

Prof. Dr.-Ing. Alexander Stahr
Holz- und Mauerwerksbau
Modul 4100 | Bachelor of Science

Mauerwerksbau

Inhalte

1. Einführung
2. Baustoffe
 - 2.1 Mauersteine
 - 2.2 Mauermörtel
 - 2.3 Putze
3. Entwurf und Konstruktion
 - 3.1 Grundriss und Raumstrukturen
 - 3.2 Mauerwerksverbände
 - 3.3 Wandarten
 - 3.4 Schlitze und Aussparungen
 - 3.5 Bewehrtes Mauerwerk
4. Bemessung nach EC 6
 - 4.1 Grundlagen
 - 4.2 Stark vereinfachtes Verfahren
 - 4.3 Vereinfachtes Verfahren
 - 4.4 Bemessung von Kelleraußenwänden
 - 4.4 Genaueres Verfahren

2. Baustoffe

2.1 Mauersteine

Mauerziegel

24



Zusammensetzung: Lehm, Ton, Wasser, Zusätze

Konsistenz Rohmasse: plastisch

Formgebung: Strang, Schneiden

Härtung: Brennen (ca. 1000 °C)

Formate: DF bis 20 DF (490 x 300 x 238 mm)

Planelemente bis: 498 x 240 x 499 mm

Rohdichteklasse: $\rho_N = 0,55 \dots 2,4 \text{ kg/dm}^3$

Druckfestigkeitsklasse: $\beta_N = 4 \dots 28 \text{ N/mm}^2$

Kurzbezeichnungen (Auswahl)

Mz	Mauerziegel
HLz	Hochlochziegel
WDz	Wärmedämmziegel
VMz	Vormauer-Vollziegel
KMz	Vollklinker

DIN EN 771-1 (05.2005): Mauerziegel (→ Steinnorm)
in Verbindung mit

DIN V 20000-401: Mauerziegel (→ Anwendungsnorm)



Zusammensetzung: Kalk, Sand, Wasser (MV: 1:12)

Konsistenz Rohmasse: erdfeucht

Formgebung: Pressen in Steinform

Härtung: Dampfhärtung (ca. 200 °C)

Formate: DF bis 998/365/623

Rohdichteklasse: $\rho_N = 1,20 \dots 2,20 \text{ kg/dm}^3$

Druckfestigkeitsklasse: $\beta_N = 12 \dots 20 \text{ N/mm}^2$

Kurzbezeichnungen (Auswahl)

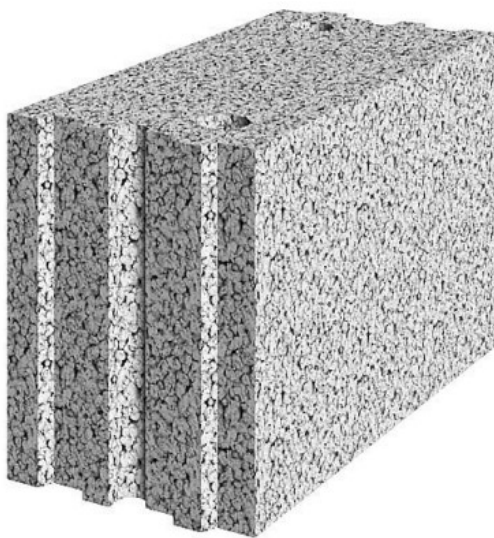
KS	Voll- und Blocksteine
KSL	Loch- und Hohlblocksteine
KSVm	KS- Vormauersteine
KSVb	KS- Verblender
KSVm	L KS- Vormauersteine
KSVb	L KS- Verblender

DIN EN 771-2 (05.2005): Kalksandsteine (→ Steinnorm)
in Verbindung mit

DIN V 20000-402: Mauerziegel (→ Anwendungsnorm)

Quelle: <http://www.ziegelzentrumsued.de>

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Zusammensetzung: hydraulische Bindemittel, Zuschlag,
Wasser, Zusätze

Konsistenz Rohmasse: steif

Formgebung: Rütteln in Steinform

Härtung: Lufthärtung

Formate: DF bis 24 DF

Rohdichteklasse: $\rho_N = 0,40 \dots 2,4 \text{ kg/dm}^3$

Druckfestigkeitsklasse: $\beta_N = 2 \dots 48 \text{ N/mm}^2$

Kurzbezeichnungen (Auswahl)

V	Vollsteine aus Leichtbeton
Vbl	Vollblöcke aus Leichtbeton
Vn	Vollsteine aus Beton
Vbn	Vollblöcke aus Beton
Hbn	Hohlblöcke aus Beton

DIN EN 771-3 (05.2005): Mauersteine aus Beton (→ Steinnorm)
in Verbindung mit

DIN V 20000-403: Mauersteine aus Beton (→ Anwendungsnorm)

Quelle: KLB Klimaleichtblock

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Zusammensetzung: Kalk, Zement, Quarzmehl, Porenbildner (Aluminiumpulver), Wasser

Konsistenz Rohmasse: flüssig

Formgebung: Schneiden

Härtung: Dampfhärtung (ca. 200 °C)

Formate: 2DF bis 1499/500/624

Rohdichteklasse: $\rho_N = 0,35 \dots 0,80 \text{ kg/dm}^3$

Druckfestigkeitsklasse: $\beta_N = 2 \dots 8 \text{ N/mm}^2$

Kurzbezeichnungen (Auswahl)

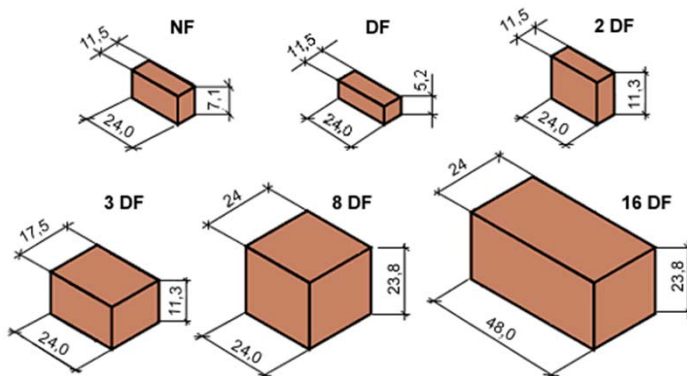
- PB Porenbeton-Blocksteine
- PP Porenbeton-Plansteine

DIN EN 771-4 (05.2005): Porenbetonsteine (→ Steinnorm)
in Verbindung mit

DIN V 20000-404: Mauersteine aus Beton (→ Anwendungsnorm)

Quelle: fotolia.de

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Oktametersystem

→ Grundraster: 12,5 cm

Schichhöhe = Steinhöhe + Fuge

Dicke der Lagerfuge:

- Normal- u. Leichtmörtel: 12 mm
- Dünnbettmörtel: 1 ... 3 mm

Nach der **Höhe** werden unterschieden:

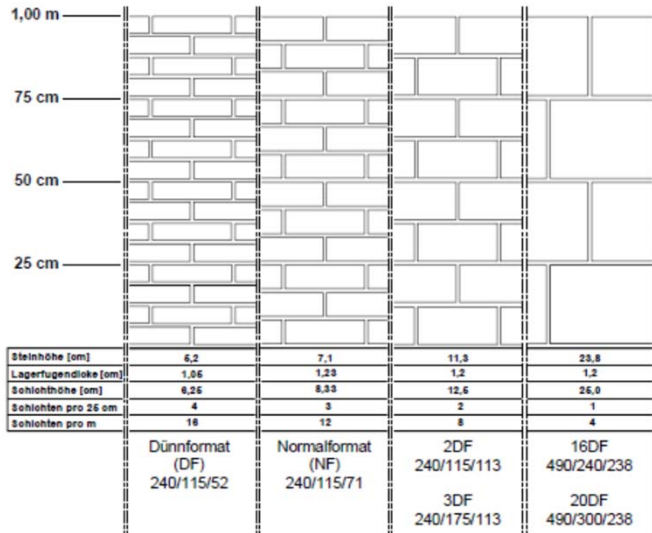
- Steine: $h \leq 125 \text{ mm}$
- Blöcke oder Blocksteine: $125 < h \leq 250 \text{ mm}$
- Elemente: $h > 250 \text{ mm}$

Kleinstes Format:

- DF -> Dünnsformat

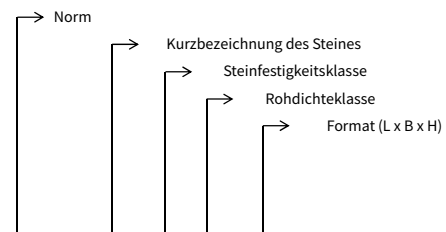
Quelle: www.baumarkt.de

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: Willems, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baukonstruktionen

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



- Ziegel: DIN V 105 - HLZ 8 - 0,7 - 10DF
- Porenbeton: DIN V 4165 - PPE 4 - 0,60 - 999 x 300 x 499
- Kalksandstein: DIN V 106 - KS L 12 - 1,2 - 3 DF
- Leichtbeton: DIN V 18151-2K Hbl 4 - 0,8 - 16 DF

Quelle: www.baumarkt.de

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Tafel 9.26: Rohdichten und Festigkeitsklassen gängiger genormter Mauersteine

Darüber hinaus werden weitere genormte, aber weniger gebräuchliche Steine hergestellt.

Bezeichnung	Rohdichte kg/dm ³	Festigkeitsklassen MN/m ²							α ₁₇ ^{*)} kN/m ³
		2	4	6	8	12	20	28	
Mauerziegel DIN V 105-100 bzw. DIN EN 771-1 und DIN V 20 000-401	0,6	•	•	•	•				7
	0,65	•	•	•	•				7,5
	0,7	•	•	•	•				9
	0,8	•	•	•	•				10
Mz Vollziegel (1,6 - 2,0 kg/dm ³)	0,9	•	•	•	•				11
HLz Hochlochziegel (0,6 - 1,4 kg/dm ³)	1,0	•	•	•	•				12
KMz Vollklinker (2,0 - 2,2 kg/dm ³)	1,2					•	•		14
KHLz Hochlochklinker (1,6 - 1,8 kg/dm ³)	1,4					•	•	•	15
VHLz Hochlochziegel, frostbeständig (1,0 - 1,4 kg/dm ³)	1,6					•	•	•	17
VMz Vollziegel, frostbeständig (1,6 - 1,8 kg/dm ³)	1,8					•	•	•	18
	2,0					•	•	•	20
Kalksandsteine DIN V 106 bzw. DIN EN 771-2 und DIN V 20 000-402	1,2					•	•		14
	1,4					•	•		15
KS Vollsteine (1,6 - 2,0 kg/dm ³)	1,6					•	•	•	17
KS L Lochsteine (1,2 - 1,6 kg/dm ³)	1,8					•	•	•	18
KS R Blocksteine (1,6 - 2,0 kg/dm ³)	2,0					•	•	•	20
KS LR Hohlblocksteine (1,2 - 1,6 kg/dm ³)						•	•	•	20
KS Vm Vermauersteine (1,8 - 2,0 kg/dm ³)	2,2					•	•	•	22
KS Vb Verbinder (1,8 - 2,0 kg/dm ³)						•	•	•	22
	0,35	•							4,5
	0,4	•							5
Porenbetonsteine DIN V 4165-100 bzw. DIN EN 771-4 und DIN V 20 000-404	0,5	•							6
	0,55	•							6,5
PP Porenbeton-Plansteine	0,6	•							7
PPE Porenbeton-Planenelemente	0,65	•							7,5
	0,7	•							8
	0,8	•							9
	0,45	•							6,5
Leichtbetonsteine und Betonsteine	0,5	•							7
IBl Leichtbeton-Hohlblocksteine	0,6	•							8
DIN V 4813-100 (0,45 - 1,4 kg/dm ³)	0,7	•							9
VM, V Vollblöcke und Vollsteine aus Leichtbeton	0,8	•	•	•					10
	0,9	•	•	•					11
DIN V 4812-100 (0,45 - 2,0 kg/dm ³)	1,0	•	•	•					12
IBn Mauersteine aus Beton	1,2	•	•	•					14
DIN 18 153-100 (0,8 - 2,4 kg/dm ³)	1,4	•	•	•					16
	1,6	•	•	•					16
Es können auch DIN EN 771-3 und DIN V 20 000-403 verwendet werden	1,8	•	•	•					18
	2,0	•	•	•					20
	2,2	•	•	•					22
	2,4	•	•	•					24

