 \rightarrow \text{Deckenverdrehung} \\ \Phi_2 \rightarrow \text{Knicken} \end{array} \right.$

$$\Phi_2 = 0,85 \left( \frac{a}{t} \right) - 0,0011 \cdot \left( \frac{h_{ef}}{t} \right)^2$$

Knicklänge:  
 $h_{eff} = \rho \cdot h$   
 $\rho = 0,75 \div 1,0$   
(2-seitig)  
Wanddicke



Beispiel:  $t=17^5\text{cm}$ ,  $h=2,65\text{m}$ ,  
 $h_{ef}=0,75 \cdot 2,65\text{m}=1,99\text{m} \Rightarrow \Phi_2=0,71$





Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

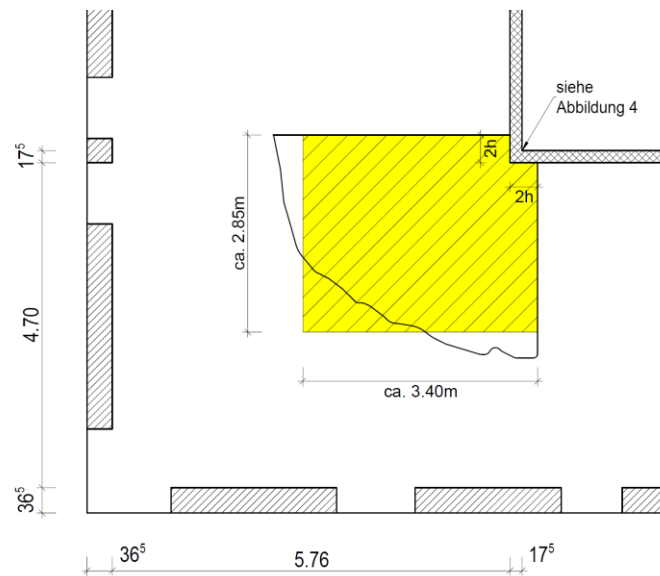
Beispiel


Feuerwiderstand

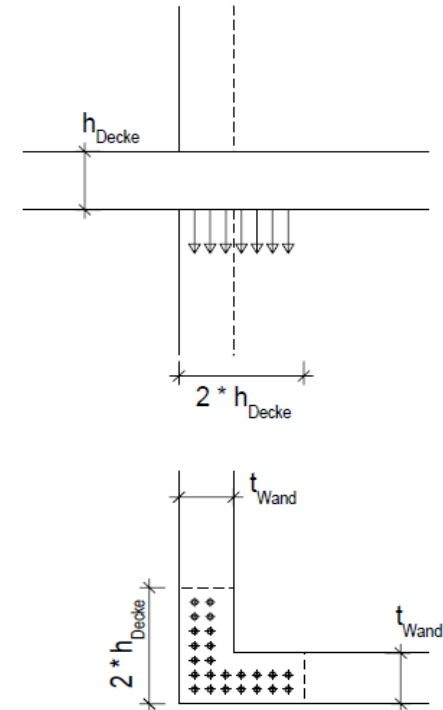
Fazit

## Sonderfall: Lastkonzentration

### Detailnachweise: Bereiche mit Lastkonzentrationen



 vereinfachte Lasteinzugsfläche = 9.5m<sup>2</sup>  
(Ingenieurmäßig)



## Sonderfall: Lastkonzentration

### Detailnachweise: Bereiche mit Lastkonzentrationen

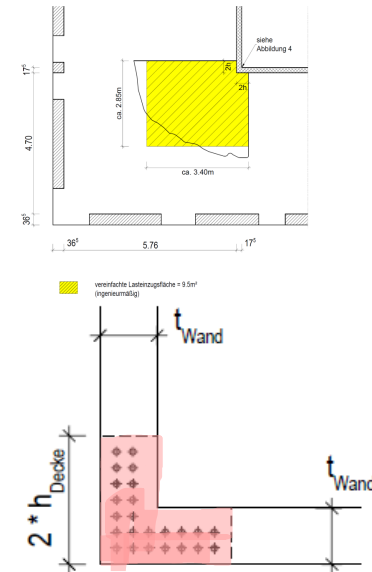
Beispiel – Innenwanddecke  $t=17,5\text{cm}$ ,  $f_k=7\text{MN/m}^2$   
(s.B. KS-QUADRO E oder KS-R P in SFK 12):

