

Bemessung von Mauerwerk-Konstruktionen nach Eurocode 6

Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer

Ingenieurbüro Schermer GmbH, Burghausen

Prüfingenieur für Massivbau

öbuvSV für Beton-, Stahlbeton- und Mauerwerksbau

Übersicht

- Anforderungen: Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit
- Spannungsfeld: Statik – Schallschutz – Wärmeschutz
- Konstruktion: Augenmerk auf Wand-Decken-Knoten
→ Ausbildung Detail
- System bei geringen Lasten / Rahmen mit zugfesten Anschlüssen
- Beispiel: Nachweisführung im vereinfachten Verfahren



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

Fazit

Eurocodes

Warum?



Neue Norm: Eurocode 6 in Deutschland

- Eurocode 6 ist bauaufsichtlich eingeführt
- Anwendung bauaufsichtlich seit längerem erlaubt (Gleichwertigkeitserklärung der Bauaufsicht: seit Juli 2012)
- ab 1.1.2016 ist EC 6 Pflicht
- Parallelgeltung von DIN 1053-1 bis Ende 2015
- Änderungen in DIN 1053-1 (Mindestauflast und Teilauflagerung) bereits jetzt wirksam (Erklärung FK Bautechnik 10.4.2014)



Einführung

Sicherheitskonzept

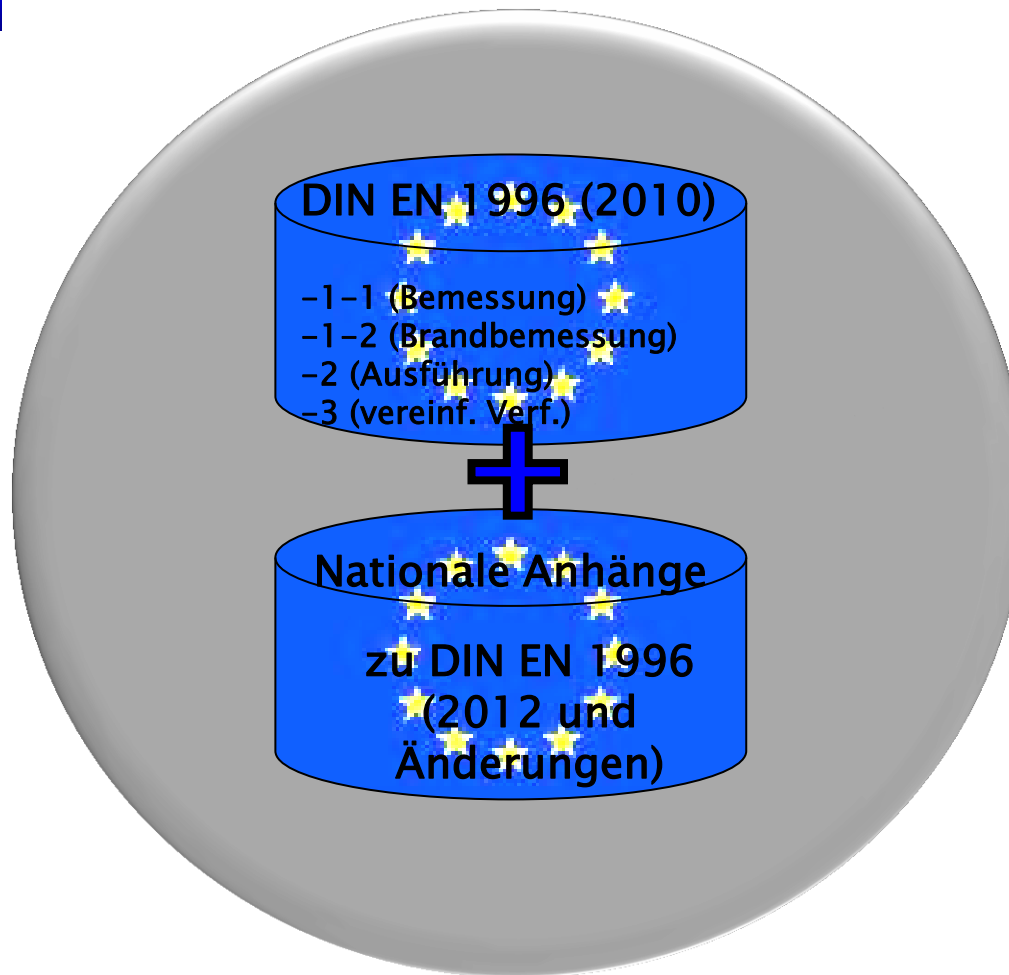
Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

Fazit

Eurocode 6 in Deutschland



Die Anwendung der EUROCODES ist nur zusammen mit den *Nationalen Anhängen* (=NA) erlaubt

=> Festlegung der NDP (*National festzulegende Parameter*) für Anpassung Sicherheitsniveau

Eurocode 6 in Deutschland:

Änderungen / Erweiterungen im Vergleich zu DIN 1053-1

- Detaillierte Anpassung der Festigkeitswerte an die Baustoffe (Steinart, Lochbild, Mörtel)
=> wirtschaftlichere Nachweisführung
- Knicklänge bis zur Schlankheit 27 möglich
- Berücksichtigung eines reduzierten Überbindemaßes
 $\bar{u}/h < 0,4$
- Berücksichtigung teilaufgelagerte Geschosdecken
- Neu: *Stark vereinfachtes Verfahren* für Nachweis einfacher Konstruktionen (Anhang A von Eurocode 6-3)



Eurocode 6 in Deutschland: Einschränkungen

- in Deutschland nicht bewährte Bauweisen werden ausgeschlossen, z.B. vorgespanntes Mauerwerk oder Mauerwerk mit Randstreifenvermörtelung
- Anpassung und Einschränkung der Baustoffe auf in Deutschland bewährte Arten – insbesondere Steinarten (Lochbilder, Lochanteile, Steinformen, etc.)
- Anpassung der Festigkeitswerte
- Kein bewehrtes Mauerwerk geregelt
- Kein Normalmörtel NM I mehr geregelt



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

Fazit

Nachweiskriterien

I. Tragfähigkeit (= GZ-T: maßgebender Nachweis)



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

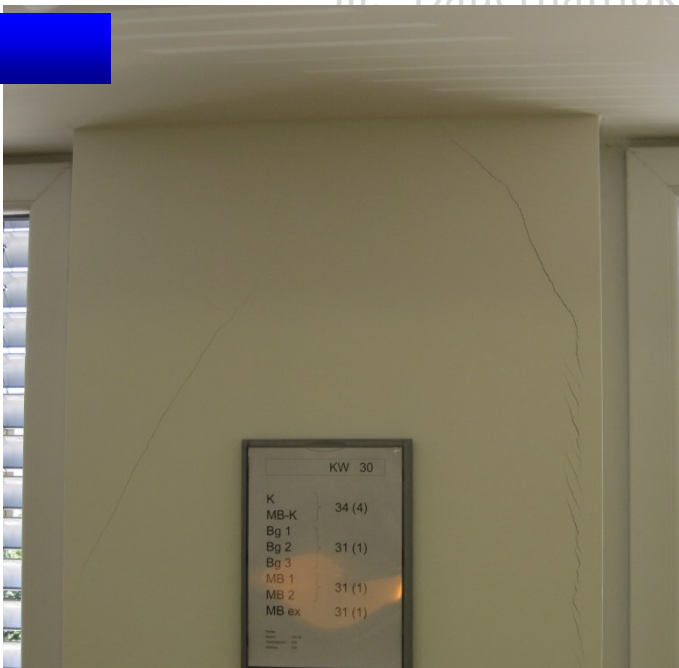
Konstruktion

Beispiele

Fazit

Nachweiskriterien

- I. Tragfähigkeit (= GZ-T: maßgebender Nachweis)
- II. Gebrauchstauglichkeit (im Mauerwerksbau i.d.R über GZ-T automatisch mit abgedeckt)
- III. Dauerhaftigkeit