Quelle: Holschemacher, K.: Entwurfs- und Berechnungstabellen

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Steinrohrichteklasse (RDK)

- wird in kg/dm³ angegeben
- liegt i. d. R. zwischen 0,35 und 2,4 kg/dm³
- direkter Zusammenhang zur Steifigkeitsklasse

Steifigkeitsklasse (SFK)

- wird in N/mm² (MN/m²) angegeben
- Wertebereich zwischen 2 und 60
- praxisübliche Festigkeiten: 2 (Porenbeton), 6, 12, 20

Bezeichnung	Rohdichte kg/dm ³	Festigkeitsklassen MN/m ²							G _M ^{*)} kN/m ³
		2	4	6	8	12	20	28	
Mauerziegel DIN V 105-100 bzw. DIN EN 771-1 und DIN V 20 000-401	0,6		•	•	•				7
	0,65		•	•	•	•			7,5
	0,7		•	•	•	•			9
Mz Vollziegel (1,6 - 2,0 kg/dm ³)	0,8		•	•	•				10
HLz Hochlochziegel (0,6 - 1,4 kg/dm ³)	0,9		•	•	•				11
KMz Vollklinker (2,0 - 2,2 kg/dm ³)	1,0		•	•	•				12
KHLz Hochlochklinker (1,6 - 1,8 kg/dm ³)	1,2					•	•		14
VHLz Hochlochziegel, frostbeständig (1,0 - 1,4 kg/dm ³)	1,4					•	•	•	15
VMz Vollziegel, frostbeständig (1,6 - 1,8 kg/dm ³)	1,6					•	•	•	17
	1,8					•	•	•	18
	2,0					•	•	•	20

Quelle: Holschemacher, K.: Entwurfs- und Berechnungstabellen

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Bezeichnung	Rohdichte kg/dm ³	Festigkeitsklassen MN/m ²						G _M ^{*)} kN/m ³
		2	4	6	8	12	20	
Kalksandsteine DIN V 106 bzw. DIN EN 771-2 und DIN V 20 000-402	1,2				•	•		14
	1,4				•	•	•	15
KS Vollsteine (1,6 - 2,0 kg/dm ³)	1,6				•	•	•	17
KS L Lochsteine (1,2 - 1,6 kg/dm ³)	1,8					•	•	18
KS R Blocksteine (1,6 - 2,0 kg/dm ³)	2,0					•	•	20
KS LR Hohlblocksteine (1,2 - 1,6 kg/dm ³)	2,2							22
KS Vm Vormauersteine (1,8 - 2,0 kg/dm ³)						•	•	
KS Vb Verblender (1,8 - 2,0 kg/dm ³)								

Quelle: Holschemacher, K.: Entwurfs- und Berechnungstabeln

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Porenbetonsteine DIN V 4165-100 bzw. DIN EN 771-4 und DIN V 20 000-404	0,35	•						4,5
	0,4	•						5
	0,5	•						6
PP Porenbeton-Plansteine	0,55		•					6,5
	0,6		•					7
PPE Porenbeton-Planelemente	0,65			•				7,5
	0,7			•				8
	0,8				•			9

Quelle: Holschemacher, K.: Entwurfs- und Berechnungstabeln

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

		0,45	•							6,5	
		0,5	•							7	
Hbl	Leichtbeton-Hohlblocksteine DIN V 18151-100 (0,45 - 1,6 kg/dm ³)	0,6	•							8	
		0,7	•	•						9	
Vbl, V	Vollblöcke und Vollsteine aus Leichtbeton DIN V 18152-100 (0,45 - 2,0 kg/dm ³)	0,8	•	•	•					10	
		0,9	•	•	•	•				11	
Hbn	Mauersteine aus Beton DIN 18 153-100 (0,8 - 2,4 kg/dm ³) Es können auch DIN EN 771-3 und DIN V 20 000-403 verwendet werden	1,0	•	•	•					12	
		1,2	•	•	•	•				14	
		1,4		•	•	•					16
		1,6			•	•	•				16
		1,8			•	•	•				18
		2,0					•	•			20
		2,2					•	•		22	
		2,4					•	•		24	

Quelle: Holschemacher, K.: Entwurfs- und Berechnungstabeln

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Mauersteinart	Mauermörtelart	Endkriechzahl ^a ϕ_{cc}		Endwert der Feuchtedehnung ^b mm/m		Wärmeausdehnungskoeffizient α_t 10 ⁻⁶ / K	
		Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich
Mauerziegel	Normalmauermörtel	1,0	0,5 bis 1,5	0	-0,1 ^c bis +0,3	6	5 bis 7
	Leichtmauermörtel	2,0	1,0 bis 3,0				
Kalksandstein	Normalmauermörtel / Dünnbettmörtel	1,5	1,0 bis 2,0	-0,2	-0,3 bis -0,1	8	7 bis 9
Betonsteine	Normalmauermörtel	1,0	-	-0,2	-0,3 bis -0,1	10	8 bis 12
Leichtbetonsteine	Normalmauermörtel	2,0	1,5 bis 2,5	-0,4	-0,6 bis -0,2	10; 8 ^d	
	Leichtmauermörtel			-0,5	-0,6 bis -0,3		
Porenbetonsteine	Dünnbettmörtel	0,5	0,2 bis 0,7	-0,1	-0,2 bis +0,1	8	7 bis 9

^a Endkriechzahl $\phi_{cc} = \epsilon_{cc} / \epsilon_{el}$, mit ϵ_{cc} als Endkriechmaß und $\epsilon_{el} = \sigma / E$.
^b Endwert der Feuchtedehnung ist bei Stauchung negativ und bei Dehnung positiv angegeben.
^c Für Mauersteine < 2 DF gilt der Grenzwert - 0,2 mm/m.
^d Für Leichtbeton mit überwiegend Blähton als Zuschlag.

Quelle: DIN 1996-1-1/NA; Tabelle NA.13

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Ziel 1 → **Rationalisierung** und **Wirtschaftlichkeit**

- Verwendung großformatiger Elemente unter Einsatz von Hebezeugen
- Einsatz von Plansteinen und Dünnbettmörtel
- Stoßfugen ohne Vermörtelung

Ziel 2 → Erfüllung der stark gestiegenen **Wärmeschutzanforderungen** mittels einschaliger Außenwände (unter Einhaltung aller sonstigen Anforderungen)

- geringere Bauteilmassen durch größere Gesamtlochquerschnitte
- Wärmedämmung nach EnEV

Abb.: Poroton-Planelemente-T500, d = 17,5 cm

Quelle: www.wienerberger.de

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

2.2 Mauermörtel

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Mörtel ist ein Gemisch aus Gesteinskörnung(en) mit einem Korndurchmesser von max. 4 mm (in Ausnahmefällen bis 8 mm, z. B. für Strukturputz oder Estrichmörtel) und einem oder mehreren Bindemitteln sowie ggf. Zusatzmitteln und Zusatzstoffen.
Mörtel mit anorganischen Bindemitteln enthalten zusätzlich Wasser.

Bild: http://www.liapor.com/images/de_presse/bild1gross/4_moertel_g.jpg

Mauerwerksbau (7.5.4)
 HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Normalmörtel (NM)

Mörtel- gruppe MG ²⁾	Luftkalk		Hydraulischer Kalk (HL2)	Hydraulischer Kalk (HL5), Putz- und Mauerbinder (MC5)	Zement	Sand ¹⁾ aus natürlichem Gestein
	Kalkteig	Kalkhydrat				
I	1	-	-	-	-	4
	-	1	-	-	-	3
	-	-	1	-	-	3
	-	-	-	1	-	4,5
II	1,5	-	-	-	1	8
	-	2	-	-	1	8
	-	-	2	-	1	8
	-	-	-	1	-	3
IIa	-	1	-	-	1	6
	-	-	-	2	1	8
III	-	-	-	-	1	4

Baustellen- oder Werkmörtel mit Gesteinskörnungen i. d. R. dichtem Gefüge

Tabelle: Baustellen-Mörtel-Zusammensetzung für Normalmauermörtel als Rezeptmörtel (Angaben in Raumteilen)

Mörtelgruppen nach steigender Mindestdruckfestigkeit

Rezeptmörtel

1) Die Werte beziehen sich auf den lagerfeuchten Zustand.
 2) Nach DIN 1053

Tabelle: Baustellenmörtel-Zusammensetzung für Normalmauermörtel als Rezeptmörtel (Angaben in Raumteilen)
 Quelle: beton-technische-daten.de

Mauerwerksbau (7.5.4)
 HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Eigenschaft	Anforderung nach	
	DIN V 20000-412	DIN V 18580
Trockenrohichte	<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21: $\leq 700 \text{ kg/m}^3$ ■ LM 36: $> 700 \text{ kg/m}^3$ und $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21¹⁾: $\leq 700 \text{ kg/m}^3$ ■ LM 36¹⁾: $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$
Wärmeleitfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21: $\leq 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ■ LM 36: $\leq 0,27 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21²⁾: $\leq 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ■ LM 36²⁾: $\leq 0,27 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Druckfestigkeit	siehe hier	
Verbundfestigkeit ³⁾ [N/mm ²]	$\geq 0,08$ ⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21: $\geq 0,08 / \geq 0,20$⁵⁾ ■ LM 36: $\geq 0,08 / \geq 0,20$⁵⁾
Längsdehnungsmodul E_t ⁶⁾		<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21: $\geq 2000 \text{ N/mm}^2$ ■ LM 36: $\geq 3000 \text{ N/mm}^2$
Querdehnungsmodul E_q ⁶⁾		<ul style="list-style-type: none"> ■ LM 21: $\geq 7500 \text{ N/mm}^2$ ■ LM 36: $\geq 15000 \text{ N/mm}^2$
Chloridgehalt	$\leq 0,1 \text{ M.-%}$ bezogen auf die Trockenmasse des Mörtels	
Brandverhalten	Baustoffklasse A 1	

Werk-Trocken- oder Werk-Frisch-Mörtel mit leichten Gesteinskörnungen (Leichtzuschläge)

Wärmeleitfähigkeit als Klassifizierungsmerkmal

- Leichtmörtel LM 21
- Leichtmörtel LM 36

Lagerfuge: 12 mm (wie NM)

Eigenschaft	Anforderung nach	
	DIN V 20000-412	DIN V 18580
Trockenrohichte	$\geq 1500 \text{ kg/m}^3$	$\geq 1300 \text{ kg/m}^3$
Druckfestigkeit	siehe hier	
Verbundfestigkeit ¹⁾	$\geq 0,20 \text{ N/mm}^2$ ²⁾	$\geq 0,20 / \geq 0,50$ ³⁾
Verarbeitbarkeitszeit	≥ 4 Stunden	
Korrigierbarkeitszeit	≥ 7 Minuten	
Chloridgehalt	$\leq 0,1 \text{ M.-%}$ bezogen auf die Trockenmasse des Mörtels	
Brandverhalten	Baustoffklasse A 1	

Werk-Trocken-Mörtel aus Gesteinskörnungen mit i. d. R. dichtem Gefüge

Größtkorn: 1 mm

Lagerfuge: 1 ... 3 mm

1) Die Verbundfestigkeit wird indirekt über die Prüfung der Haftscherfestigkeit (charakteristische Anfangsscherfestigkeit) ermittelt. Anstelle einer Prüfung können die Werte für die Haftscherfestigkeit auch nach DIN EN 998-2, Anhang C angenommen werden; für Dünnbettmörtel gilt danach der Wert $0,3 \text{ N/mm}^2$.