- Bemessungslast aus Decke pro Geschoss:  
 $g_d+q_d=1,35*(0,22\text{m}*25\text{kN/m}^3+1,75\text{kN/m}^2)$   
 $+ 1,5*(1,5\text{kN/m}^2+0,8\text{kN/m}^2)=13,2\text{ kN/m}^2$   
**Bemessungslast:  $N_{Ed} = 9,5\text{m}^2*13,2\text{kN/m}^2=126\text{kN}$**

- örtliche Lastabtragsfläche:  
 $A=(4*0,22\text{m}-0,175\text{m})*0,175\text{m}=0,123\text{m}^2$

- Bemessung mit *Vereinfachtem Verfahren* ( $\Phi_1=0,9$ ):  
 $N_{Rd}=0,123\text{m}^2*(7\text{MN/m}^2*0,85/1,5)*0,9=439\text{kN}$

=> Last aus 3 Geschossen ohne Lastausbreitung aufnehmbar

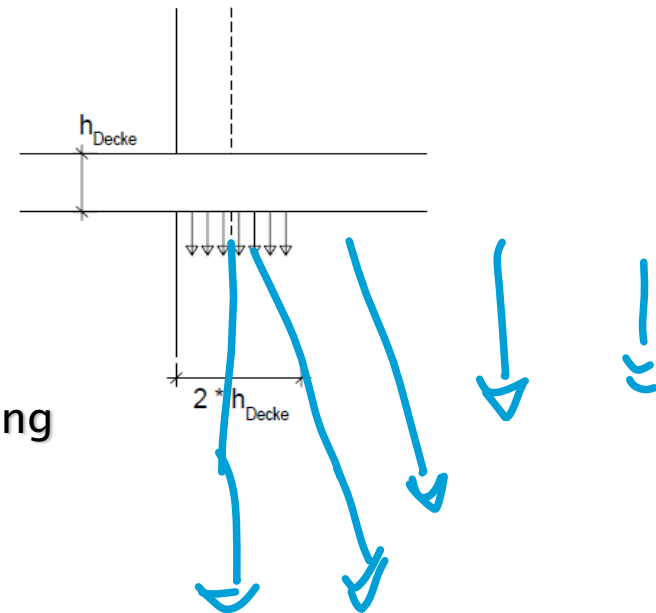


## Sonderfall: Lastkonzentration

### Detailnachweise: Bereiche mit Lastkonzentrationen

Beispiel – Innenwandecke :

- Lastausbreitung
- Genaue Betrachtung über Scheibenmodellierung der Wände möglich