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

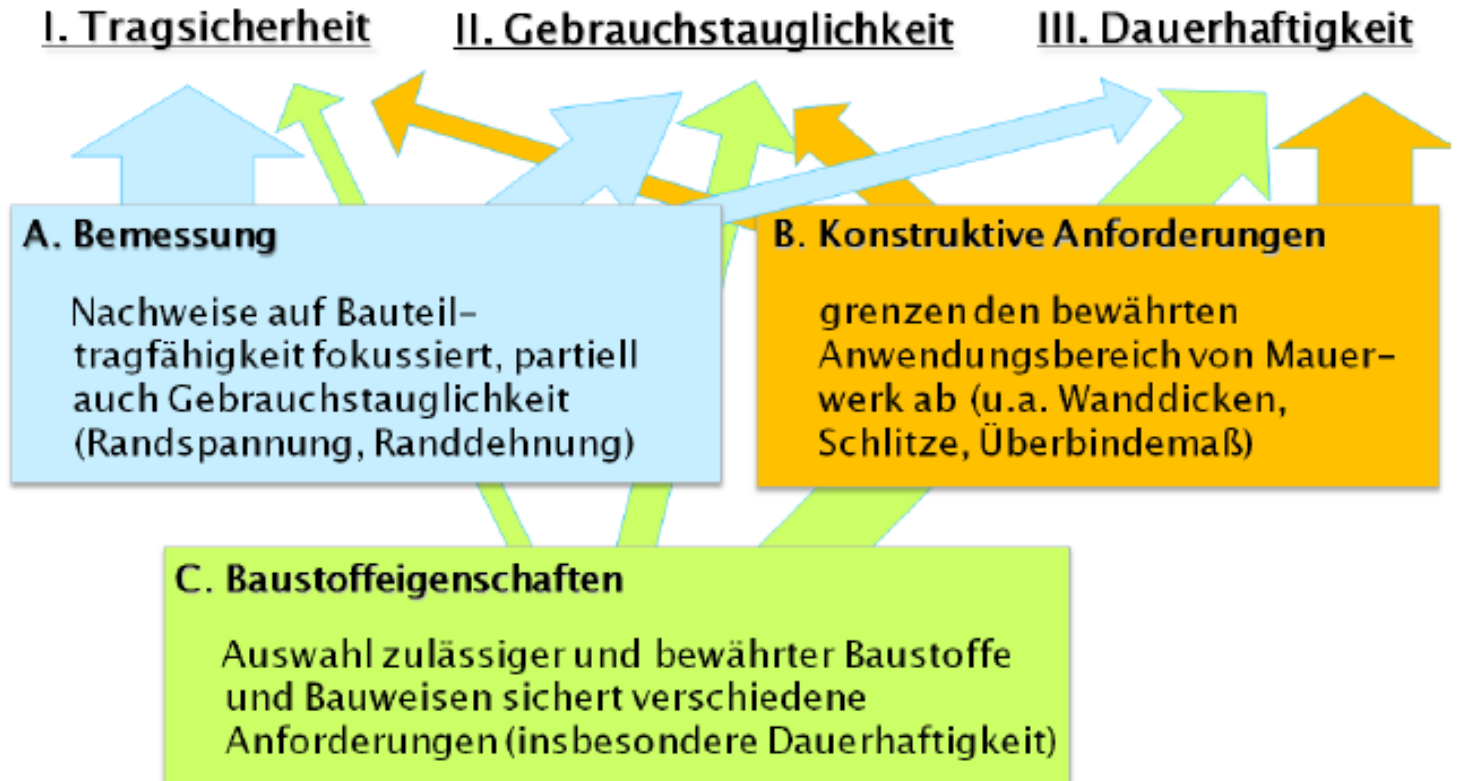
Fazit

Nachweiskriterien

- I. Tragfähigkeit (= GZ-T: maßgebender Nachweis)
- II. Gebrauchstauglichkeit (im Mauerwerksbau i.d.R. über GZ-T automatisch mit abgedeckt)
- III. Dauerhaftigkeit (über Baustoffanforderungen und Konstruktionsregeln abgedeckt)



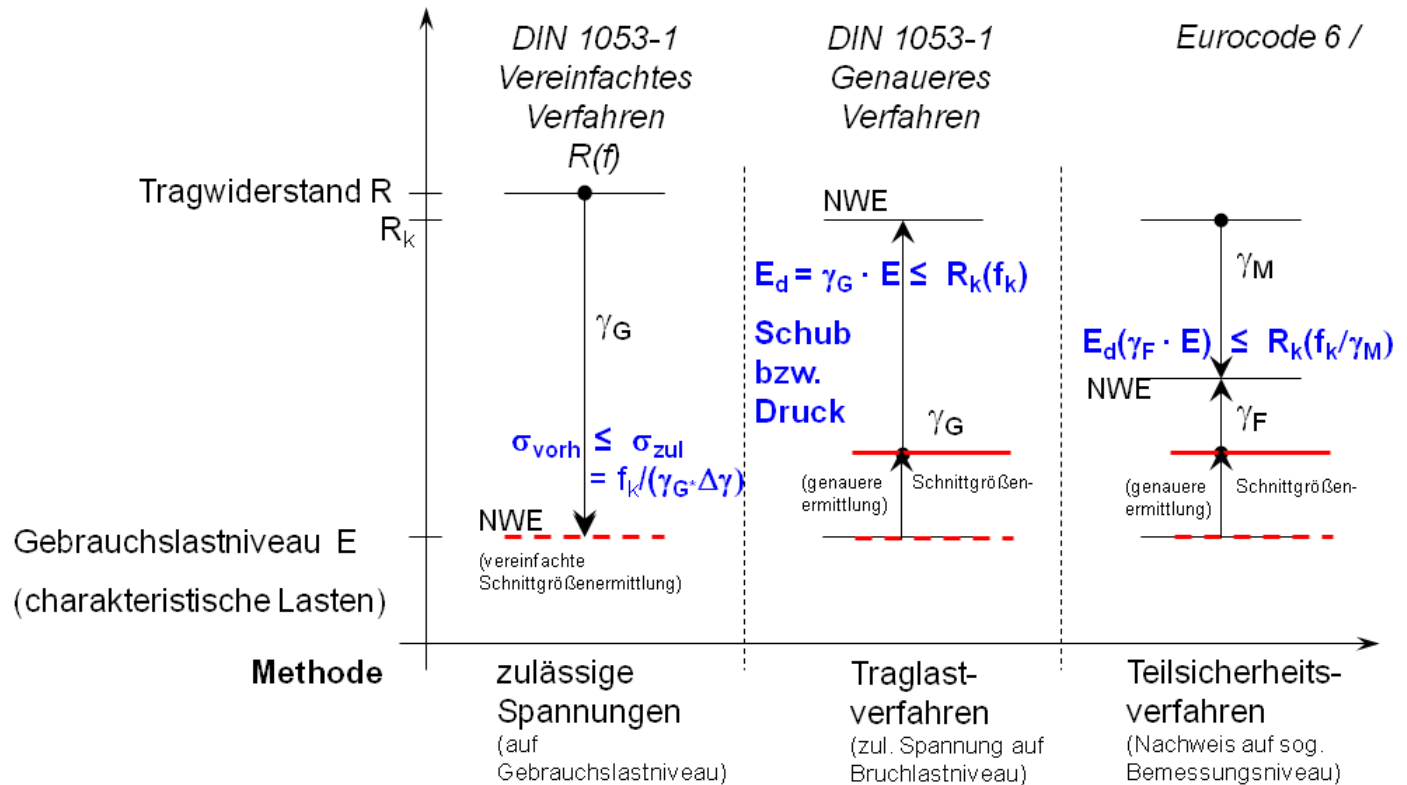
Sicherstellung der grundlegenden Vorgaben:



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

□ Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

- Übergang von **Spannungsnachweisen** (alte DIN1053-1: σ_0 -Werte)
zu **Bauteiltragfähigkeiten** (“ R_d ”-Bezeichnung)
- Nachweisebene = Bemessungsniveau (= “design”-Lastniveau)
- Modell für Bemessung enthält bereits Verhaltenseffekte bzw. Umrechnungen von Spannungen und Schnittgrößen



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Einwirkungsseite:

- Ermittlung vom Bemessungswerten (Index “ E_d ”)
 - Normalkraft mit /ohne Ausmitte : N_{Ed}
 - Scheibenbeanspruchung / Biegung: $M_{Scheibe,Ed}$
 - Plattenbeanspruchung (Ausfachungsmauerwerk) $M_{Platte, Ed}$
 - Schubbeanspruchung (Scheibe / Platte) : V_{Ed}



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Einwirkungsseite:


Teilsicherheitsbeiwerte:

- *Ständige und vorübergehende Bemessungssituation* (Standardfall):

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)

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

- Vereinfachter Ansatz bei Hochbauten mit StB-Decken und $q_k \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$ für Nachweis unter maximaler Normalkraft (Standardnachweis für MW unter Druck):



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

- Kellermauerwerk, windbeanspruchte Wände mit geringer Auflast und Schubwände auch für den Fall $N_{Ed, \min} = 1,0 \cdot N_{Gk}$ nachweisen!

Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Widerstandsseite:

abhängig von:

- Baustofffestigkeiten (charakteristische Festigkeiten, z.B. Druckfestigkeit f_k)
- Tragmodell für jeweilige Beanspruchungsart, z.B.
 - Normalkraftbeanspruchung mit /ohne Ausmitte
 - Scheibenbeanspruchung
 - Plattenbeanspruchung (dominierende Biegung)
 - Schubbeanspruchung (Scheibe oder Platte)



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Widerstandsseite:

- Teilsicherheitsbeiwerte

Mauerwerk (unbewehrt)	$\gamma_M = 1,5$
Bewehrtes Mauerwerk Bewehrungsstahl und Spannstahl Verankerung der Bewehrung	$\gamma_Q = 10,0$ (!)



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

$$E_d \leq R_d$$

Widerstandsseite:

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

- Druckfestigkeit

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

bei Pfeilern mit $A < 0,1 \text{ m}^2$ weitere Abminderung mit $(0,7 + 3 \cdot A)$

Forderung bei geteilten Steinen: 0,8

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

- Schubfestigkeit (Unterschied Scheiben- / Plattenschubfestigkeit)

$$f_{vd} = f_{vt} / \gamma_M$$

- Biegefestigkeit (Platten)