2) Prüfung der Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3. Prüfwerte sind zur Ermittlung der Verbundfestigkeit mit 1,2 zu multiplizieren.

3) Erster Wert: gilt bei Prüfung der Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3; zweiter Wert: gilt bei Prüfung der Haftscherfestigkeit nach DIN 18555-5. Prüfwerte sind zur Ermittlung der Verbundfestigkeit mit 1,2 zu multiplizieren.

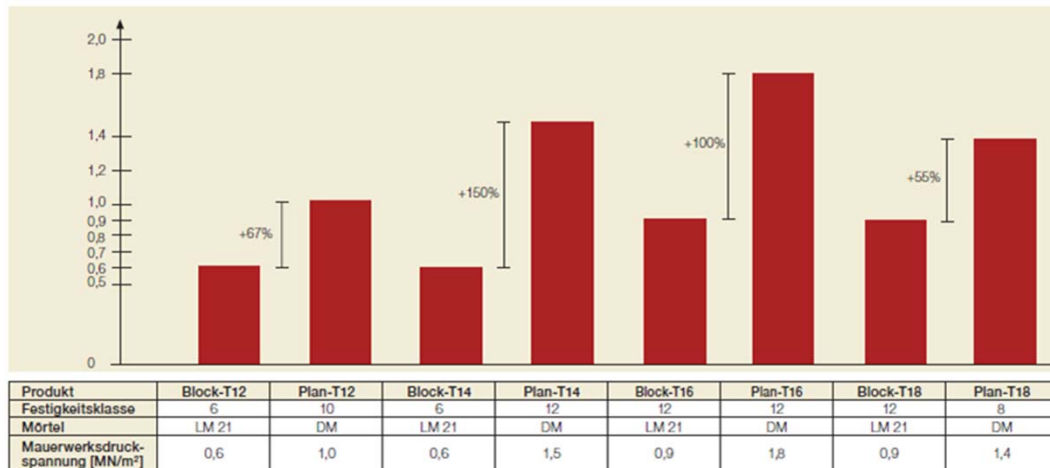
Mörtelgruppe nach DIN V 20000-412 oder DIN V 18580		Druckfestigkeit f_m N/mm ²
Normalmauermörtel	II	2,5
	IIa	5,0
	III	10,0
	IIIa	20,0
Leichtmauermörtel	LM 21	5,0
	LM 36	5,0
Dünnbettmörtel	DM	10,0

Tabelle: NA.2
Quelle: DIN 1996-1-1/NA

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Einfluss der Mörtel-Stein-Kombination auf die Druckfestigkeit

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: www.wienerberger.de/wandloesungen/planung-und-verarbeitung/statik/druckfestigkeiten

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: transportbeton-ingolstadt.de

Baustellenmörtel darf nur als Normalmauermörtel hergestellt werden

Werk-Trockenmörtel darf auf der Baustelle nur noch Wasser zugemischt werden (i. d. R. Dünnbettmörtel)

Werk-Vormörtel wird auf der Baustelle Wasser und Zement zugegeben

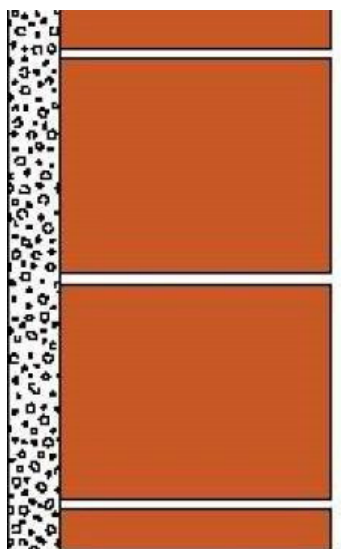
Werk-Frischmörtel ist ein gebrauchsfertiger Mörtel, in verarbeitbarer Konsistenz, i. d. R. 36 h verarbeitbar

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

2.3 Putze

Putzarten

49



Putz ist ein an Wänden oder Decken ein- oder mehrlagig in bestimmter Dicke aufgetragener Belag aus Putzmörteln (...), der seine endgültigen Eigenschaften erst durch Verfestigung am Baukörper erreicht.

Grundsätzlich wird zwischen **Innen- und Außenputz** unterschieden.

Putzarten

- Wasserabweisender Putz
- Putz mit erhöhter Abriebfestigkeit
- Innenputz für Feuchträume
- Putze für Sonderzwecke (Leichtputz, Wärmedämmputz, Putz als Brandschutzbekleidung, ...)

MG	Bindemittel	Eigenschaften	Anwendung
P I	Kalk	wasserhemmend, wasserabweisend nur mit speziellen Zusätzen	Innen- und Außenputz für geringe bis normale Beanspruchung
P II	Kalk-Zement	wasserhemmendwasser abweisend nur mit speziellen Zusätzen	Innenputz mit erhöhter Abriebfestigkeit, Außenputz
P III	Zement	wasserabweisend	Keller-Außenputz, Sockelputz
P IV	Gips, Gips-Kalk	besonders gut feuchteregulierend	Innenputz für normale bis geringe Beanspruchung
P V	Anhydrid, Anhydrid-Kalk	gut feuchteregulierend	Innenputz für normale Beanspruchung
P Org I	Kunstharzdispersion		Außen- und Innenputz als Strukturputz auf vorhandenen glatten Flächen
P Org II	Kunstharzdispersion		Innenputz als Strukturputz auf vorhandenen glatten Flächen

Putzmörtel ist ein Gemisch von einem oder mehreren Bindemitteln, Zuschlag mit einem überwiegenden Kornanteil zwischen 0,25 und 4 mm und Wasser, ggf. auch Zusätzen.

Putzmörtel werden nach der Art des Bindemittels bestimmten **Mörtelgruppen** zugeordnet (s. Tab.).



Den **Putzgrund** bildet i. d. R. das Mauerwerk, dass es zu verputzen gilt.

Klassischer Putzmörtel haftet **mechanisch** auf dem Putzgrund.

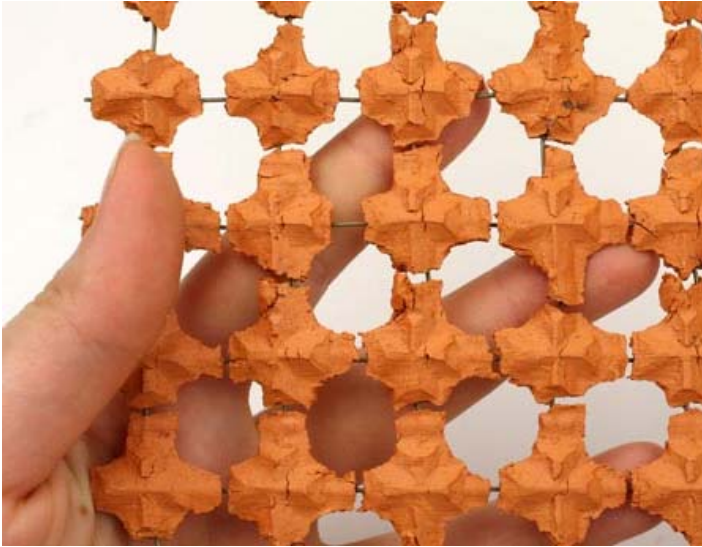
Aufgrund der Vielfalt möglicher Oberflächeneigenschaften müssen Putze auf den Untergrund abgestimmt sein.

Untergründe müssen:

- tragfähig
- nicht sandend bzw. nicht kreidend
- staubfrei sein

Meist wird Putz in mehreren Lagen aufgebracht.

Grundregel: Die Härte der einzelnen Schichten sollte von innen nach außen abnehmen.



Verbesserung der Putzhaftung auf Untergrund bzw. Trennung zwischen Putz und Untergrund

Beispiele

- Ziegeldrahtgewebe
- Rippenstreckmetall
- Schilfrohmatten

Muss allseits min. 200 mm in den geeigneten Putzgrund reichen.

Quelle: http://www.raumprobe.de/uploads/bx_raumprobe/C1667-04-04.jpg

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Vermeidung der Bildung größerer schädlicher Risse

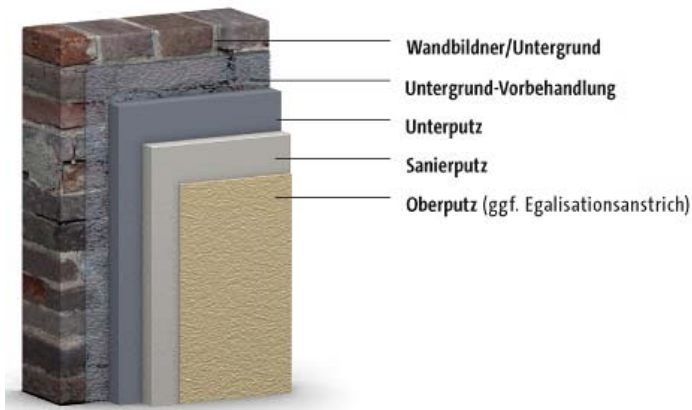
Beispiele

- Metall
- Mineralische Fasern
- Kunststofffasern
- Kunststoffmatten

Faltenfrei und straff einlegen,
Überlappung min. 100 mm, auf benachbarte Bauteile min. 200 mm

Quelle: <https://www.alfa-direkt.de/538-alfa-wdvs-gewebe-vollwaermeschutz-armierung>

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: www.mauerwerksbau-lehre.de
 Bild: www.sakret.de

Als **Putzsystem** werden die Lagen eines Putzes bezeichnet, die in ihrer Gesamtheit und in Wechselwirkung mit dem Putzgrund die Anforderungen an den Putz erfüllen.

Im Regelfall handelt es sich heutzutage um herstellergebundene Kombinationen von Putzarten und -methoden die in ihrer Gesamtheit die Anforderungen an den Putz erfüllen.

Die mechanische Verträglichkeit der Putzschichten ist i. d. R. dann gegeben, wenn Festigkeit bzw. Steifigkeit „zur Luftseite hin“ abnehmen.

Mauerwerksbau (7.5.4)

HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Ausblühungen können auftreten, wenn wasserlösliche Salze im Mauerwerk gelöst werden, durch Wasserwanderung an die Oberfläche gelangen und dort auskristallisieren.

Auslaugungen entstehen, wenn in Wasser gelöstes Kalkhydrat (i. w. aus dem Mörtel) an die Oberfläche transportiert wird und dort mit dem Kohlendioxid der Luft zu Kalziumkarbonat („weißer Belag“) reagiert.

Trockenhalten des Mauerwerks bietet die wirksamste Maßnahme gegen Ausblühungen und Auslaugungen.