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

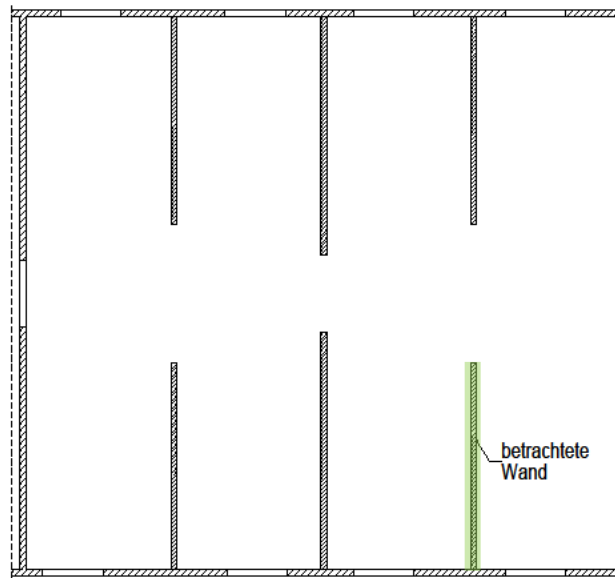
Feuerwiderstand

Fazit

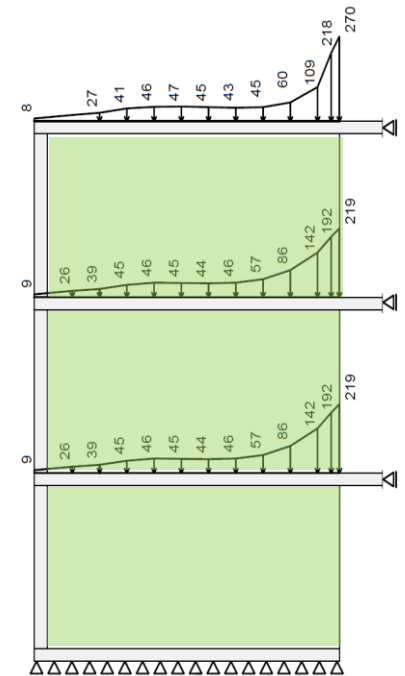
## Sonderfall: Lastkonzentration

### Detailnachweise: Bereiche mit Lastkonzentrationen

Lastausbreitung in einer Richtung (Wandende)



Grundriss Deckensystem



Belastung auf die Wandscheibe aus den Deckenlasten [kN/m]

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

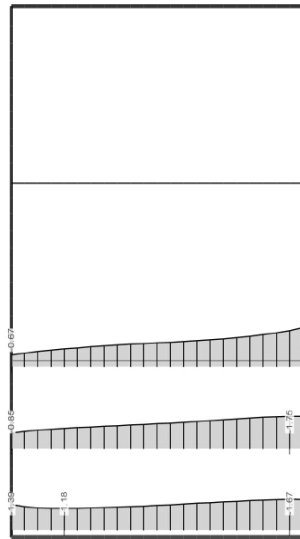
Feuerwiderstand

Fazit

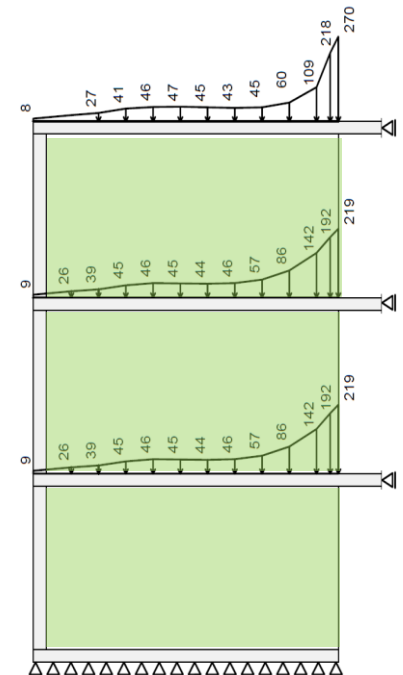
## Sonderfall: Lastkonzentration

### Detailnachweise: Bereiche mit Lastkonzentrationen

Lastausbreitung in einer Richtung (Wandende)



Resultierende Spannungen in der Wand in  $[MN/m^2]$



Belastung auf die Wandscheibe aus den Deckenlasten  $[kN/m]$

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Wandbemessung unter vorwiegender vertikaler Belastung:

Beispiel: Außenwand im EG eines MFH



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

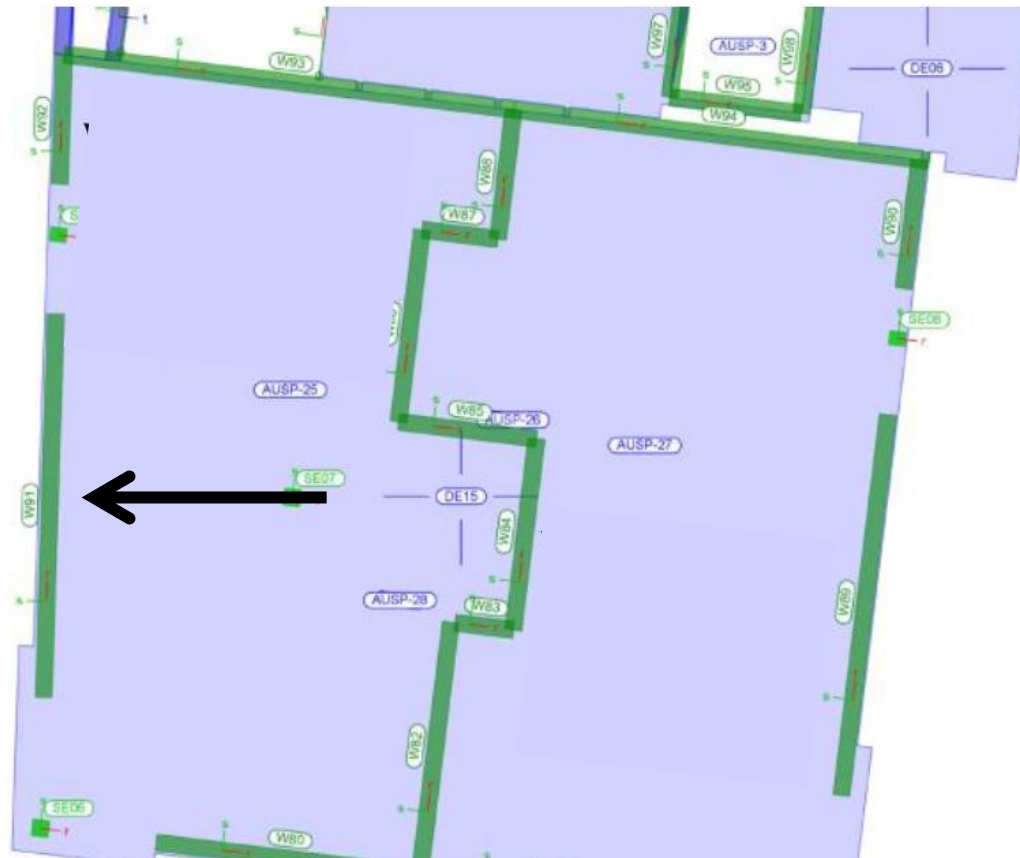
Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Wandbemessung unter vorwiegender vertikaler Belastung:

Beispiel: Außenwand im EG eines MFH







## Wandbemessung unter vorwiegender vertikaler Belastung:

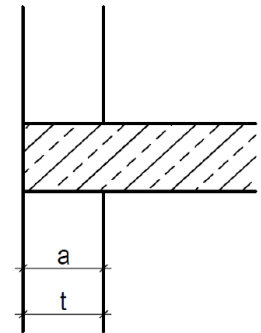
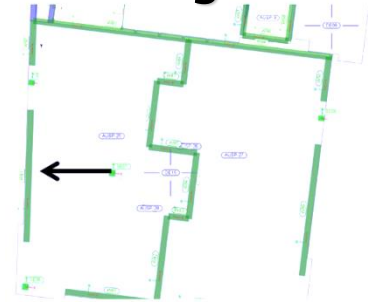
### Außenwand

- lichte Geschosshöhe 3,2 m (zul. = 3,3m)
- Deckenstützweite: 5m
- Wandkonstruktion: Wanddicke 17<sup>5</sup>cm  
 $f_k = 12,9 \text{ MN/m}^2$  (z.B. KS-Planelemente oder KS-QUADRO in SFK 20)

$$f_d = 0,85 * 12,9 / 1,5 = 7,31 \text{ MN/m}^2$$

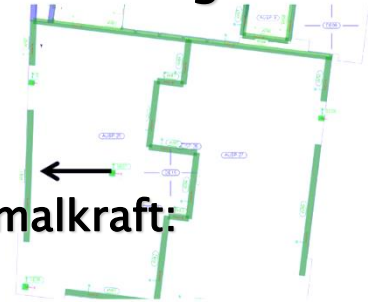
### Einwirkungen:

- Deckenlast:  $g_k = 6,5 \text{ kN/m}^2$     $q_k = 2,7 \text{ kN/m}^2$
- Wandeigengewicht: 12 kN/m



Dünnbettmörtel DM Steinfestigkeitsklasse	Planelemente	
	KS XL	KS XL-E
10	–	–
12	9,4	7,0
16	11,2	8,8
20	12,9	10,5
28	16,0	–

## Wandbemessung unter vorwiegender vertikaler Belastung:



### Außenwand Bemessungswerte der einwirkenden Normalkraft:

- Wandkopf:  $N_{Ed} = 1,35 \cdot 93 + 1,5 \cdot 47 = 196 \text{ kN/m}$
- Wandmitte:  $N_{Ed} = 196 + 1,35 \cdot 12 / 2 = 204 \text{ kN/m}$
- Wandfuß:  $N_{Ed} = 196 + 1,35 \cdot 12 = 212 \text{ kN/m}$

**Vereinfachter Ansatz:  $N_{Ed} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$**   
 (zulässig bei Betondecken und einer Nutzlast von max.  $3 \text{ kN/m}^2$ )