$$f_{xd} = f_{xt} / \gamma_M$$



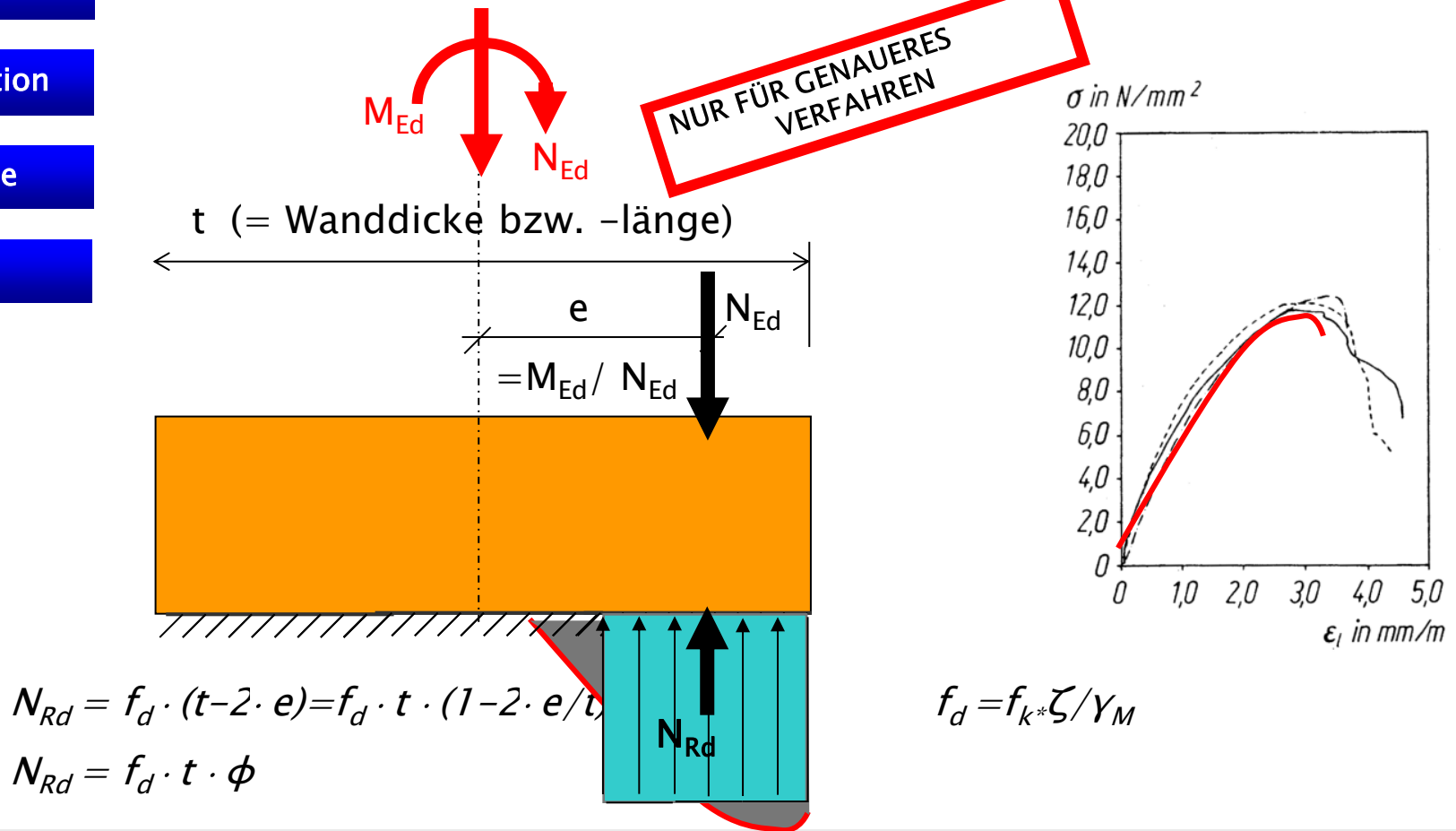
Sonderfall: Pfeiler

- Erhöhte Sicherheitsanforderungen aufgrund geringer Querschnittsfläche (fehlende Umlagerungsmöglichkeit, stärkere Auswirkung von Fehlstellen)
- Mindestwandquerschnitt: $0,04\text{m}^2$
- Modifikation der Druckfestigkeit bei Pfeilern mit $A < 0,1\text{m}^2$:
Abminderung mit 0,8
→ $f_d = 0,8 \cdot \zeta \cdot f_k / \gamma_M = f_k \cdot 0,8 \cdot 0,85 / 1,5 = f_k \cdot 0,45$
(im genaueren Verfahren: EC6-1-1
Abminderung mit $(0,7 + 3 \cdot A)$ möglich)



Eurocode 6: Teilsicherheitskonzept

Modellvostellung für das Verhalten von Mauerwerk unter exzentrischer Druckbeanspruchung M_{Ed} und N_{Ed} :



Vereinfachtes Verfahren (EC 6-3):

- Standardfall: auf Druck beanspruchte Querschnitte
- Sonderfälle:
 - Kellerwand (Nachweis über $N_{\min,erforderlich}$ und N_{\max})
 - winbeanspruchte tragende Wandbauteile mit geringer Druckkraft (Nachweis über $N_{\min,erforderlich}$)
 - Ausfachungsflächen (nicht-tragende Bauteile): tabellarisch
- Nicht im vereinfachten Verfahren behandelt:
 - Schubbeanspruchung (kombinierte M-N-V-Beanspruchung)
 - allgemeine Biegebeanspruchung (x- / y-Richtung)
 - Teilflächenbelastung
 - reduziertes Überbinaßmaß $\bar{u}/h < 0,4$

→ minimaler Aufwand im vereinfachten Verfahren:

▷ es ist nur die vorhandene Normalkraft im Querschnitt zu ermitteln ✓

Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6–3) – Standardfall: druckbeanspruchte Wandbauteile

- Nachweis per Hand durchführen! $N_{Ed} \leq N_{Rd}$
- Minimaler Aufwand: Keine Biegemomentbestimmung erforderlich
- Grenzen beachten: Deckenstützweite max. 6m
Überbindemaß $0,4 \cdot \text{Steinhöhe}$
Deckenauflagertiefe $a \geq t/2$
Wanddicken / Schlankheitsgrenzen: Tabelle

	Bauteil	Voraussetzungen			
		Wanddicke	lichte Wandhöhe	aufliegende Decke	
				Stützweite	Nutzlast ^a
<i>t</i> mm	<i>h</i> m	<i>l_f</i> m	<i>q_k</i> kN/m ²		
1	tragende Innenwände	≥ 115 < 240	$\leq 2,75$	$\leq 6,00$	≤ 5
2		≥ 240	---		
3	tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	$\geq 115^b$ $< 150^b$	$\leq 2,75$	$\leq 6,00$	≤ 3
4		$\geq 150^c$ $< 175^c$			
5		≥ 175 < 240			≤ 5
6		≥ 240	$\leq 12 t$		



Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6-3) – Standardfall: druckbeanspruchte Wandbauteile

- Nachweis per Hand durchführen! $N_{Ed} \leq N_{Rd}$
- am aufwändigsten ist die Lastermittlung

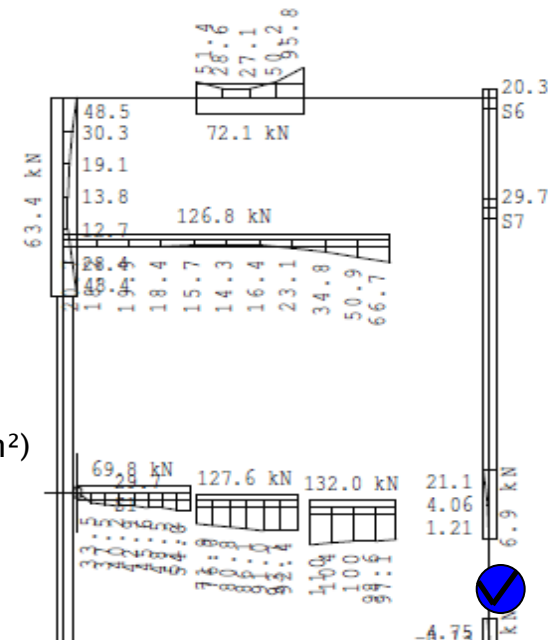
$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$$

- aus FE-Berechnungen: Ausgabe maximaler Auflagerkräfte
1,0-fach $\Sigma (N_{Gk} + N_{Qk})$
- Unterscheidung nach $N_{Gk} + N_{Qk}$?
- Vereinfachung:

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

(gilt für Hochbauten mit Betondecken und $q_k \leq 3 \text{ kN/m}^2$)

Überlagerung 1 "Charakteristisch"
Auflagerkräfte [kN/m] |
Maßstab 1 : 100



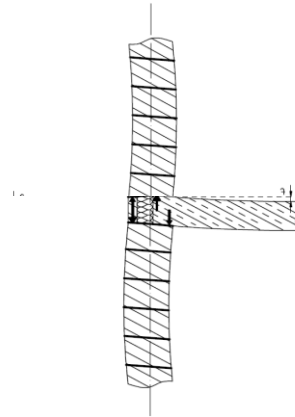
Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6-3) – Standardfall: druckbeanspruchte Wandbauteile

- Betrachtete Versagensmechanismen im vereinfachten Verfahren:

Deckeneinspannung

DIN 1053-1: k_3 -Faktor

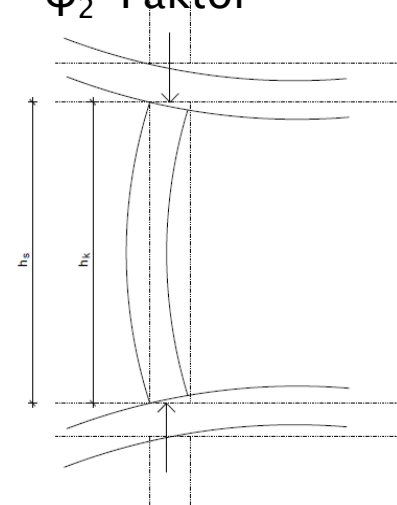
Eurocode 6-3: ϕ_1 -Faktor



Knicken

k_2 -Faktor

ϕ_2 -Faktor



Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6-3) - Standardfall: druckbeanspruchte Wandbauteile

Einwirkung: maximale Druckkraft N_{Ed} maßgebend:
 $N_{Ed} = 1,4 * (N_{Gk} + N_{Qk})$

Widerstand: $N_{Rd} = t * f_d * \min\{\Phi_1; \Phi_2\}$

Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit

$f_d = f_k * 0,85 / 1,5$

Deckeneinspannung

$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6m} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$ bei: $f_k \geq 1,8 N / mm^2$

$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{5m} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$ bei: $f_k < 1,8 N / mm^2$

$\Phi_1 = 0,33$ bei: *Dachdecken*

nur wenn Wand ein Endauflager einer Decke ist

Knicken

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

Knicklänge: h_{ef}
Wanddicke: t
Deckenauflagertiefe: a
Deckenstützweite: l_f

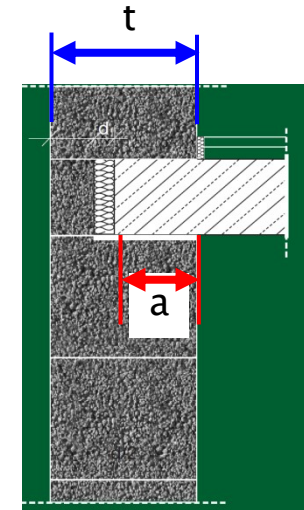
Nachweis: $N_{Ed} \leq N_{Rd}$



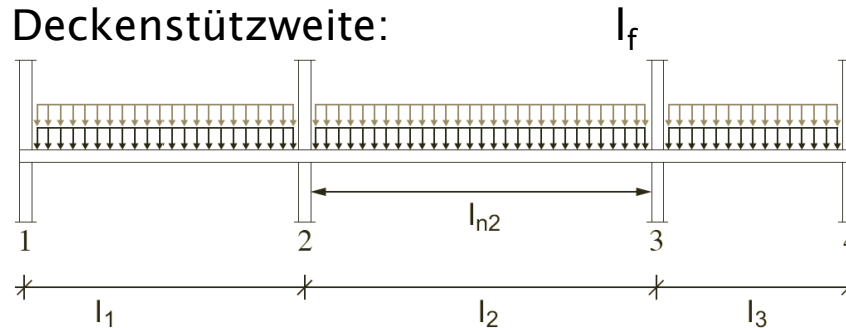
Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6-3) – Standardfall: druckbeanspruchte Wandbauteile