Quelle: Mauerwerksbau kurz & bündig
 Foto: de.wikipedia.org

Mauerwerksbau (7.5.4)

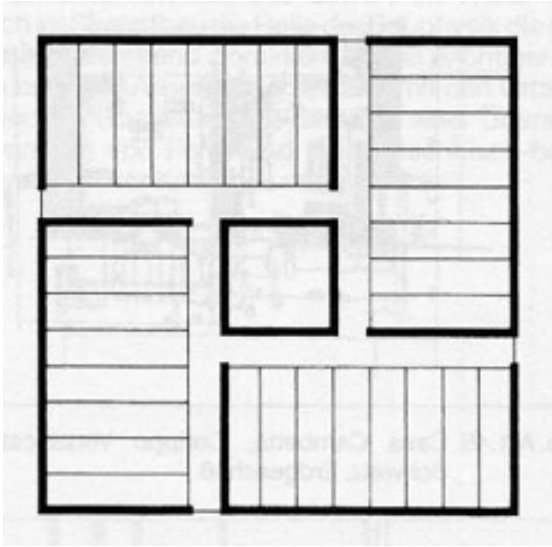
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

3. Entwurf und Konstruktion

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

3.1 Grundriss und Raumstrukturen

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



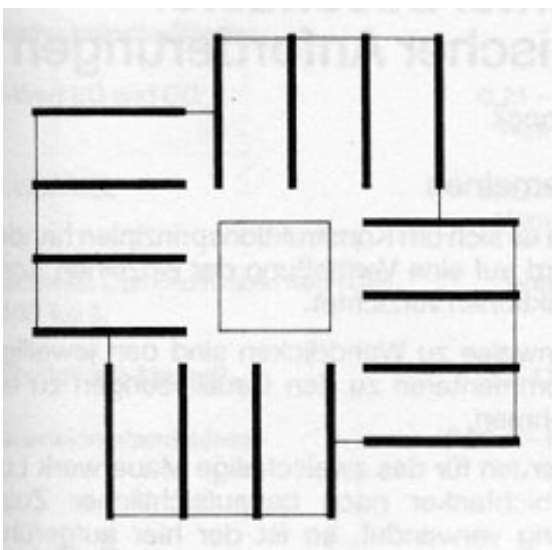
Quelle: Weickenmeier, N.: Grundriss und Raumstrukturen im Mauerwerksbau in: Mauerwerksbau aktuell, 2008, Bauwerk-Verlag

Grundprinzip des Mauerwerksbaus

- Vierseitig geschlossene Form
- Unmittelbar ineinander gefügte Wandscheiben
- Räume in der Größenordnung begrenzt (vgl. Holzbalkendecke)
- Gezielt geschnittene, „stehende“ Öffnungen
- Einfache, klare kubische Baukörper
- Homogene Lastverteilung (Linienlasten)
- Vermeidung punktförmiger Lastkonzentrationen
- Wände mehrseitig gehalten (räumliche Stabilität)

Mauerwerksbau (7.5.4)

HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: Weickenmeier, N.: Grundriss und Raumstrukturen im Mauerwerksbau in: Mauerwerksbau aktuell, 2008, Bauwerk-Verlag

Hauptmerkmal: Parallele Ausrichtung lastabtragender Wände

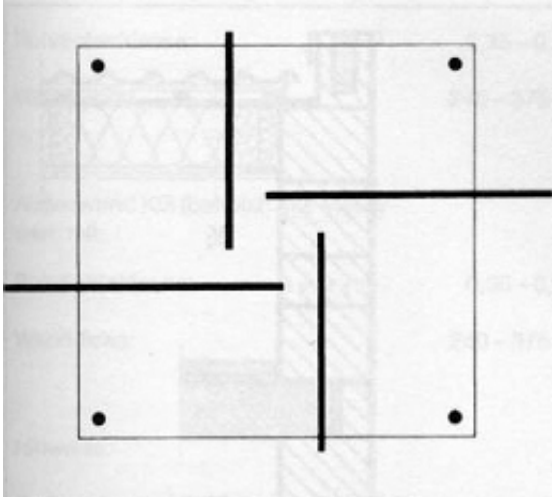
- Prinzip der Reihung
- Hochgradige Offenheit im Bereich zwischen den Schotten

Achtung

- Zweiseitige Auflagerung der (dann einachsiger) Decken → höhere Lasten
- Höhere Kantenpressungen infolge größerer Lasten
- Räumliche Stabilität (Aussteifung) nur durch schubsteife Decken und aussteifende Kerne bzw. quergestellte Zwischenwände

Mauerwerksbau (7.5.4)

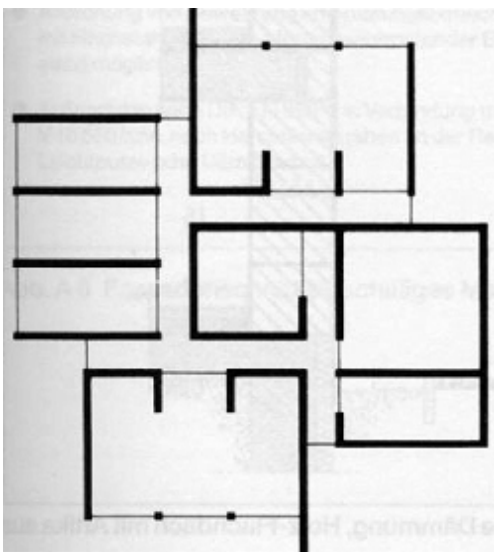
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Für Mauerwerksbau an sich nicht geeignet, da:

- Sehr inhomogene Lastverteilung
- Lastkonzentrationen an Wandenden
- Übertragung großer Horizontallasten auf wenige Wände

→ Realisierung als Skelettbau (Stahlbeton) mit nichttragenden Mauerwerkswänden



→ Heute vielfach anzutreffende Grundrissform

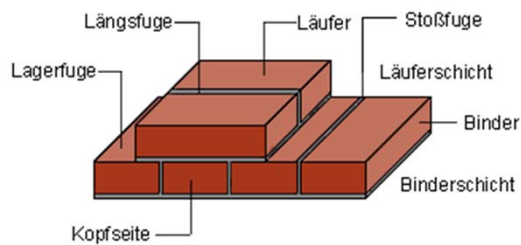
- „nur bedingt“ und häufig nicht material- bzw. bauwesengerecht
- zahlreiche Fehlerquellen
- aufwendigere Herstellung
- i. d. R. unwirtschaftlicher

3.2 Mauerwerksverbände

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Begriffe

63



Lagerfuge

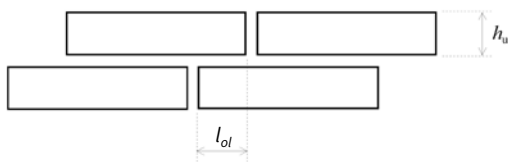
- horizontale Fugen des Mauerwerks
- Fugendicke an Baurichtmaß angepasst
- Übliche Sollmaße:
 - Dünnbettmörtel (DM): 2 mm,
 - Normalmörtel (NM): 12 mm

Stoßfuge

- vertikale Fugen des Mauerwerks
- Fugendicke an Baurichtmaß angepasst
- Übliche Sollmaße:
 - Steine mit Nut-Feder-System: 2 mm (i. d. R. ohne Vermörtelung)
 - Glatte Steine: 10 mm (i. d. R. mit Stoßfugenvermörtelung)
- Stoßfugen > 5 mm müssen beidseitig an der Wandoberfläche mit Mörtel verschlossen werden!

Grafik: www.baumarkt.de

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



→ Mauern im **Verband** als wesentliches Kennzeichen von Mauerwerk

→ Stoß- und Längsfugen müssen in übereinander liegenden Schichten **gegeneinander versetzt** werden!

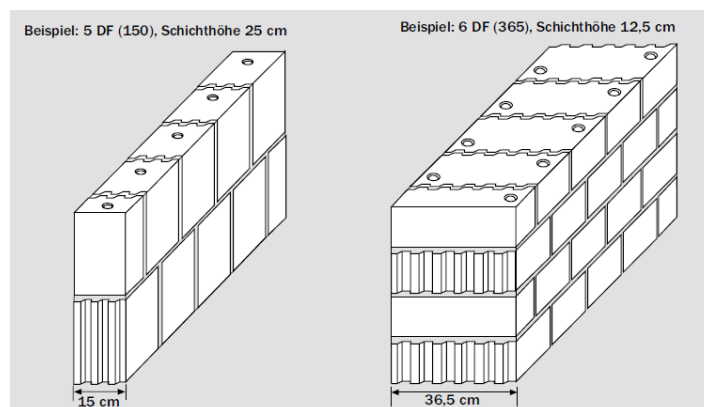
→ Entscheidende Bedeutung für das **Tragverhalten** von Mauerwerk!

Überbindemaße

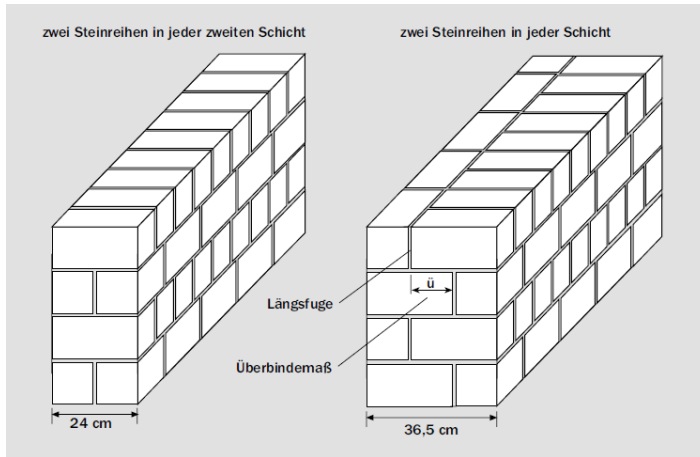
- $l_{ol} = 0,4 * h_u \geq 45 \text{ mm}$ (wenn $h_u \leq 250 \text{ mm}$)
- $l_{ol} = 0,2 * h_u \geq 125 \text{ mm}$ (wenn $h_u > 250 \text{ mm}$)

→ Der jeweils **größere Wert** ist maßgebend!

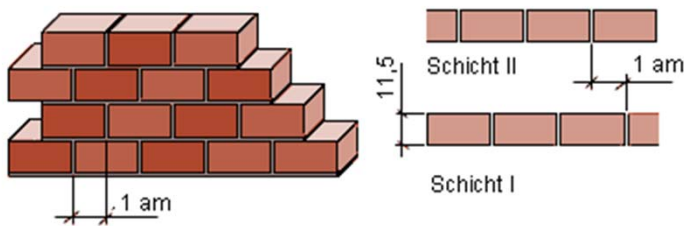
→ Reduziertes Überbindemaß bei Elementmauerwerk möglich. Muss in der Bemessung (u. a. bei der Knicklängenermittlung / α -Faktoren) berücksichtigt werden!



- eine Steinreihe pro Schicht
- Wanddicke entspricht der Steinbreite bzw. Steinlänge
- Einhaltung des Überbindemaßes nur in Wandlängsrichtung notwendig
- Großformatige Steine ermöglichen jede Wanddicke als Einsteinmauerwerk

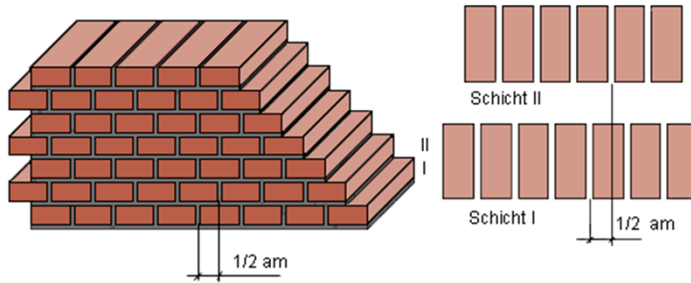


- zwei oder mehr Steinreihen in jeder oder in jeder zweiten Schicht
- Einhaltung des Überbindemaßes in Wandlängs- und Wandquerrichtung erforderlich (Fehlerquelle!)
- vorwiegend Einsatz kleinformatiger Steine (2 DF, 3 DF)
- Einsatz im Bereich kleinteiligen Sichtmauerwerks bzw. bei Sanierungen

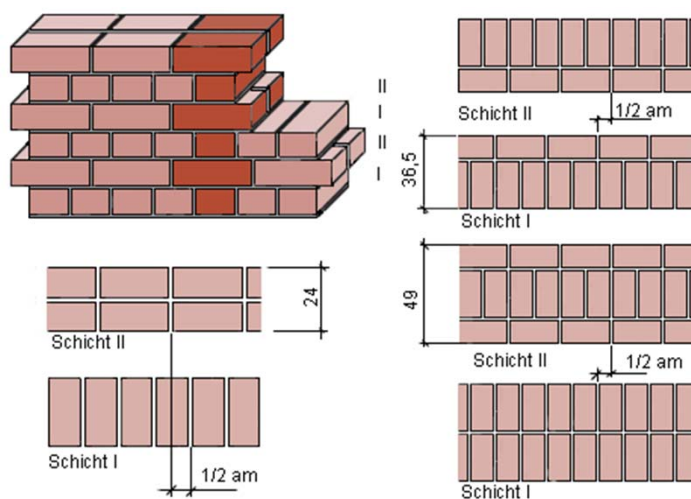


- alle Schichten aus Läufern
- bei dünnen Innenwänden und Verblendschalen
- Dicke des Mauerwerks: $\frac{1}{2}$ Stein