- Wandkopf:  $N_{Ed} = 1,4 \cdot (93 + 47) = 196 \text{ kN/m}$
- Wandmitte:  $N_{Ed} = 1,4 \cdot (93 + 47 + 12 / 2) = 204 \text{ kN/m}$
- Wandfuß:  $N_{Ed} = 1,4 \cdot (93 + 47 + 12) = 213 \text{ kN/m}$



## Wandbemessung unter vorwiegender vertikaler Belastung:

$$\text{Knicklänge: } h_{\text{ef}} = \rho_2 \cdot h$$

$$h_{\text{ef}} = 0,75 \cdot 3,2 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

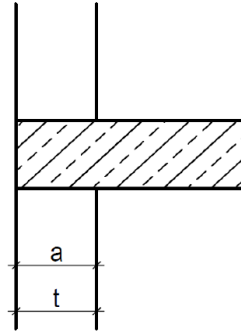
$$\Phi_1 = 1,6 - 5/6 \leq 0,9 \cdot 0,175 / 0,175 = \min(0,77; 0,9) = 0,77$$

$$N_{\text{Rd,Fuß}} = 0,175 \text{ m} \cdot 7,31 \text{ MN/m}^2 \cdot 0,77 = 981 \text{ kN/m} > N_{\text{Ed,Fuß}} = 213 \text{ kN/m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot 17,5 / 17,5 - 0,0011 (2,4 / 0,175)^2 = 0,64$$

$$N_{\text{Rd,Mitte}} = 0,175 \text{ m} \cdot 7,31 \text{ MN/m}^2 \cdot 0,64 = 822 \text{ kN/m} > N_{\text{Ed,Mitte}} = 204 \text{ kN/m}$$

=> maximale Ausnutzung = 25%





Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

## Feuerwiderstand

Feuerwiderstandsdauer abhängig von

- Stein-Mörtel-Kombination
- Auflastniveau / Ausnutzung
- Art der Brandbeanspruchung
- Putz



## Feuerwiderstand

- Zulässige Ausnutzungsfaktoren:  
(=> „Kalte“ Bemessung deckt Heißbemessung ab)

- alt:

neu:

DIN 4102-4

Basis: DIN 1053-1, vereinf. Verf.

$$\Rightarrow \alpha_2 = N_{\text{vorh}} / N_{\text{zul}}$$

gleiches (char.) Lastniveau  
/ vereinfachtes Verfahren

DIN EN 1996-1-2/NA  
Basis: EC6-1-1 / EC6-3

$$\Rightarrow \alpha_{fi} \quad \text{bzw.} \quad \alpha_{6,fi}$$



Verwendung  
in allg.  
bauaufs.  
Zulassungen



Verwendung  
bei genormten  
Stein-Mörtel-  
Kombinationen

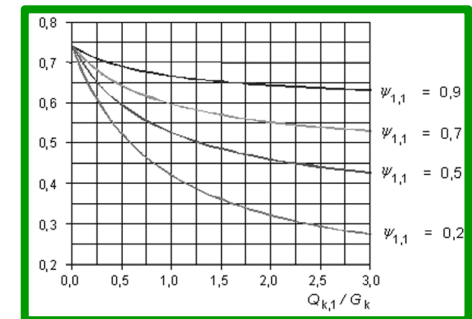


## Feuerwiderstand

- Zulässige Ausnutzungsfaktoren:  
(Ziel: => „kalte“ Bemessung deckt Heißbemessung ab)
- Nachweis nach DIN EN 1996-1-2/NA für genormte Produkte

$$\alpha_{6,fi} = \frac{N_{Ed,fi}}{N_{Rd}}$$

$$N_{Ed,fi} = N_{Ed} * \eta_{fi} = N_{Ed} * 0,7$$



$N_{Rd}$  (kalte) Tragfähigkeit

$N_{Ed}$  (kalte) Einwirkung

## Feuerwiderstand – genormte Produkte

- genormte Produkte

=>  $\alpha_{6,fi}$  Anpassung über  $\omega$  infolge unterschiedlicher  $f_k/\sigma_0$ -Verhältnisse (abhängig von Stein-Mörtel-Kombination)

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{15}{25 - \frac{h_{ef}}{t}} \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)} \quad \text{für } 10 \leq \frac{h_{ef}}{t} \leq 25$$

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)} \quad \text{für } \frac{h_{ef}}{t} < 10$$

in Norm tabelliert!