- Eingangsparemeter:

Wanddicke: t
 Deckenauflagertiefe: a
 ($a \geq t/2$, Empfehlung: $a = 2 \cdot t/3$)



Deckenstützweite:



(bei 2-achsig gespannten Decken:
 $l_f = \text{kürzere Deckstützweite}$)



Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6-3) – Standardfall: druckbeanspruchte Wandbauteile

- Eingangsparemeter:

Knicklänge: h_{ef}

Standardfall: 2-seitige Knickhalterung durch Massivdecke

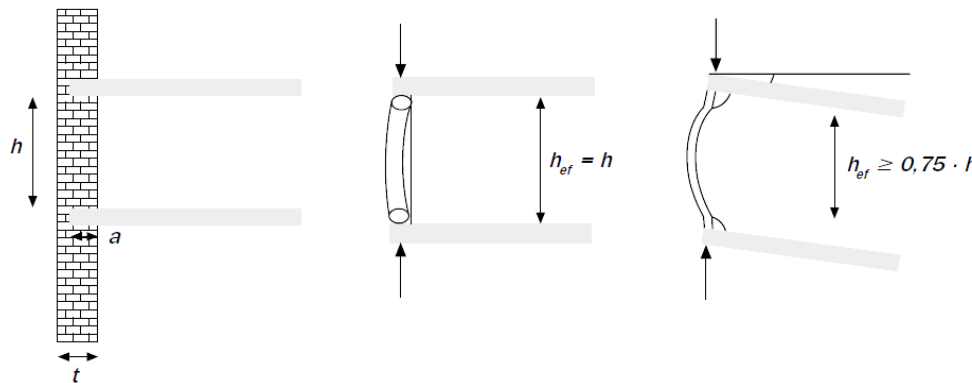
$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h \quad (h = \text{lichte Geschosshöhe})$$

hierbei:

$$\begin{aligned} t \leq 17,5 \text{ cm} &: \rho_2 = 0,75 \\ 17,5 \text{ cm} < t \leq 25 \text{ cm} &: \rho_2 = 0,90 \\ 25 \text{ cm} < t &: \rho_2 = 1,0 \end{aligned}$$

erfordert Mindestauflagertiefe a :

$$\begin{aligned} t < 24 \text{ cm} &: a = t \\ t \geq 24 \text{ cm} &: a \geq 17,5 \text{ cm} \end{aligned}$$



Baustoffe: Wahl des Systems

- Umstellung der Festigkeiten von σ_0 (DIN 1053-1) auf charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k (EC6)
- Normsteine (Auszug):
=> f_k aus Tabellen in Norm

Stein- sorte	Steindruck- festigkeits- klasse	Mörtelgruppe		
		II	IIa	III, IIIa
		f_k N/mm ²		
Hbl, Hbn	2	1,4	1,5	1,7
	4	2,2	2,4	2,6
	6	2,9	3,1	3,3
	8	2,9	3,7	4,0
	10	2,9	4,3	4,6
	12	2,9	4,8	5,1
V, Vbl	2	1,5	1,6	1,8
	4	2,5	2,7	3,0
	6	3,4	3,7	4,0
	8	3,4	4,5	5,0
	10	3,4	5,4	5,9
	12	3,4	6,1	6,7
	16	3,4	6,1	8,3
	20	3,4	6,1	9,8



Baustoffe: Wahl des Systems

- Zulassungsgeregelte Steine :
 f_k -Werte aus Zulassung
- Beispiel: KLB-Großformate /
Planelemente KLBQUADRO (Z 17.1-852)



SFK	2	4	6	12	20
alt: σ_0 [MN/m ²]	0,6	1,0	1,4	2,2	3,2
neu: f_k [MN/m ²]	1,6	3,1	4,3	6,3	10



Weitere Vereinfachung: Stark Vereinfachtes Verfahren (EC6-3, Anhang A) (neue A2-Änderung : August 2014)

- Weitere Vereinfachung des Nachweises druckbespruchter Wände
- Anwendungsgrenzen (zusätzlich zu denen des vereinf. Verf.):
 - max. 3 Geschosse über GOK mit lichten Geschosshöhen $h \leq 3\text{m}$
 - Gebäudehöhe $< 3 \cdot \text{Gebäudebreite}$
 - max. Schlankheit 21
 - bei teilauf liegender Decke: Wanddicke $t_{\min} = 36,5\text{cm}$
 - Deckenauf lagertiefe $a \geq t \cdot 2/3 \geq 8,5\text{cm}$
- Nachweis: $N_{Rd} = c_A \cdot A \cdot f_d \geq N_{Ed}$

$$c_A = 0,5 \quad \text{für} \quad h_{ef} / t_{ef} \leq 18$$

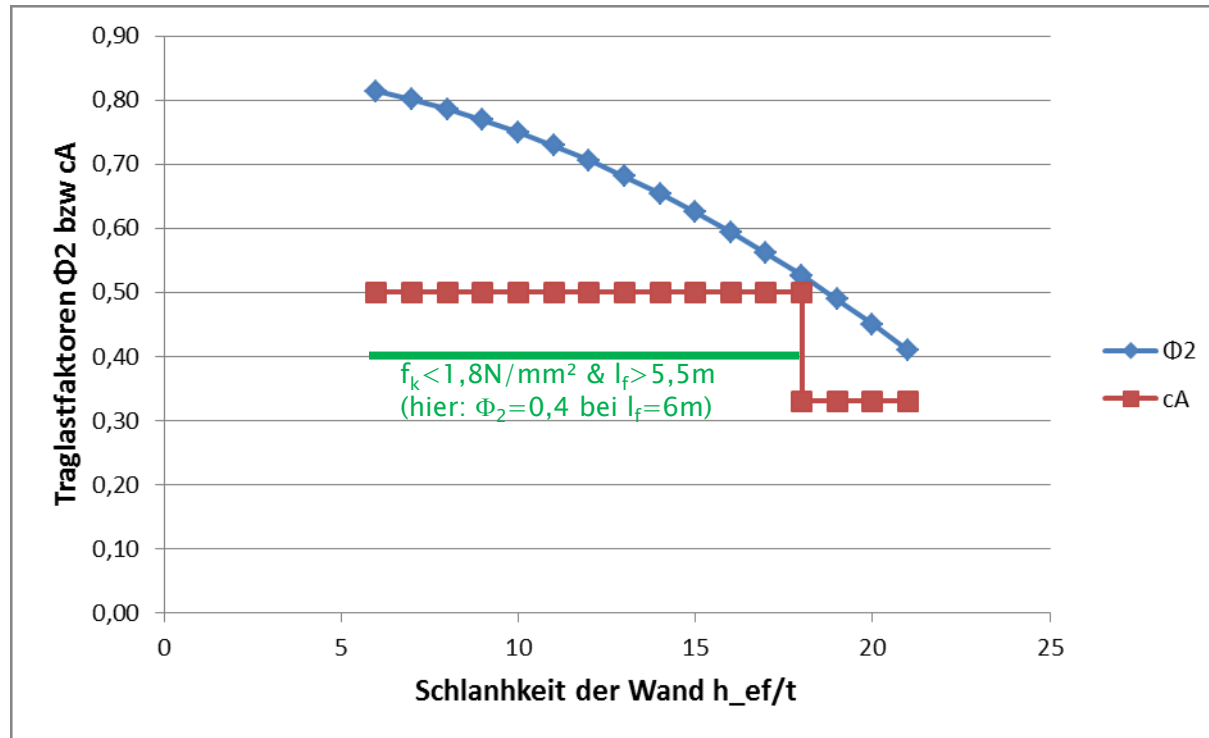
$$c_A = 0,4 \quad \text{für} \quad h_{ef} / t_{ef} \leq 18 \quad f_k < 1,8\text{N/mm}^2 \quad \text{und} \quad l_f > 5,5\text{m}$$

$$c_A = 0,33 \quad \text{für} \quad 18 < h_{ef} / t_{ef} \leq 21 \quad \& \quad \text{Endauflager bei Dachdecken}$$



Weitere Vereinfachung: Stark Vereinfachtes Verfahren (EC6-3, Anhang A) (neue A2-Änderung : August 2014)