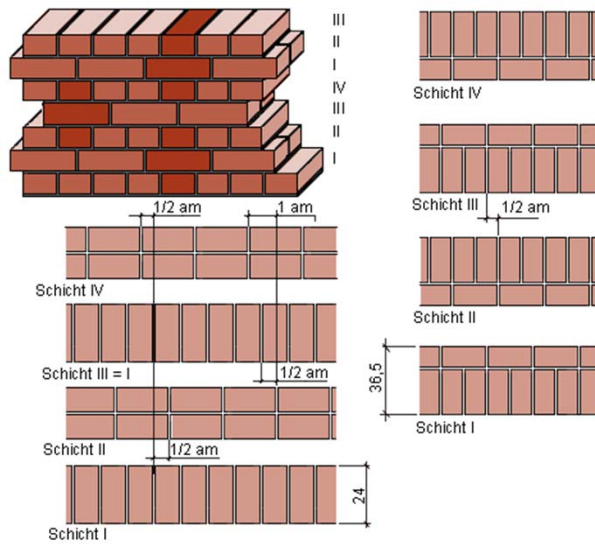
→ am = Achtelmeter



- alle Schichten aus Bindern
- Versatz: $\frac{1}{2}$ Stein
- Dicke des Mauerwerks: 1 Stein

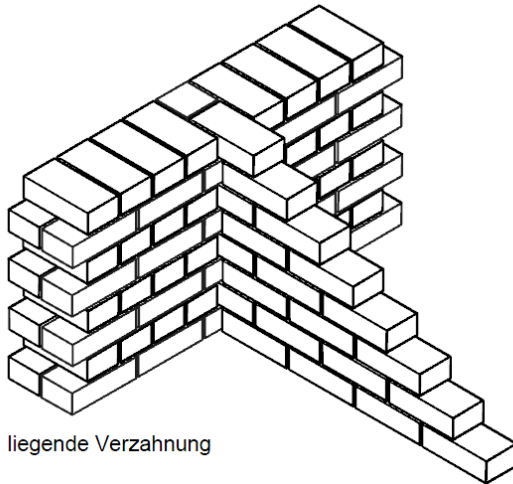


- Binder- und Läufer-schichten wechseln regelmäßig
- Versatz: $\frac{1}{4}$ Stein (bzw. $\geq 4,5$ cm)
- Dicke des Mauerwerks: 1 Stein

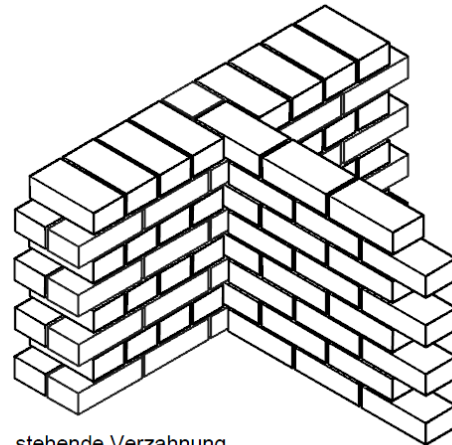


- Binder- und Läuferschichten wechseln regelmäßig
- darüber hinaus sind die Läuferschichten zueinander versetzt
- Versatz: $\frac{1}{4}$ Stein (bzw. $\geq 4,5$ cm)
- Dicke des Mauerwerks: $1\frac{1}{2}$ Stein

Anschluss aussteifender Wände



liegende Verzahnung



stehende Verzahnung

Quelle:

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: Rich, H.: Die Maurerfibel, S. 48

→ Stirnseiten der Steine der Querwand werden **stumpf** ohne Überbindung gegen die Längswand **gestoßen**

- Technik zum wirtschaftlichen Wandanschluss
- zeitversetzte Herstellung von tragenden und nichttragenden Wänden
- Geringerer Platzbedarf gegenüber Abtreppungen

WICHTIG

- Stoßfuge zwischen aussteifender Wand und aussteifender, stumpf gestoßener Querwand **muss voll vermörtelt** werden!

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



→ Sicherung des Verbundes durch Einlegen von **mindestens 3 Edelstahl-Flachankern** über die Geschosshöhe in die Mörtelfugen zu sichern.

Abb.: Beim Aufmauern wird der Edelstahl-Flachanker im Mörtelbett eingelegt

3.3 Wandarten

Erforderliche Mindestquerschnitte A bei Mauerwerk	
Pfeiler („Kurze Wand“)	Wand
$400 \text{ cm}^2 \leq A < 1000 \text{ cm}^2$	$A \geq 1000 \text{ cm}^2$

Tab.: Zulässige Mauerwerksquerschnitte

Wanddicke t_{ef}	Zulässige Pfeiler- bzw. Wandlänge	
	Pfeiler („kurze Wand“)	Wand
11,5 cm	$35 \text{ cm} \leq l < 87 \text{ cm}$	$\geq 87 \text{ cm}$
17,5 cm	$23 \text{ cm} \leq l < 57,5 \text{ cm}$	$\geq 57,5 \text{ cm}$
24,0 cm	$17 \text{ cm} \leq l < 42 \text{ cm}$	$\geq 42 \text{ cm}$
30,0 cm	$14 \text{ cm} \leq l < 33,5 \text{ cm}$	$\geq 33,5 \text{ cm}$
36,5 cm	$11 \text{ cm} \leq l < 27,5 \text{ cm}$	$\geq 27,5 \text{ cm}$

Tab.: Zulässige Pfeiler- bzw. Wandlänge

→ Wände die **mehr als die Eigenlast aus einem Geschoss** zu tragen haben.

Merkmale

- überwiegend auf Druck beansprucht
- scheibenartige Bauteile zur Aufnahme vertikaler (und horizontaler) Lasten
- aussteifende Wände gelten auch als tragende Wände

Quelle: Rich, H.: Die Maurerfibel, S. 65

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

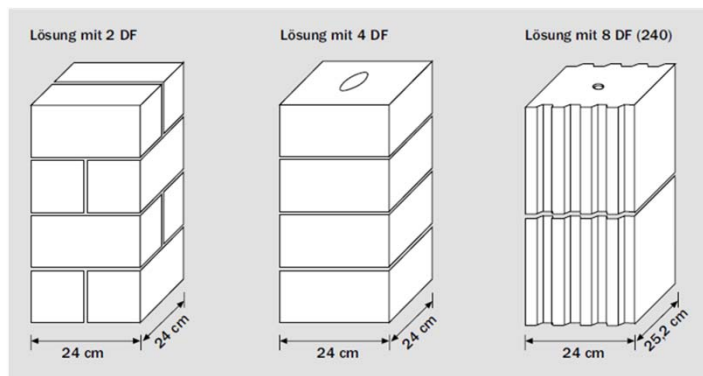


Abb.: Beispiele für 24 cm breite Pfeiler

- Überbindemaße müssen beachtet werden
- Pfeiler dürfen aus einem Stein je Schicht bestehen

→ Zusätzliche Stoß- und Längsfugen erhöhen die Tragfähigkeit nicht!

Quelle: Rich, H.: Die Maurerfibel, S. 65

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

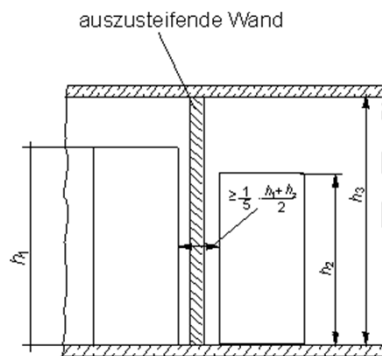


Abb.: Mindestlänge der aussteifenden Wand

→ Aussteifende Wände sind **scheibenartige Bauteile** zur Aussteifung des Gebäudes oder zur **Knickaussteifung** tragender Wände. Sie gelten stets auch als **tragende Wände** und können **nicht** ohne statische Auswirkungen aus dem Gebäude **entfernt** werden!

- min. **wirksame Länge** = $1/5$ der lichten Geschosshöhe h und
- min. Dicke = $1/3$ der Dicke der aussteifenden Wand (mind. jedoch 115 mm)
- Mindestlänge zwischen Öffnungen in aussteifender Wand gemäß Abbildung nebenstehend. (Bei Fenstern gilt die lichte Fensterhöhe h_1 bzw. h_2 .)

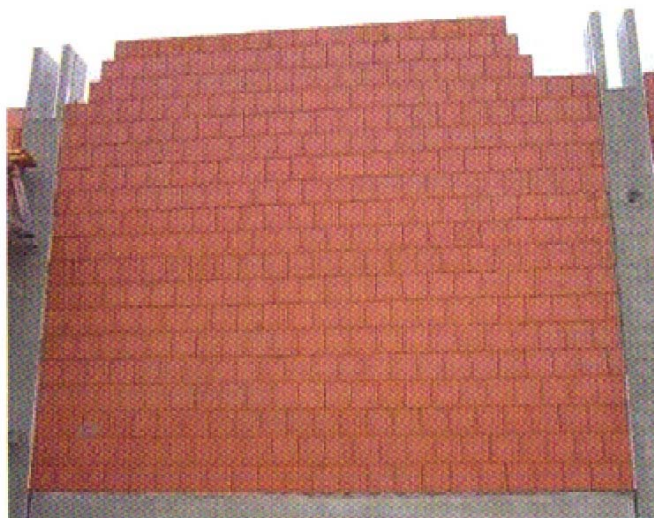


Abb.: Ausfachungswand in Gewerbebau mit Stahlbetonstützen

→ Wände die: **überwiegend durch ihre Eigenlast** beansprucht sind und **nicht zur Knickaussteifung** dienen

→ müssen aber rechtwinklig zur Wandfläche wirkende Lasten (z. B. aus Wind) auf tragende Bauteile (z. B. Wand- oder Deckenscheiben) übertragen können

Beispiele

- Ausfachungswände, z. B. im Industrie- und Gewerbebau
- Giebelwände von Sparren- und Kehlbalckendächern

Wanddicke t mm	Größte zulässige Werte ^{a,b} der Ausfachungsfläche in m ² bei einer Höhe über Gelände von			
	0 m bis 8 m		8 m bis 20 m ^c	
	$h_f/l_f = 1,0$	$h_f/l_f \geq 2,0$ oder $h_f/l_f \leq 0,5$	$h_f/l_f = 1,0$	$h_f/l_f \geq 2,0$ oder $h_f/l_f \leq 0,5$
115 ^{c,d}	12	8	-	-
150 ^d	12	8	8	5
175	20	14	13	9
240	36	25	23	16
≥ 300	50	33	35	23

^a Bei Seitenverhältnissen $0,5 < h_f/l_f < 1,0$ und $1,0 < h_f/l_f < 2,0$ dürfen die größten zulässigen Werte der Ausfachungsflächen geradlinig interpoliert werden.

^b Die angegebenen Werte gelten für Mauerwerk mindestens der Steindruckfestigkeitsklasse 4 mit Normalmauermörtel mindestens der Gruppe NM IIa und Dünnbettmörtel

^c In Windlastzone 4 nur im Binnenland zulässig.

^d Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklassen ≥ 12 dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.