## Feuerwiderstand – genormte Produkte

- Insgesamt 21 Tabellen in der Norm (EC 6, Teil 1–2 / NA) / tragende / nichttragende / nichtraumabschließend / raumabschließend / Pfeiler / Brandwand / ..
- Nachweis von KS
  - a) ohne expliziten Nachweis des Ausnutzungsfaktors /  
=> Mindestwanddicken einzuhalten (Auszug):

Tafel 3/1 Tragende, raumabschließende Wände (REI)

Steine Mörtel	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse					
	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240
KS-Vollsteine <sup>1)</sup> KS-Blocksteine <sup>1)</sup> KS-Planelemente	150 (115)		150 (150)	175 (150)	240 (175)	–
NM, DM	Bei flächig aufgelagerten Massivdecken (Auflagertiefe = Wanddicke)					
	115 (115)		150 <sup>2)</sup> (115)	150 (115)	150 (115)	175 (150)

Die (–)Werte gelten für Wände mit geeignetem beidseitigem Putz  
<sup>1)</sup> Auch als Plan- und Fasansteine (abzüglich Fase)  
<sup>2)</sup> Bei  $\alpha_{eff} \leq 0,6$  beträgt die Mindestwanddicke 115 mm

Tafel 3/2 Tragende, nichtraumabschließende Wände  $L \geq 1,0$  m (R)

Steine Mörtel	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse				
	R 30	R 60	R 90	R 120	R 180
KS-Plansteine KS-Fasansteine <sup>1)</sup> KS-Planelemente	150	175	200	240	300
DM					

<sup>1)</sup> Abzüglich Fase



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

Feuerwiderstand

Fazit

# Feuerwiderstand – genormte Produkte

- Nachweis von KS
  - b) mit explizitem Ausnutzungsfaktor  $\alpha_{6,fi}$

Tafel 4/2 Tragende, raumabschließende Wände (REI)

Steine Mörtel	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse				
		REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180
KS-Lochsteine <sup>1)</sup> KS-Hohlblocksteine <sup>1)</sup> NM, DM	$\leq 0,15$				115 (115)	175 (140)
	$\leq 0,42$		115 (115)		140 (115)	200 (140)
	$\leq 0,70$				200 (140)	240 (175)
KS-Vollsteine <sup>1)</sup> KS-Blocksteine <sup>1)</sup> KS-Planelemente NM, DM	$\leq 0,15$				115 (115)	150 (140)
	$\leq 0,42$		115 (115)		140 (115)	175 (140)
	$\leq 0,70$				150 (140)	200 (175)

Die (-)Werte gelten für Wände mit geeignetem beidseitigem Putz  
<sup>1)</sup> Auch als Plan- und Fasensteine (abzüglich Fase)

Tafel 4/3 Tragende, nichtraumabschließende Wände  $L \geq 1,0$  m (R)

Steine Mörtel	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse				
		R 30	R 60	R 90	R 120	R 180
KS-Lochsteine KS-Hohlblocksteine KS-Vollsteine KS-Blocksteine NM	$\leq 0,15$			115 (115)	140 (115)	150 (140)
	$\leq 0,42$		115 (115)	140 (115)	150 (115)	150 (140)
	$\leq 0,70$				150 (150)	175 (150)
KS-Plansteine KS-Fasensteine <sup>1)</sup> KS-Planelemente DM	$\leq 0,15$				140 (115)	150 (140)
	$\leq 0,42$		115 (115)		150 (115)	150 (140)
	$\leq 0,70$				150 (150)	175 (150)

Die (-)Werte gelten für Wände mit geeignetem beidseitigem Putz  
<sup>1)</sup> Abzüglich Fase



Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Stark vereinf. Verf.