Bemessung:
$$N_{Rd} = c_A \cdot A \cdot f_d \geq N_{Ed}$$



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

Fazit

Nachweis im vereinfachten Verfahren (EC 6-3) – Broschüre



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

Fazit

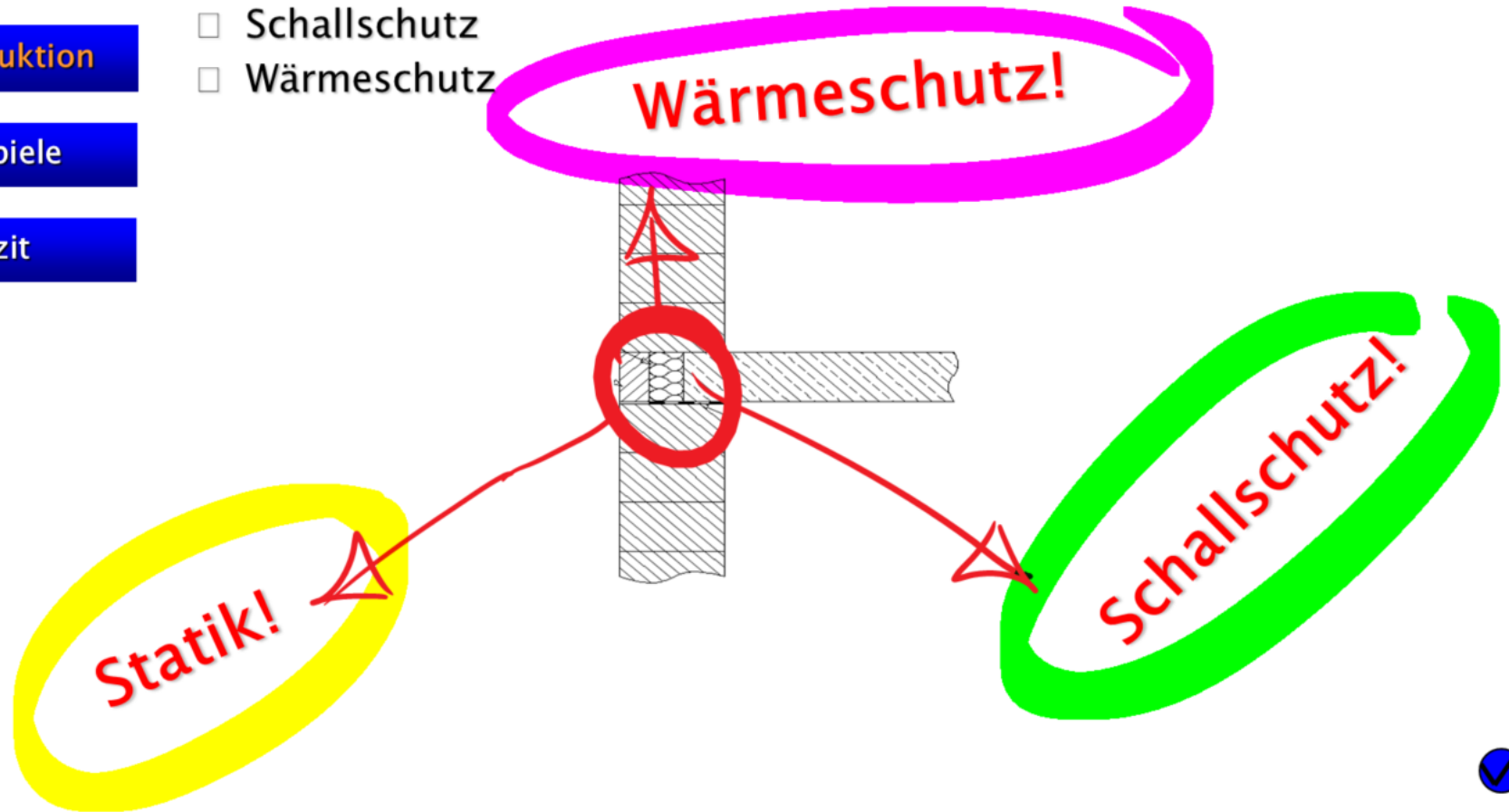
Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

- Lastabtragung (Normalkraft, Horizontallasten)
- Entkopplung von Schwind- und Kriechverformungen der Decke
- Schallschutz
- Wärmeschutz



Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

- Lastabtragung (Normalkraft, Horizontallasten)
- Entkopplung von Schwind- und Kriechverformungen der Decke
- Schallschutz
- Wärmeschutz



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

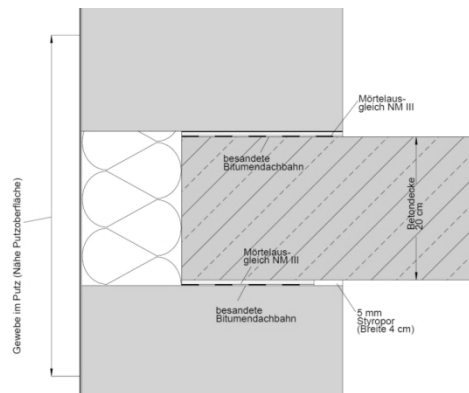
Konstruktion

Beispiele

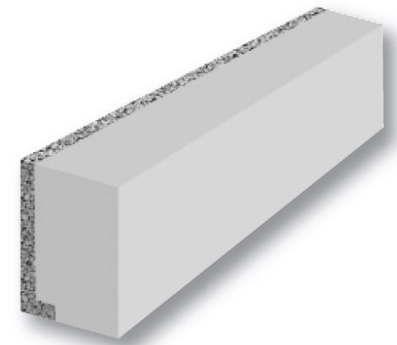
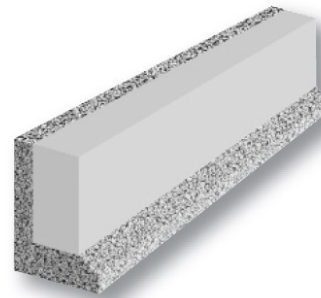
Fazit

Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

□ Variante Stirndämmung:



□ Variante Abmauerung:



Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

- Einfluss der Auflagertiefe „a“ auf die Tragfähigkeit der Wand
- *Vereinfachtes Verfahren* nach Eurocode 6-3
- Norm fordert:
 $a \geq t/2$ (Sonderfall: $t = 36,5\text{cm}$: $a \geq 17,5\text{cm}$)
- **Empfehlung:** $a = 2/3 * t$

Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

- Einfluss der Auflagertiefe „a“ auf die Tragfähigkeit der Wand
- Vereinfachtes Verfahren nach Eurocode 6-3

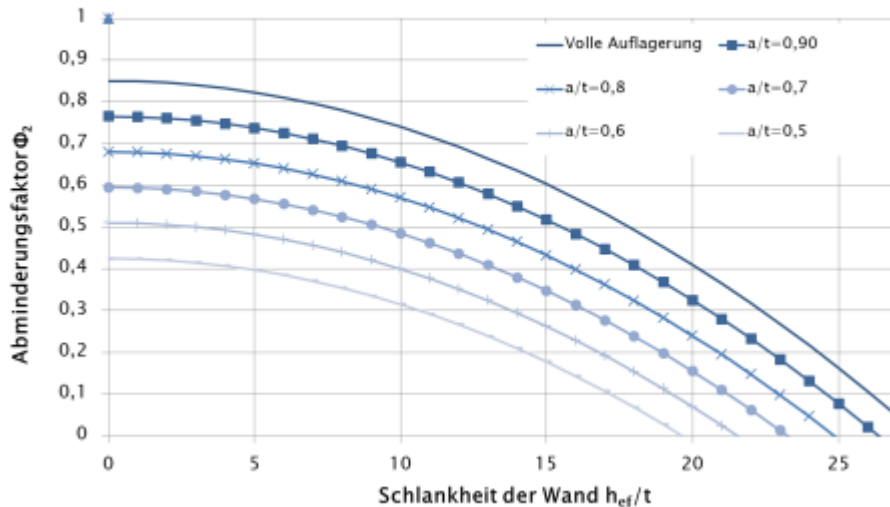
Knicken:

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

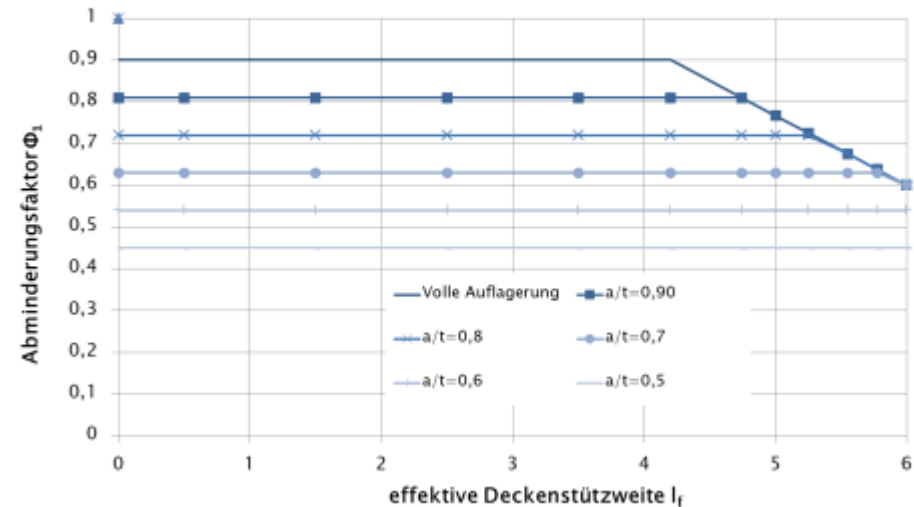
Deckenverdrehung:

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6m} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

Abminderungsfaktor Φ_2 infolge Knickgefahr bei Wänden mit teilweise aufliegenden Decken (vereinf. Verf. Eurocode 6-3 / NA)



Abminderungsfaktor Φ_1 infolge Deckeneinspannung bei Wänden mit teilweise aufliegenden Decken (vereinf. Verf. EC 6-3 / NA)



Einführung

Sicherheitskonzept

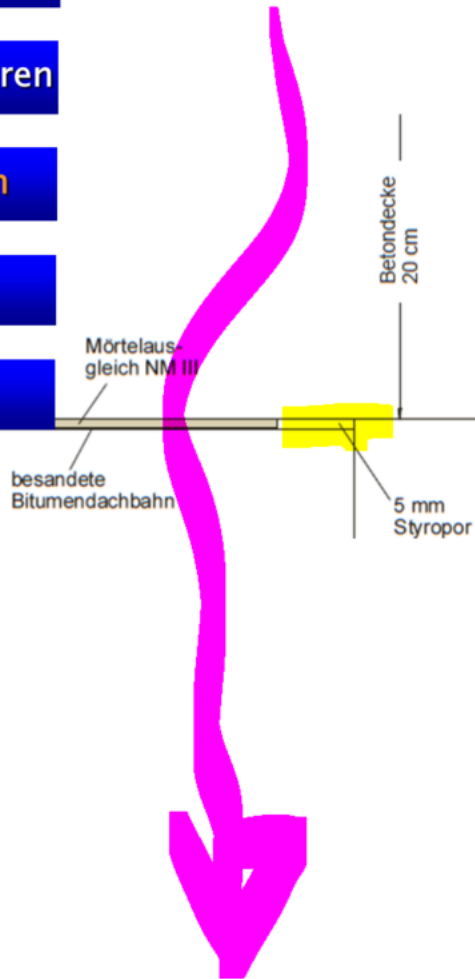
Vereinf. Verfahren

Konstruktion

Beispiele

Fazit

Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

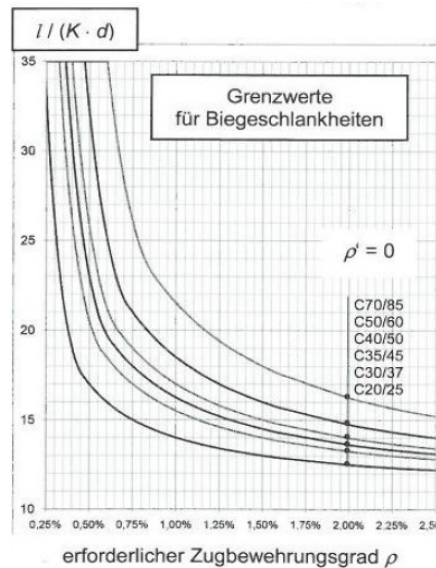


- Lastfreistreifen nur in oberen 1 bis max. 2 Geschossen anordnen
- Nicht im Bereich von hohen Druckkräften anordnen!!



Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

- auf ausreichende Deckendicke achten:
neue Biegeschlankheitskriterien nach Eurocode 2 beachten!
- Empfehlung: Deckendicke mindestens 20cm (Schallschutz!)
- Nicht an Beton "sparen"!



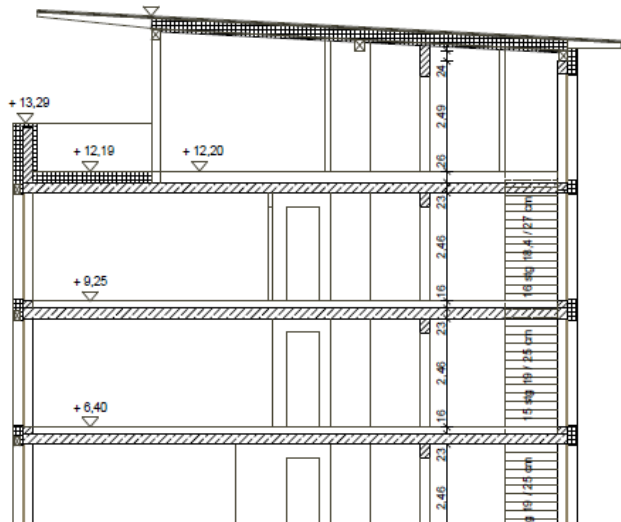
Konstruktion: Wand-Decken-Knoten

- auf ausreichende Deckendicke achten:
 - neue Biegeschlankheitskriterien nach Eurocode 2 beachten!
- Empfehlung: Deckendicke mindestens 20cm (Schallschutz!)
- Nicht an Beton “sparen“!
- Auflagertiefe je nach vorliegender Geschossbelastung anpassen:
 - obere zwei Geschosse: Lastfreistreifen ($a > t/2$)
 - darunter (mittleres Lastniveau): $a = 2/3 * t$
 - Bereiche mit sehr hoher Last: $a > 2 * t/3$



Sonderfall: Dachgeschoss mit geringen Druckkräften aus der Dachkonstruktion

- Problematik: Horizontallasten (Wind oder Zwang aus Kriechen, Schwinden)
- Aufnahme der Lasten durch auskragende / frei stehende Mauerwerkswände prüfen



Sonderfall: Dachgeschoss mit geringen Druckkräften aus der Dachkonstruktion

- Nachweis mit der Gleichung Mindestauflast (auch nach alter Norm):

$$N_{hm} \geq \frac{3 \cdot q_{Ewd} \cdot h^2 \cdot b}{16 \cdot \left(a - \frac{h}{300}\right)}$$

Dabei ist:

h die lichte Geschosshöhe

q_{Ewd} der Bemessungswert der Windlast je Flächeneinheit

N_{hm} der Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in Wandhöhenmitte im betrachteten Geschoss

b die Breite, über die die vertikale Belastung wirkt

a die Deckenauflagertiefe



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

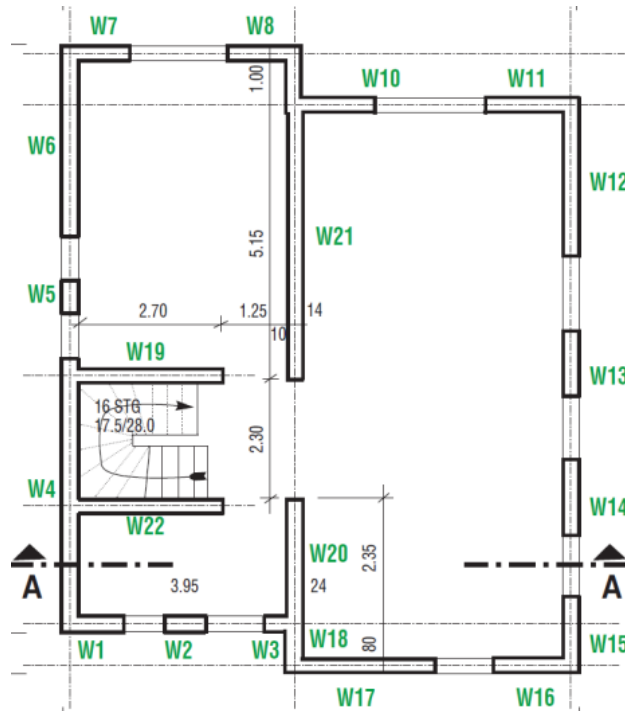
Konstruktion

Beispiele

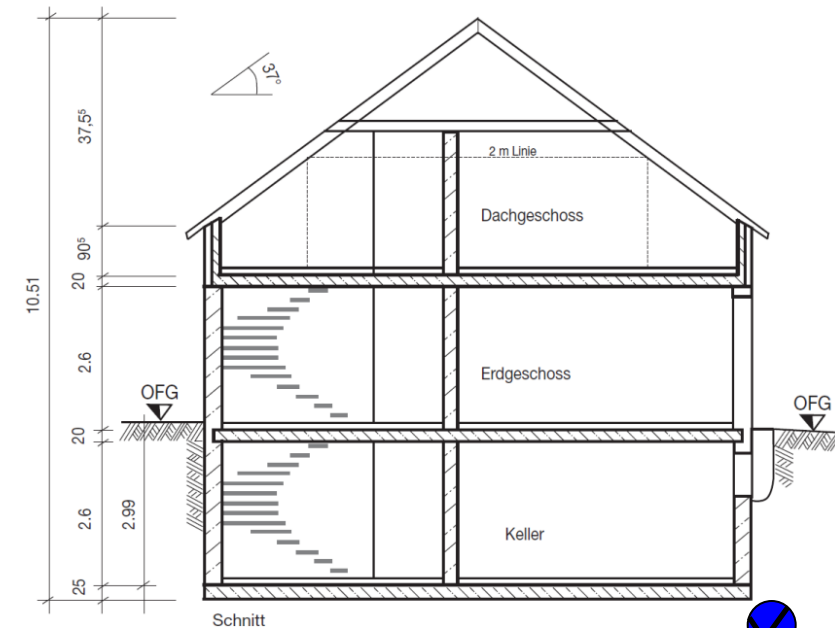
Fazit

Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

□ Übersicht



Bemessungsbeispiel Einfamilienhaus



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

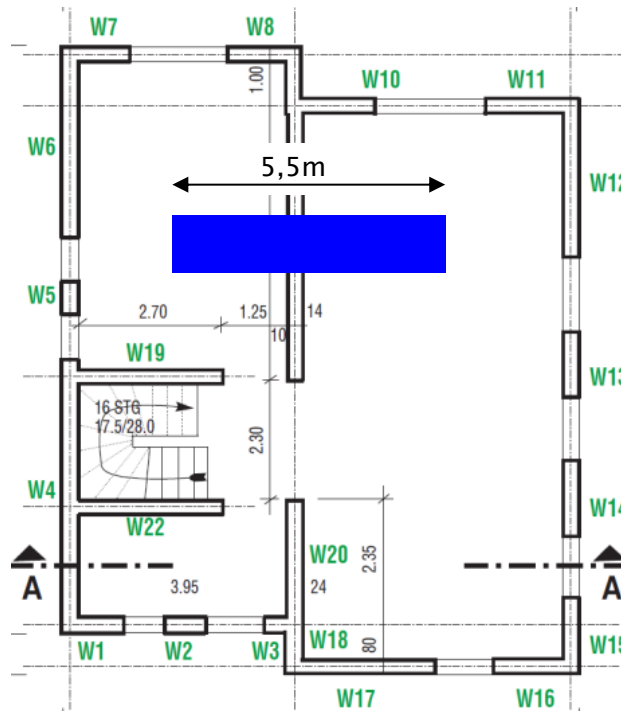
Konstruktion

Beispiele

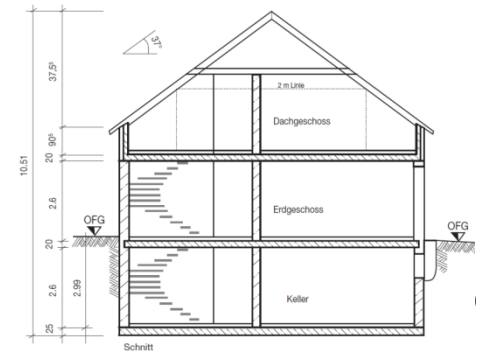
Fazit

Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Lastermittlung Innenwand W 21



W21	g_k [kN/m ²]	q_k [kN/m ²]	Einzugs- breite [m]	g_k [kN/m]	q_k [kN/m]
Dach	0,8	2	5,5	4,4	11
EG-Decke	6	1,5	5,5	33	8,3
KG-Decke	6	1,5	5,5	33	8,3
Wand	4	Höhe [m]:	7,4	29,6	
Summe (charakteristische Lasten) [kN/m]				99,9	27,7
getrennte Teilsicherheitsfaktoren: γ				1,35	1,5
Bemessungswert [kN/m]				176,4	
gleicher Teilsicherheitsfaktor für g und q: γ				1,4	
Bemessungswert [kN/m]				178,6	