→ unter vorwiegender Windbelastung können **ohne statischen Nachweis** ausgeführt werden,

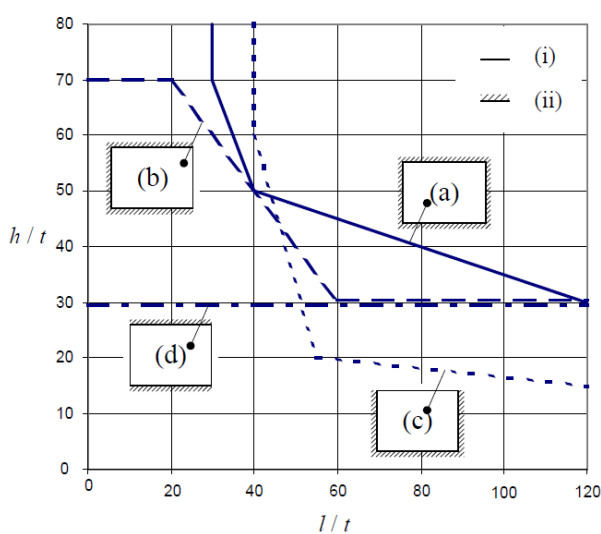
wenn:

- sie **vierseitig gehalten** sind (z. B. Verzahnung, Versatz, Anker)
- die **Größen der Ausfachungsflächen** den Bedingungen der nebenstehenden Tabelle genügen.

- h_f = Höhe der Ausfachungsfläche
- l_f = Länge der Ausfachungsfläche

Tabelle: Größte zulässige Werte der Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis

Tabelle: DIN 1996-3/NA; Tabelle NA.C.1



→ können in Bereichen mit **geringer Menschenansammlung ohne statischen Nachweis** ausgeführt werden!

wenn:

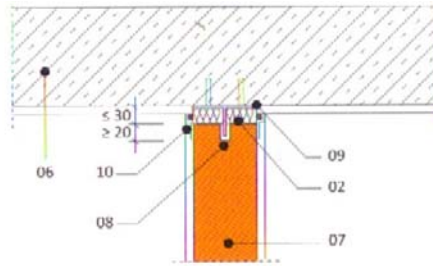
- lichte Höhe der Wand: $h \leq 6$ m
- lichte Länge der Wand: $l \leq 12$ m
- horiz. **Nutzlast**: $q_k \leq 0,5$ kN/m²
- **Vollsteine oder Lochsteine** zur Anwendung kommen

→ Weitere Anwendungsbedingungen u. a. zu Öffnungen (Türen!) in Wänden in DIN EN 1996-3 angegeben!

Halterung der Wände:

- (a) → 4-seitig (o + u + s + s)
- (b) → 3-seitig (o + u + s)
- (c) → 3-seitig (u + s + s)
- (d) → 2-seitig (o, u)

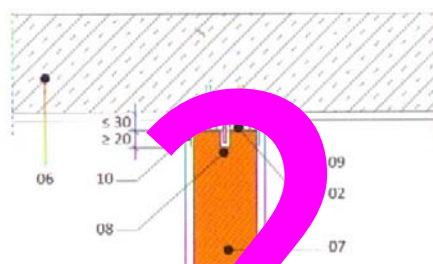
Tabelle: DIN 1996-3; Anhang B; Bild: B.1



- 01 Stahlbetonstütze
- 02 Dämmung (Brandschutz: Baustoffklasse A, Schmelzpunkt ≥ 1000 °C)
- 03 Maueranschlussanker, vertikal verschieblich (Verankerung in Anschlusschiene, die als Einbauteil in die Stütze einbetoniert wurde)
- 04 Stahlträger
- 05 Gleitschicht zwischen Trägerflansch und Trennwand (Bitumenbahn)
- 06 Stahlbetondecke
- 07 Nichttragende Innenwand
- 08 Schlitz in oberster Steinlage (mittig)
- 09 T-Profil aus Stahl (außer bei letztem Stein an beiden Wandenden)
- 10 Decken- und Wandputz getrennt durch Putzprofil mit elastischer Fuge

Konstruktion

→ Gleitender Anschluss Wandkopf an Stahlbetondecke



- 01 Stahlbetonstütze
- 02 Dämmung (Brandschutz: Baustoffklasse A, Schmelzpunkt ≥ 1000 °C)
- 03 Maueranschlussanker, vertikal verschieblich (Verankerung in Anschlusschiene, die als Einbauteil in die Stütze einbetoniert wurde)
- 04 Stahlträger
- 05 Gleitschicht zwischen Trägerflansch und Trennwand (Bitumenbahn)
- 06 Stahlbetondecke
- 07 Nichttragende Innenwand
- 08 Schlitz in oberster Steinlage (mittig)
- 09 T-Profil aus Stahl (außer bei letztem Stein an beiden Wandenden)
- 10 Decken- und Wandputz getrennt durch Putzprofil mit elastischer Fuge

Konstruktion

→ Gleitender Anschluss Wandkopf an Stahlbetondecke

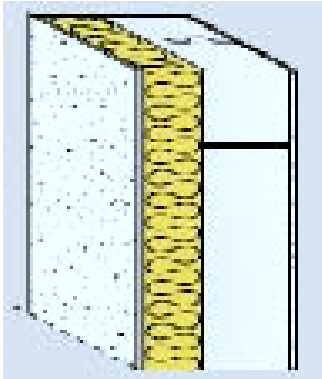


Abb.: Einschalige Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Eine massive Mauerschale,

i. d. R. als Einsteinaußenwand ausgeführt

Mauerschale muss **sämtliche Anforderungen** erfüllen

- Standsicherheit
- Wärmeschutz
- Feuchteschutz
- Schallschutz
- Brandschutz
- ...

Unterscheidung in:

- Einschalige Außenwand, geputzt
- Einschalige Außenwand mit WDVS
- Einschalige Außenwand mit hinterlüfteter Bekleidung

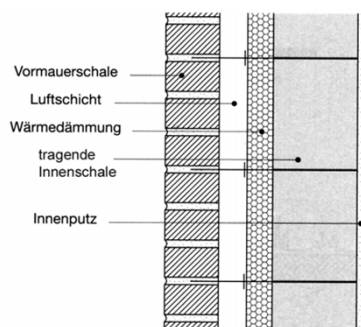


Abb.: Zweischalige Außenwand mit tragender Innenschale, Vormauerschale, Luftschicht und Wärmedämmung

→ 2 massive Mauerschalen mit dazwischenliegender Luft- und/oder Wärmedämmschicht

Funktionale Trennung anhand der Bauteilschichten:

- Außenschale/Vormauerschale: Witterungsschutz, Ästhetik (→ nicht tragend!)
- Schalenzwischenraum: Wärmeschutz (→ ohne, ganz oder teilweise mit einer Wärmedämmschicht)
- Innenschale/Innenwand: Tragfunktion, Schallschutz

Nach dem Wandaufbau unterscheidet man zweischalige Außenwände:

- mit Kerndämmung
- mit Luftschicht und Wärmedämmung (Grafik)
- mit Luftschicht
- mit Putzschicht

→ **Mindestdicken** der Schichten beachten!

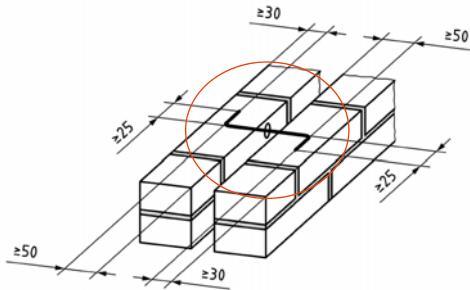


Abb.: Drahtanker für zweischaliges Mauerwerk für Außenwände

→ „Die **Mauerwerksschalen** sind durch **Anker** nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung aus nichtrostendem Stahl oder durch Anker nach DIN EN 845-1 aus nichtrostendem Stahl, deren Verwendung in einer allgemeine bauaufsichtlichen Zulassung geregelt ist, **zu verbinden**.“

- max. lichter Schalenabstand: 150 mm
- max. vertikaler Abstand: 500 mm
- max. horizontaler Abstand: 750 mm
- Durchmesser: **4 mm**
- Normalmauermörtel mindestens **NM IIa**
- Kunststoffscheiben zur Unterbindung des Feuchtetransports zwischen Innen- und Außenschale
- an allen freien Rändern zusätzlich zu den Tabellenwerten 3 Drahtanker pro lfm

Quelle: DIN EN 1996/2-NA, Bild NA.D1

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Gebäudehöhe	Windzonen 1 bis 3 Windzone 4 (Binnen-land)	Windzone 4 Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	Windzone 4 Inseln der Nordsee
$h \leq 10 \text{ m}$	7 ^a	7	8
$10 < h \leq 18 \text{ m}$	7 ^b	8	9
$18 < h \leq 25 \text{ m}$	7	8 ^c	-

Tab.: Mindestanzahl und Durchmesser von Drahtankern je m² Wandfläche Basisforderung

→ an (geänderte) Windzonen angepasst!

- a) in Windzone 1 und 2 Binnenland: 5 Anker/m²
- b) bin Windzone 1: 5 Anker/m²
- c) ist eine Gebäudegrundrisslänge kleiner als $h/4$: 9 Anker/m²

Quelle: DIN EN 1996/2-NA, Bild NA.D1

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Dominikuszentrum München
Architekt: Meck Architekten, München
Ingenieur: Statoplan, München

Grafik: http://www.backstein.com/de/fritz-hoger-preis/siegerprojekte-2011/1-platz-fritz-hoger-preis-2011-gesamtsieger/6_685.html

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Dominikuszentrum München

→ **Auflagerung und Abfangung** der Außenschalen

- Vollflächig, über die ganze Länge lagern.
- 11,5 cm dicke Außenschalen im Höhenabständen von ca. 12 m abfangen
- Überstand von 1/3 der Dicke möglich, wenn Abfangung min. alle 2 Geschosse (11,5 cm Außenschale)
- Außenschalen kleiner 11,5 cm Dicke nicht höher als 20 m über Gelände, zzgl. Abfangung in Abständen von ca. 6 m
- Giebeldreieck bis 4 m Höhe darf bei max. 2 Vollgeschossen ohne zusätzliche Abfangung ausgeführt werden.
- Maximaler Überstand „dünner Außenschalen“: 15 mm

Grafik: http://www.backstein.com/de/fritz-hoger-preis/siegerprojekte-2011/1-platz-fritz-hoger-preis-2011-gesamtsieger/6_685.html

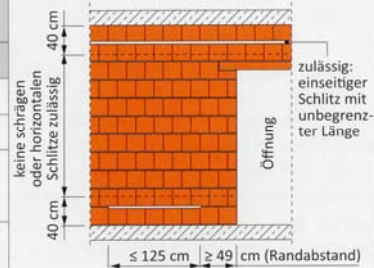
Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

3.4 Schlitzte und Aussparungen

Horizontale Schlitzte

Ohne Nachweis zulässige Schlitzte und Aussparungen in tragendem Mauerwerk

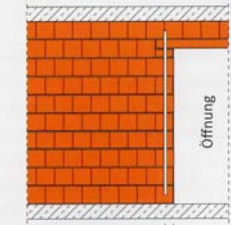
Horizontale und schräge Schlitzte ¹⁾ in mm, nachträglich hergestellt (DIN 1053-1, Tab. 10 bzw. DIN EN 1996-1-1, Tab. NA.20)		
Wanddicke d	Schlitzlänge	
	unbeschränkt	$\leq 1,25 \text{ m}^{2)}$
	Schlitztiefe ³⁾	Schlitztiefe
$115 \leq d < 149$	-	-
$150 \leq d < 174$	-	0 ³⁾
$175 \leq d < 199$	0	≤ 25
$240 \leq d < 300$	≤ 15	≤ 25
$300 \leq d < 365$	≤ 20	≤ 30
$365 \leq d$	≤ 20	≤ 30



- 1) Nur zulässig im Bereich $\leq 0,4 \text{ m}$ ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Nicht zulässig bei Langlochziegeln!
- 2) Mindestabstand in Längsrichtung von Öffnungen $\geq 490 \text{ mm}$, vom nächsten Horizontalschlitz zweifache Schlitzlänge.
- 3) Die Tiefe darf um 10 mm erhöht werden, wenn Werkzeuge verwendet werden, mit denen die Tiefe genau eingehalten werden kann. Dabei dürfen auch in Wänden $\geq 240 \text{ mm}$ gegenüberliegende Schlitzte mit jeweils 10 mm Tiefe ausgeführt werden.