Beispiel

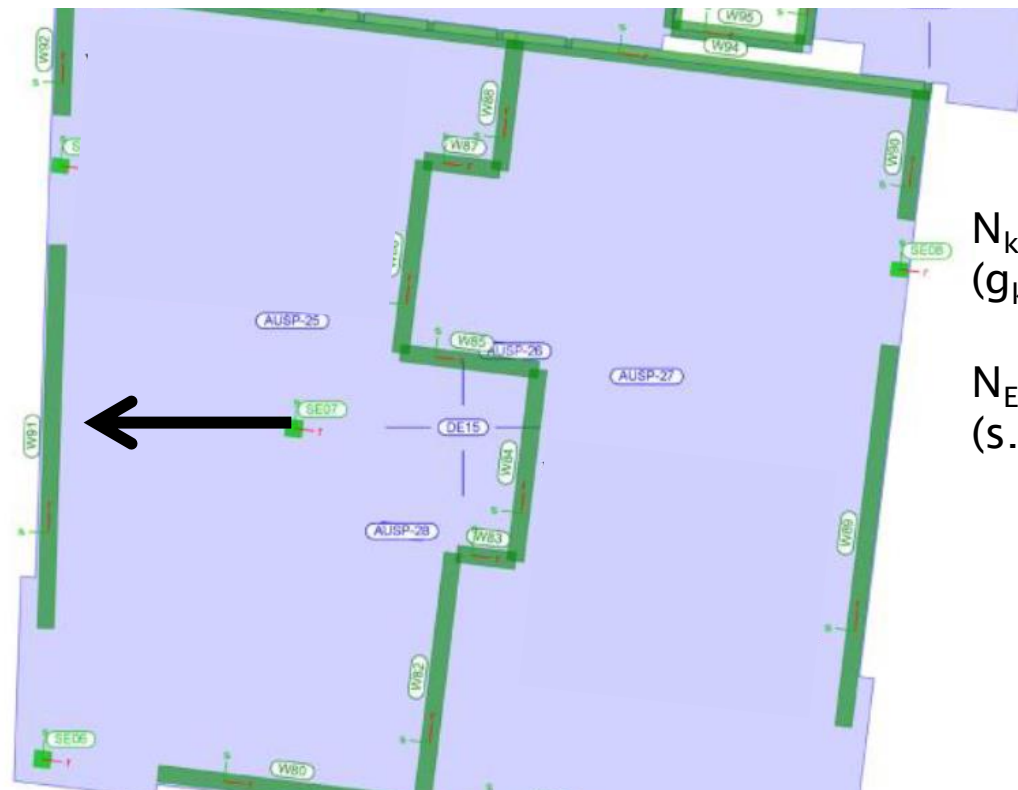
Feuerwiderstand

Fazit

## Feuerwiderstand – Beispiel:

### Außenwand im EG

genormte Kombination KS-XL in Druckfestigkeitsklasse 20 mit Dünnbettmörtel:  $f_k = 12,9 \text{ MN/m}^2$ ,  $t = 17,5 \text{ cm}$  (voll aufgelagert)