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

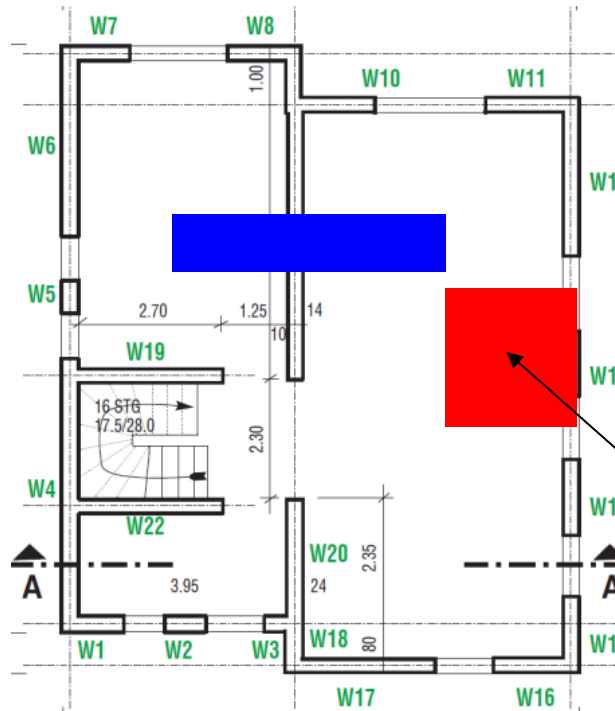
Konstruktion

Beispiele

Fazit

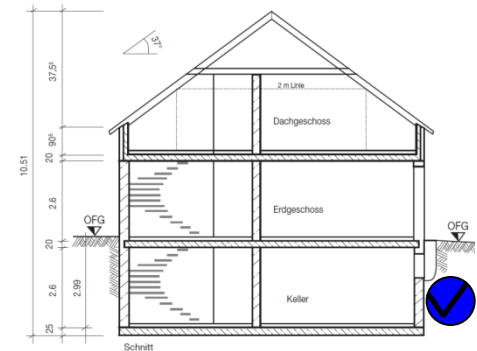
Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Lastermittlung Außenwand W13



W13	g_k [kN/m ²]	q_k [kN/m ²]	Einzugs- fläche [m ²]	g_k [kN/m]	q_k [kN/m]
Dach	0,8	1,5	6,2	4,96	9,3
EG-Decke	6	1,5	6,6	39,6	9,9
KG-Decke	6	1,5	6,6	39,6	9,9
Wand	2,8	Höhe [m]:	5,8	16,5	
Summe (charakteristische Lasten) [kN/m]				100,4	29,1
getrennte Teilsicherheitsfaktoren: γ				1,35	1,5
Bemessungswert [kN/m]				179,2	
gleicher Teilsicherheitsfaktor für g und q: γ					1,4
Bemessungswert [kN/m]				181,3	

Lasteinzugs-
fläche 6,6m²



Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Bemessung Innenwand W21:
- $t=17,5\text{cm}$, KLB Planvollblock 6/DM
→ $f_k = 4,3 \text{ N/mm}^2$, $f_d = 4,3 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,85/1,5 = 2,44 \text{ N/mm}^2$

Knicklänge: $h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0,75 \cdot 2,6\text{m} = 1,95\text{m}$

→ Schlankheit: $\lambda = h_{ef}/t = 1,95\text{m}/0,175\text{m} = 11,1$

- Stark vereinfachtes Verfahren: $c_A = 0,5$ (da $\lambda \leq 18$ und $f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2$)
- Vereinfachtes Verfahren: $\Phi = \Phi_1 = 0,85 - 0,0011 \cdot (11,1)^2 = 0,71$
- $N_{Rd, \text{Stark vereinfachtes Verfahren}} = 0,5 \cdot 0,175\text{m} \cdot 2,44 \text{ N/mm}^2 = 213 \text{ kN/m}$
- $N_{Rd, \text{vereinfachtes Verfahren}} = 0,71 \cdot 0,175\text{m} \cdot 2,44 \text{ N/mm}^2 = 302 \text{ kN/m}$
- Nachweis: $N_{Ed} = 176,4 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 213 \text{ kN/m}$ (bzw. 302 kN/m)



Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Bemessung Außenwand W13:
- Superdämmblock SW1 (2/DM) (abZ 17.1-730)
 $t=42,5\text{cm}$, Deckenauflagertiefe $a=2 \cdot t/3=28,3\text{cm}$
 $\rightarrow f_k = 1,5\text{N/mm}^2$, $f_d=1,5\text{ N/mm}^2 \cdot 0,85/1,5=0,85\text{N/mm}^2$

Steindruckfestigkeitsklasse	Steinsorte		
	Superdämmblöcke SW1 Z-17.1-730	Wärmedämmblöcke W3 Z-17.1-766	Planvollblöcke Z 17.1-459
	f_k N/mm ²		
2	1,5	1,3	-
4	2,7	2,1	-
6	3,8	2,6	4,3
12	-	-	6,9
20	-	-	10,0



Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Bemessung Außenwand W13:
- Superdämmblock SW1 (2/DM) (abZ 17.1-739)
 $t=42,5\text{cm}$, Deckenauflagertiefe $a=2 \cdot t/3=28,3\text{cm}$
 $\rightarrow f_k = 1,5\text{N/mm}^2$, $f_d=1,5\text{ N/mm}^2 \cdot 0,85/1,5=0,85\text{N/mm}^2$

Knicklänge: $h_{ef}=h=2,6\text{m}$ \rightarrow Schlankheit: $\lambda = h_{ef}/t=2,6\text{m}/0,425\text{m}=6,1$

- Stark vereinfachtes Verfahren: $c_A=0,5$ (da $l_f < 5,5\text{m}$)
- Vereinfachtes Verfahren: $\Phi_1=0,85 \cdot 28,3/42,5 - 0,0011 \cdot (6,1)^2 = \underline{0,52}$
 $\Phi_2 = \min\{1,6 - 5,2\text{m}/5\text{m}; 0,9 \cdot 28,3/42,5\}$
 $\Phi_2 = \min\{0,56; 0,6\} = 0,6$
- $N_{Rd, \text{Stark vereinfachtes Verfahren}} = 0,5 \cdot 0,425\text{m} \cdot 0,85\text{N/mm}^2 = 181\text{kN/m}$
- $N_{Rd, \text{vereinfachtes Verfahren}} = 0,52 \cdot 0,425\text{m} \cdot 0,85\text{N/mm}^2 = 188\text{kN/m}$
- Nachweis: $N_{Ed}=179,2\text{ kN/m} < N_{Rd}=181\text{kN/m}$ (bzw. 188kN/m)



Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Bemessung Außenwand W13: Alternativen: Kalopor (SFK4) abZ 17.1.959 oder ISOSTAR (SFK4) abz. 17-1-1075)



$$\begin{aligned} \rightarrow f_k &= 1,7\text{N/mm}^2, \\ f_d &= 1,7\text{N/mm}^2 \cdot 0,85/1,5 \\ &= 0,96\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \rightarrow f_k &= 1,8\text{N/mm}^2, \\ f_d &= 1,8\text{N/mm}^2 \cdot 0,85/1,5 \\ &= 1,02\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

Steindruckfestigkeitsklasse	Steinsorte					
	Hohlblöcke Z-17.1-797		Kalopor Z-17.1-959	Kalopor Ultra Z-17.1-1020	ISOSTAR Z-17.1-1075	SK 08/09 Z-17.1-1078
	Typ I	Typ II				
	f_k in N/mm ²					
2	1,6	1,4	0,9	0,9	1,1	1,0 ²⁾
4	2,5	2,2	1,7	-	1,7 ¹⁾	-
6	3,2	2,9	-	-	-	-
8	3,9	3,5	-	-	-	-
12	4,3	4,0	-	-	-	-

Tabelle 7a: Charakteristische Druckfestigkeit f_k in

¹⁾ für Mauerwerk der Wanddicke 42,5 cm gilt 1,8 MN/m²



Bemessungsbeispiel nach Stark Vereinfachtem Verfahren (EC6-3, Anhang A): Einfamilienhaus mit KG / EG / DG

- Bemessung Außenwand W13: Alternativen:
Kalopor (SFK4) abZ 17.1.959 oder ISOSTAR (SFK4) abz. 17-1-1075)



□ $N_{Rd, \text{Stark vereinfachtes Verfahren}} =$
 $0,5 \cdot 0,425\text{m} \cdot 0,96\text{N/mm}^2$
 $= 204\text{kN/m}$

□ $N_{Rd, \text{vereinfachtes Verfahren}} =$
 $0,521 \cdot 0,425\text{m} \cdot 0,96\text{N/mm}^2$
 $= 212\text{kN/m}$

□ Nachweis:
 $N_{Ed} = 179,2\text{kN/m} < N_{Rd} = 204\text{kN/m}$
 (bzw. 212kN/m)

□ $N_{Rd, \text{Stark vereinfachtes Verfahren}} =$
 $0,5 \cdot 0,425\text{m} \cdot 1,02\text{N/mm}^2$
 $= 217\text{N/m}$

□ $N_{Rd, \text{vereinfachtes Verfahren}} =$
 $0,521 \cdot 0,425\text{m} \cdot 1,02\text{N/mm}^2$
 $= 226\text{kN/m}$

□ Nachweis:
 $N_{Ed} = 179,2\text{kN/m} < N_{Rd} = 217\text{kN/m}$
 (bzw. 226kN/m)