Vertikale Schlitz und Aussparungen in mm, nachträglich hergestellt (DIN 1053-1, Tab. 10 bzw. DIN EN 1996-1-1, Tab. NA.19)

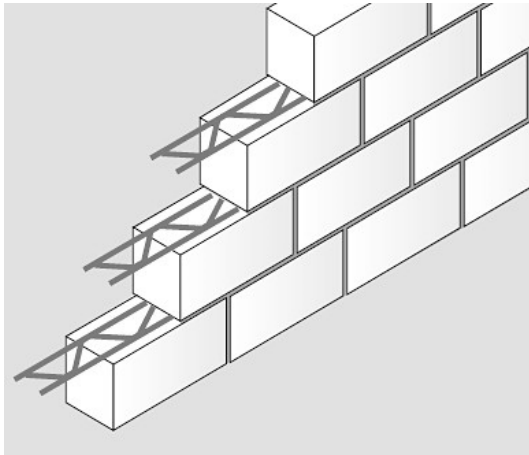
Wanddicke d	Schlitztiefe ¹⁾	Einzelschlitzbreite ²⁾	Abstand von Öffnungen
$115 \leq d < 149$	≤ 10	≤ 100	≥ 115
$150 \leq d < 174$	≤ 20		
$175 \leq d < 199$	≤ 30	≤ 150	
$240 \leq d < 300$		≤ 200	
$300 \leq d < 365$			
$365 \leq d$			



Randabstand ≥ 115 mm

1) Schlitz, die ≤ 1 m über Fußboden reichen, dürfen bei Wanddicken ≥ 240 mm bis 80 mm Tiefe und 120 mm Breite ausgeführt werden.
 2) Die Gesamtbreite von Schlitz darf je 2 m Wandlänge die Maße der zul. Schlitzbreiten vertikaler Schlitz im gemauerten Verband (siehe Tabelle unten) nicht überschreiten. Bei Wandlängen < 2 m sind diese Werte proportional zur Wandlänge zu verringern.

3.5 Bewehrtes Mauerwerk



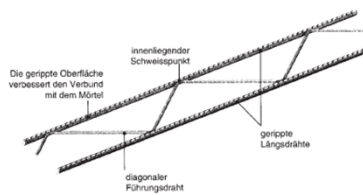
→ Optimierung der Mauerwerkeigenschaften sowie Vermeidung von Rissen durch Kombination von Mauerwerk und Bewehrung (in den Lagerfugen).

Änderung folgender statischer Eigenschaften

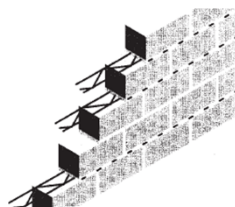
- Aufnahme der Zugkraft durch die Bewehrung, Aufnahme der Druckkraft durch das Mauerwerk (Verbesserung der Biegefähigkeit)
- Höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber stoßartigen, horizontalen Belastungen (z. B. Erdbeben)
- Aufnahme von Zugspannungen im Mauerwerk (Kriechen, Schwinden, Temperaturdehnungen, unterschiedliche Verformung benachbarter Bauteile, Wind).

Quelle: baunetzwissen.de

MURFOR® Mauerwerksbewehrung					
Art. Nr.	Breite mm	Länge Meter	Stück/ Bund/Pal.	€ per Stück	
Typ GER/Z Gerippter Stahl DIN 488 verzinkt					
64100500	50	3,05	25/ 400	5,35	
64101000	100	3,05	25/ 400	5,45	
64101500	150	3,05	25/ 400	5,55	
64101800	180	3,05	25/ 400	5,65	
Typ GER/E Gerippter Stahl DIN 488 verz. u. epoxydbeschichtet					
64200500	50	3,05	25/ 400	9,20	
64201000	100	3,05	25/ 400	9,70	
64201500	150	3,05	25/ 400	10,30	
64201800	180	3,05	25/ 400	10,70	
Typ GER/S Edelstahl gerippt (1.4310)					
64300500	50	3,05	25/ 400	14,95	
64301000	100	3,05	25/ 400	15,95	
64301500	150	3,05	25/ 400	16,85	
64301800	180	3,05	25/ 400	17,40	



- Murfor® ist ein vorgefertigtes Bewehrungselement, das sich zur konstruktiven Bewehrung eignet
- erhöht die Festigkeit von Mauerwerk bei erhöhter Biegezugbeanspruchung, wie auch bei Erd- oder Winddruck
- Sicherheit gegen Rissbildung insbesondere bei Setzungsunterschieden (Bergbaugelände), Tür- und Fensterstürzen und im Giebelbereich
- Punktlasten werden verteilt
- kann konventionellen Ringanker ersetzen
- einfachste Verarbeitung
- bei Bewehrungsstößen für bewehrtes Mauerwerk Murfor® - Elemente stumpf stoßen und Zulagestäbe dazulegen



Anforderungen an die Bewehrung:

- Stabdurchmesser max. 8 mm
- bei Außenwänden korrosionsbeständiges Material
- (bei Innenwänden nicht ...)

Anforderungen an den Mörtel:

- Normalmörtel, Gruppe III oder IIIa

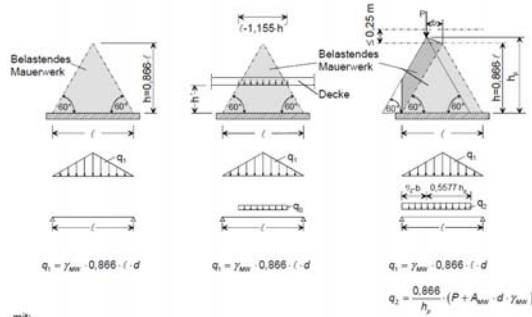


Quelle: http://www.kotaca.cz/FOTKY/49-Murfor_cakovice_2009.jpg

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

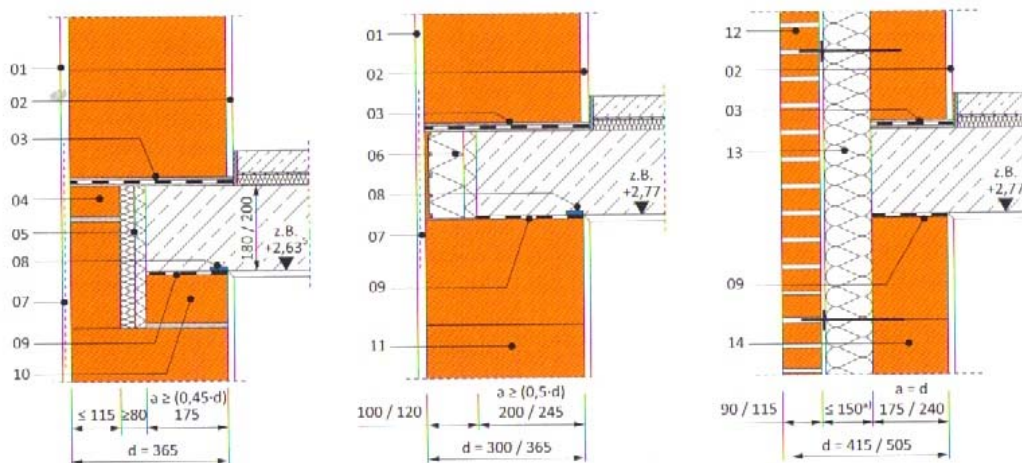
3.6 Konstruktive Details

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Mauerwerksspezifische Regelung in den Lastannahmen

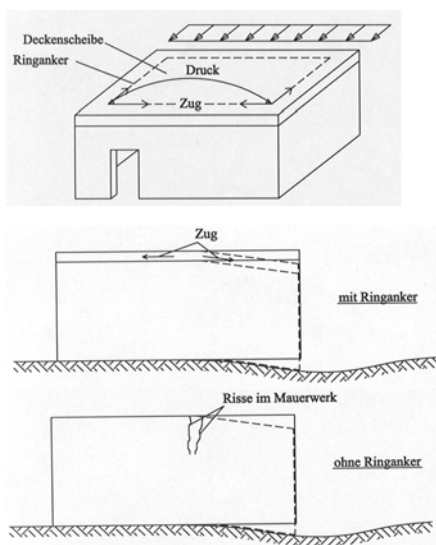
- $d \hat{=}$ Dicke des Mauerwerks
- $\gamma_{Mw} \hat{=}$ Wichte des Mauerwerks
- $q_0 \hat{=}$ max. Auflagerkraft der Decke
- $A_{Mw} = 0,5 \cdot (1,73 \cdot b - 0,866 \cdot l + h_p) \cdot (l - b)$



Ringanker und Ringbalken

Ringanker

103



→ Ein Ringanker erfüllt eine wesentliche Teilfunktion in Bezug auf die **Gesamtstabilität** eines Bauwerks.

Aufgaben

- 1) Scheibenbewehrung in den vertikalen Mauersegmenten
- 2) Teil der Scheibenbewehrung der Deckenscheiben
- 3) umlaufender Zugring zum „Zusammenhalten“ der Wände

Lage

- in jeder Deckenlage oder unmittelbar darunter
- Vereinigung mit Fensterstürzen o. ä. möglich
- Durchgängigkeit oberstes Prinzip!



→ Ringanker anordnen auf allen Außenwänden und auf den Innenwänden, die der Abtragung horizontaler Lasten (z. B. Wind) dienen .

Ringanker sind vorgeschrieben:

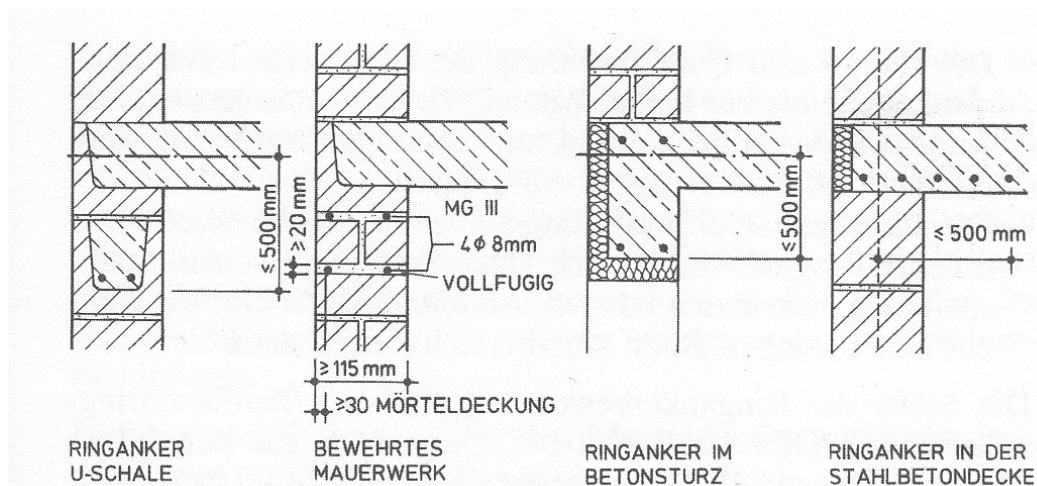
- bei Bauten mit mehr als zwei Vollgeschossen oder einer Länge > 18,00 m
- bei Wänden mit vielen und/oder großen Öffnungen, insbesondere wenn die Summe der Öffnungsweiten 60 % der Wandlänge oder bei Fensterbreiten von mehr als 2/3 der Geschosshöhe 40 % der Wandlänge übersteigt
- wenn der Baugrund es erfordert
- bei Decken ohne Scheibenwirkung
- unter Gleitfugen

→ Ringanker müssen unter Gebrauchslast eine Zugkraft von 30 kN aufnehmen können.

z. B. StB-Ringanker: B 500 → 2 Ø 10

Bild: www.hausbaublog.com

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Grafik: Schneider/Schubert: Mauerwerk kurz & bündig

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



→ Ringbalken sind dann vorzusehen, wenn im Mauerwerk durch ungewollte Verformungen und unterschiedliche Setzungen die daraus resultierenden Zugspannungen und **Biegemomente** infolge rechtwinklig zur Wandebene wirkender Lasten (z. B. Wind) aufgenommen werden müssen.