$$N_k = 146 \text{ kN/m} \\ (g_k = 93 + 12/2; q_k = 47)$$

$$N_{Ed} = 204 \text{ kN/m (kalt)} \\ (\text{s. Beispiel vorne})$$

Übersicht

Baustoffe

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Beispiel

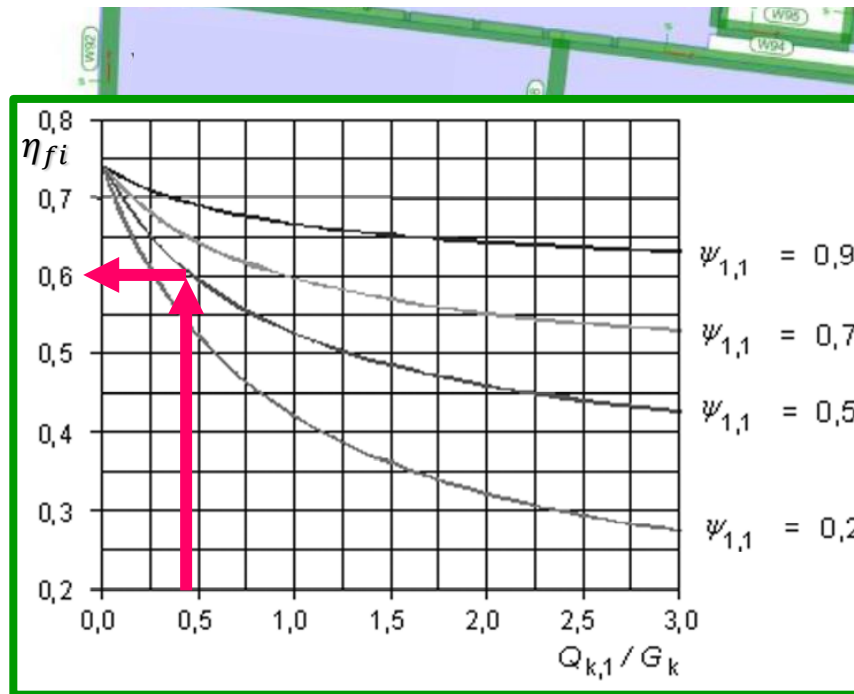
Feuerwiderstand

Fazit

## Feuerwiderstand – Beispiel:

### Außenwand im EG

genormte Kombination KS–XL in Druckfestigkeitsklasse 20 mit Dünnettputz:  $f_k = 12,9 \text{ MN/m}^2$ ,  $t = 17,5 \text{ cm}$  (voll aufgelagert)



$N_{Ed} = 204 \text{ kN/m}$  (kalt)

**Lastfall Brand:**  
vereinfachend:  $\eta_{fi} = 0,7$   
 $N_{Ed,fi} = 0,7 * 204 \text{ kN/m}$   
 $= 143 \text{ kN/m}$

genauer:  $\psi_{1,1} = 0,5$ ,  
 $q_k/g_k = 47/99 = 0,47$   
 $\Rightarrow \eta_{fi} = 0,62$

$N_{Ed,fi} = 0,62 * 204 \text{ kN/m}$   
 $= 127 \text{ kN/m}$

## Feuerwiderstand – Beispiel:

### Außenwand im EG

genormte Kombination KS-XL in Druckfestigkeitsklasse 20 mit Dünnbettmörtel:  $f_k = 12,9 \text{ MN/m}^2$ ,  $t = 17,5 \text{ cm}$  (voll aufgelagert)

$N_{Ed,fi} = 127 \text{ kN/m}$  (vereinfacht:  $143 \text{ kN/m}$ )

aus kalter Bemessung:  $N_{Rd} = 822 \text{ kN/m}$  (vereinfachtes Verfahren)

$$\alpha_{6,fi} = \frac{N_{Ed,fi}}{N_{Rd}} = \frac{127}{822} = 0,16$$

aus Norm EC6-1-2/NA,  
Tab. NA.B.2.2:

- erf.  $t = 11,5 \text{ cm}$   
 $< 17,5 \text{ cm} = \text{vorh. } t$
- zul.  $\alpha_{6,fi} = 0,7$   
 $> 0,16 = \text{vorh. } \alpha_{6,fi}$   
 $\Rightarrow \text{Nachweise erfüllt!}$

Steine Mörtel	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$	Mindestwanddicke [mm] zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse				
		R 30	R 60	R 90	R 120	R 180
KS-Lochsteine	$\leq 0,15$	115 (115)		115 (115)	140 (115)	150 (140)
KS-Hohlblocksteine	$\leq 0,42$			140 (115)	150 (115)	175 (150)
KS-Vollsteine					150 (150)	175 (150)
KS-Blocksteine	$\leq 0,70$			140 (115)	150 (140)	
NM	$\leq 0,15$			140 (115)	150 (140)	
KS-Plansteine	$\leq 0,42$		115 (115)	150 (115)	150 (140)	
KS-Fasensteine <sup>1)</sup>	$\leq 0,70$			150 (150)	175 (150)	
KS-Planelemente				150 (150)	175 (150)	
DM						

## Zusammenfassung – Fazit

- Eurocode 6: Stand in Deutschland – Neuerungen & Änderungen
- Baustoffe und Festigkeiten
- Sicherheitskonzept für Mauerwerk nach EC 6
- Nachweis nach dem Vereinfachten Verfahren unter Druckbeanspruchung / Schnittgrößenermittlung und Bemessung
- Feuerwiderstandsdauer

=> 30.11.2021: Veranstaltung *Genauerer Verfahren*



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

für Ihre Aufmerksamkeit



**S&W**

Prof. Schermer und Weber – Beratende Ingenieure  
Partnerschaftsgesellschaft mbB



OSTBAYERISCHE  
TECHNISCHE HOCHSCHULE  
REGENSBURG

KIB

KONSTRUKTIVER INGENIEURBAU