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

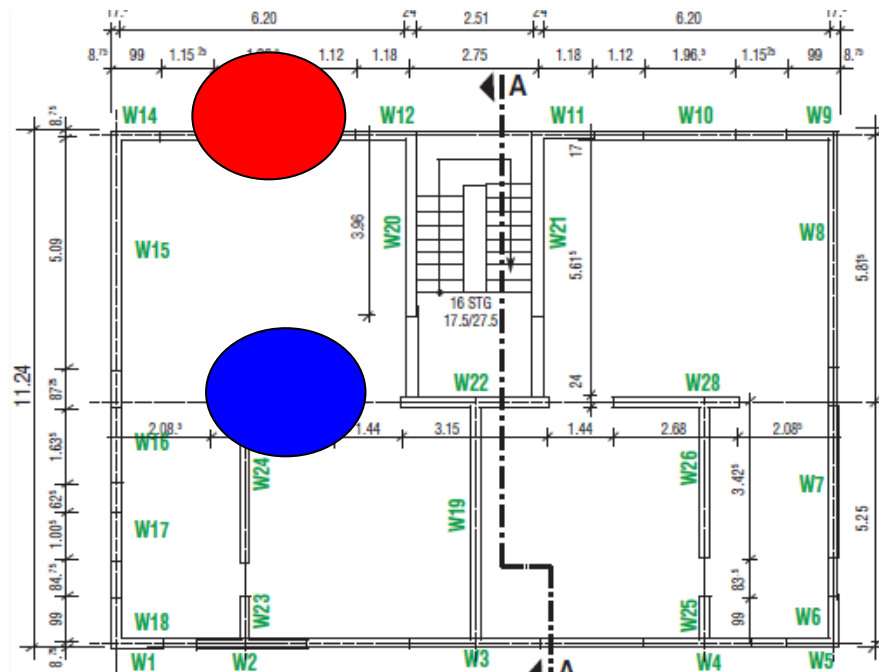
Konstruktion

Beispiele

Fazit

Bemessungsbeispiel nach Vereinfachtem Verfahren (EC6-3): Mehrfamilienhaus: EG + 4 Obergeschosse

- Baustoff: KLBQUADRO SFK20, Dünnbettmörtel (abZ 17.1-852)
- Außenwand W13: $t=17,5\text{cm}$
- Innenwand W27: $t=24\text{cm}$



Einführung

Sicherheitskonzept

Vereinf. Verfahren

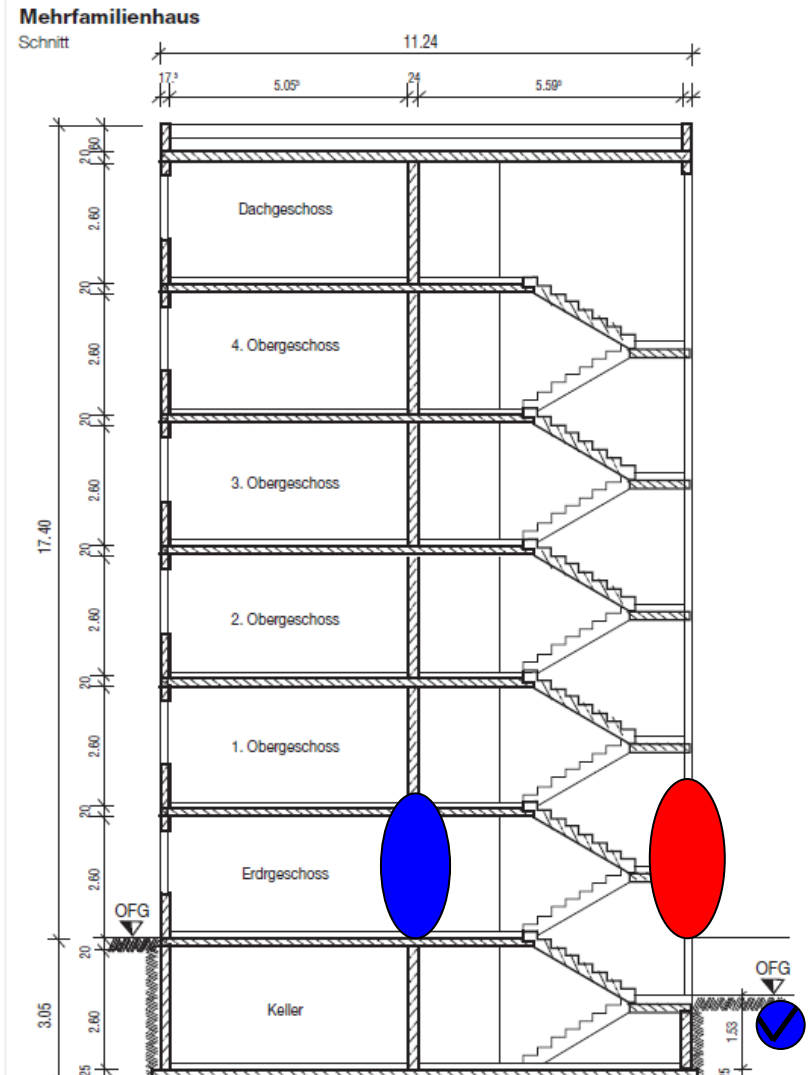
Konstruktion

Beispiele

Fazit

Bemessungsbeispiel nach Vereinfachtem Verfahren (EC6-3): Mehrfamilienhaus

- Schnittgrößen
- Bemessung
- Außenwand W13: ●
- Innenwand W27: ●

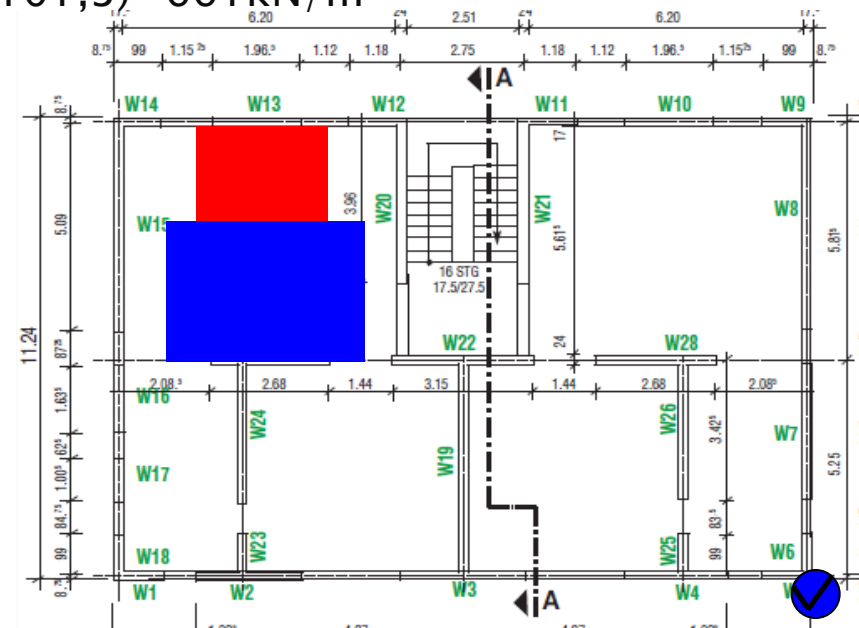


Bemessungsbeispiel nach Vereinfachtem Verfahren (EC6-3): Mehrfamilienhaus: EG + 4 Obergeschosse

□ Einwirkungen:

● W13: $N_{gk} = 231,3 \text{ kN/m}$, $N_{qk} = 49,9 \text{ kN/m}$
 $\Rightarrow N_{Ed} = 1,4 \cdot (231,3 + 49,9) = 394 \text{ kN/m}$

● W27: $N_{gk} = 370,7 \text{ kN/m}$, $N_{qk} = 101,3 \text{ kN/m}$
 $\Rightarrow N_{Ed} = 1,4 \cdot (370,7 + 101,3) = 661 \text{ kN/m}$

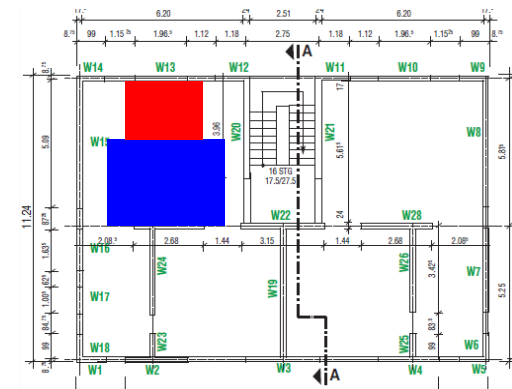


Bemessungsbeispiel nach Vereinfachtem Verfahren (EC6-3): Mehrfamilienhaus: EG + 4 Obergeschosse

□ Bemessung:

□ W27: $t=24\text{cm}$, Deckenauflagertiefe $a=t$
 Knicklänge: $h_{\text{ef}}=\rho_2 \cdot h=0,9 \cdot 2,6\text{m}=2,34\text{m}$
 \rightarrow Schlankheit: $\lambda=h_{\text{ef}}/t=2,34\text{m}/0,24\text{m}=9,75$
 $\Phi=\Phi_1=0,85-0,0011 \cdot (9,75)^2=0,74$
 $N_{\text{Rd}}=0,74 \cdot 0,24\text{m} \cdot 5,67\text{N/mm}^2=1014\text{kN/m} \geq N_{\text{Ed}}=661\text{kN/m}$

□ W13: $t=17,5\text{cm}$, Deckenauflagertiefe $a=t$
 Knicklänge $h_{\text{ef}}=\rho_2 \cdot h=0,75 \cdot 2,6\text{m}=1,95\text{m}$
 \rightarrow Schlankheit: $\lambda=h_{\text{ef}}/t=1,95\text{m}/0,175\text{m}=11,1$
 Deckenstützweite $l_f=5,8\text{m}$
 $\Phi_1=0,85-0,0011 \cdot (11,1)^2=0,71$
 $\Phi_2=\min\{1,6-5,8\text{m}/6\text{m}; 0,9 \cdot 0,175/0,175\}$
 $\Phi_2=\min\{0,63; 0,9\} = \mathbf{0,63}$
 $N_{\text{Rd}}=0,63 \cdot 0,175\text{m} \cdot 5,67\text{N/mm}^2=625\text{kN/m} \geq N_{\text{Ed}}=394\text{kN/m}$



Zusammenfassung

- Anforderungen: Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit
- Konstruktion: Wand-Decken-Knoten → Ausbildung Detail
- Nachweise nach dem vereinfachten Verfahren von Eurocode 6, Teil 3 einfach und schnell führbar
- Stark vereinfachtes Verfahren für einfache Gebäude und für Vorbemessung geeignet



**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**