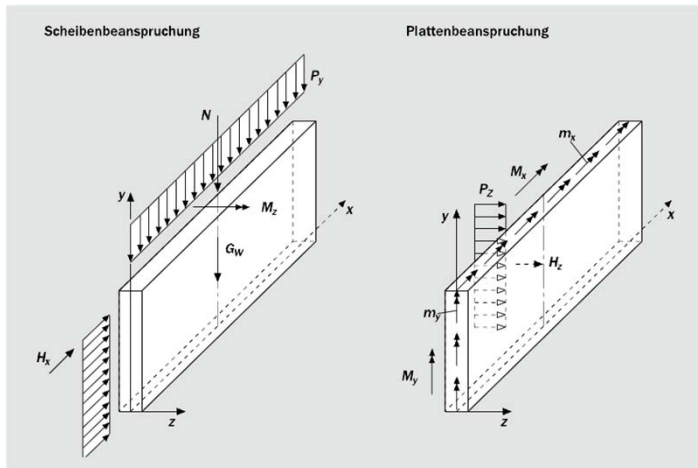
Quelle: Friedrich: Tabellenbuch Bautechnik, 5. Auflage, 2010

- Ringbalken bei Decken ohne Scheibenwirkung immer notwendig!
- Ringbalken können auch die Ringankerfunktion übernehmen. Dann müssen sie aber als „geschlossener Ring“ um die Geschossebenen geführt werden.

4. Bemessung

4.1 Grundlagen

Eurocode	Nationaler Anhang
DIN EN 1996-1-1:2012-12 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk	DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbew...
DIN EN 1996-1-2:2011-04 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk.. Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall	DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk.. Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
DIN EN 1996-2:2010-12 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk.. Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk	DIN EN 1996-2/NA:2012-01 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk.. Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
DIN EN 1996-3:2010-12 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk.. Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten	DIN EN 1996-3/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk.. Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten



Das Tragverhalten von Mauerwerk wird bestimmt durch die Eigenschaften:

- der Mauersteine
- des Mauermörtels

Grundsätzlich gilt:

→ **Druckfestigkeit >> Zug- und Biegefestigkeit**

Deshalb: Mauerwerk grundsätzlich nur für druckbeanspruchte Bauteile verwenden!

Scheibenbeanspruchung

→ Kräfte wirken in Richtung des Flächenbauteils

Plattenwirkung

→ Kräfte wirken orthogonal zum Flächenbauteil

Quelle: KALKSANDSTEIN Planung, Konstruktion, Ausführung; Kapitel 9: Bemessung;

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Grenzzustand der Tragfähigkeit (GdT/ULS)

- Zustand, bei dessen Überschreitung Einsturz oder andere Formen des Tragwerksversagens eintreten
 - Bemessung von Mauerwerk unter vertikaler Belastung
 - (Bemessung von Mauerwerk unter Schubbelastung)

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GdG/SLS)

- Zustand, bei dessen Überschreitung übermäßige Verformungen mit „ungünstigen Auswirkungen auf Teile, Oberflächen und technische Ausstattung ... eintreten“
 - Keine übermäßige Rissbildung
 - Keine „klaffenden“ Fugen ($e \leq l/3$)
 - „Randdehnungsnachweis“
- GdG gilt als erfüllt, wenn Nachweise im GdT nach dem Vereinfachten Verfahren geführt worden sind und Ausführung nach EC6-Teil 2+NA erfolgt

Quelle: Kranzler, T.: Vereinfachte Bemessung von Mauerwerk nach DIN EN 1996-3

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

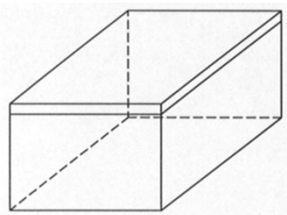
Alle am Bauwerk angreifenden Lasten (vertikale und horizontale Lasten) müssen sicher in den Baugrund geleitet werden, damit eine ausreichende Standsicherheit gewährleistet ist.

Im Mauerwerksbau übernehmen Wände und Decken die Aussteifung des Bauwerks.

Auf einen Nachweis der räumlichen Steifigkeit kann verzichtet werden, wenn:

- die **Decken** als **steife Scheiben** ausgebildet sind oder statt dessen Ringbalken vorhanden sind,
- in Längs- und Querrichtung des Bauwerkes eine **offensichtlich ausreichende Anzahl** von **aussteifenden Wänden** vorhanden ist.

Quelle:

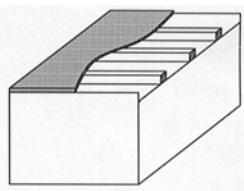
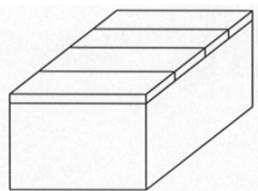
Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Konstruktionen mit Scheibenwirkung

- Stahlbetonplatten
- Stahlbetonrippenplatten aus Ortbeton
- Decken aus Stahlbetonfertigteilen mit verzahnter und vergossener Fuge sowie Ringanker
- Holzbalkendecken mit kraftschlüssig aufgenagelten Platten aus Holzwerkstoffen

Konstruktionen ohne Scheibenwirkung

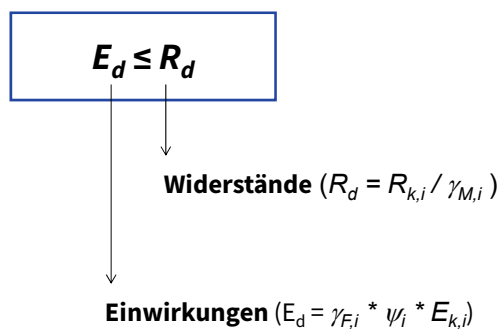
- Decken aus Stahlbetonfertigteilen ohne verzahnter und vergossener Fuge sowie Ringanker
- Traditionelle Holzbalkendecken mit Dielung



Quelle:

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Allgemeines Nachweisprinzip



→ Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept

Einwirkungen

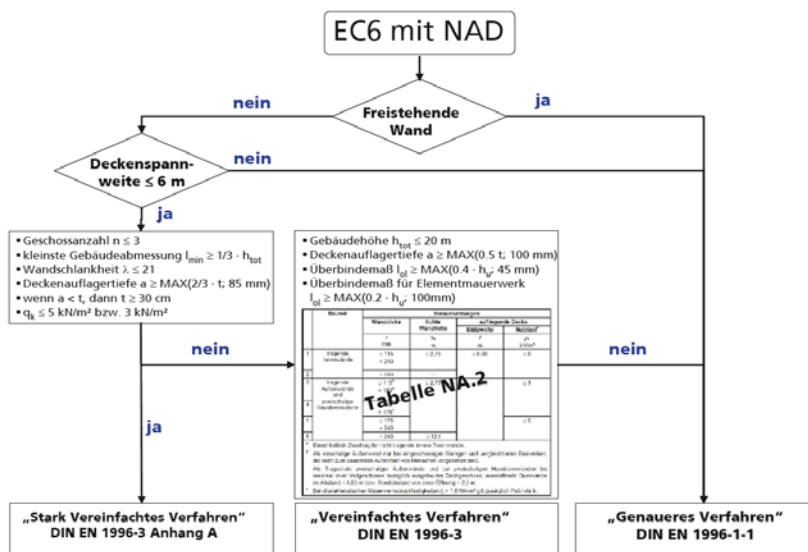
- charakteristische Werte der Einwirkungen und Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN EN 1990:2010-12 + NA
- Teilsicherheitsbeiwerten der Einwirkungen γ_F

Tragwiderstände

- charakteristische Werte der Baustofffestigkeiten als 5%-Fraktile
- Teilsicherheitsbeiwerte der (Material-)Widerstände γ_M

Ablauf der Nachweisführung nach EC 6

Ablauf der Nachweisführung

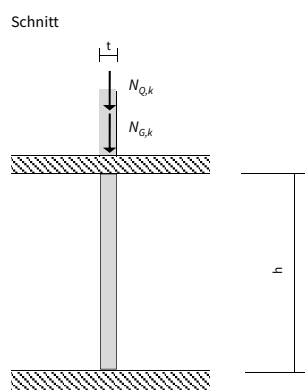


4.2 Stark vereinfachtes Verfahren

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Anwendungsgrenzen

121



- Geschosszahl $n \leq 3$ über Gelände
- lichte Geschosshöhe $h \leq 3,00$ m
- kleinste Gebäudeabmessung im Grundriss mindestens $1/3$ der Gebäudehöhe
- Wandschlankheit $\lambda \leq 21$
- Deckenauflagertiefe $a \geq \max(2/3 * t; 85 \text{ mm})$;
wenn $a < t$, dann $t \geq 30$ cm
- $q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$ (bzw. 3 kN/m^2)
- Wände sind rechtwinklig zur Wandebene durch Decken bzw. Dach in horizontaler Richtung gehalten

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Einwirkungen

$$N_{Ed} = 1,35 * N_{Gk} + 1,50 * N_{Qk}$$

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

$$\min N_{Ed} = 1,0 * N_{Gk} \text{ } ^2)$$

Widerstände

$$N_{Rd} = c_A * f_d * A$$

Nachweis

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

N_{Gk} Char. Wert der einwirkenden Normalkraft inf. Eigenlast

N_{Qk} Char. Wert der einwirkenden Normalkraft inf. Nutzlast

1) Vereinfachender Sonderfall bei Hochbauten mit Decken aus Stahlbeton und charakteristischen Nutzlasten von max. 3 kN/m²

2) Bei größeren Biegemomenten (z. B. Windscheiben)

$c_A = 0,70$ (wenn $a/t = 1,0$ und $h_{eff}/t \leq 10$)

$c_A = 0,50$ (wenn $a/t = 1,0$ und $10 \leq h_{eff}/t \leq 18$)

$c_A = 0,36$ (wenn $a/t = 1,0$ und $18 \leq h_{eff}/t \leq 21$)

$c_A = 0,45$ (wenn $a/t < 1,0$ und $t \geq 30$ cm und $\lambda \leq 21$)

a = Deckenaufлагertiefe

t = Wandstärke

f_d Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

= $0,85 * f_{kd} / \gamma_M$ (bei Langzeitbelastung)

= $1,00 * f_{kd} / \gamma_M$ (bei Kurzzeitbelastung)

A Brutto-Wandquerschnitt (→ ohne Öffnungen)

4.3 Vereinfachtes Verfahren

Bauteil	Voraussetzungen			
	Wanddicke <i>t</i> [mm]	Lichte Wandhöhe <i>h</i> [m]	aufliegende Decke	
			Stützweite <i>l_f</i> [m]	Nutzlast ¹⁾ <i>q_k</i> [kN/m ²]
1	≥ 115	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 5
2	< 240			
3	≥ 115 ²⁾	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 3
4	< 150 ²⁾			
5	≥ 150			
6	< 175			
7	≥ 175	≤ 12 · <i>t</i>	≤ 6,00	≤ 5
8	< 240			
9	≥ 240			

¹⁾ Einschließlich Zuschlag für nicht tragende innere Trennwände
²⁾ Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind; als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis maximal zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebauten Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand ≤ 4,50 m bzw. Randabstand von einer Öffnung ≤ 2,0 m

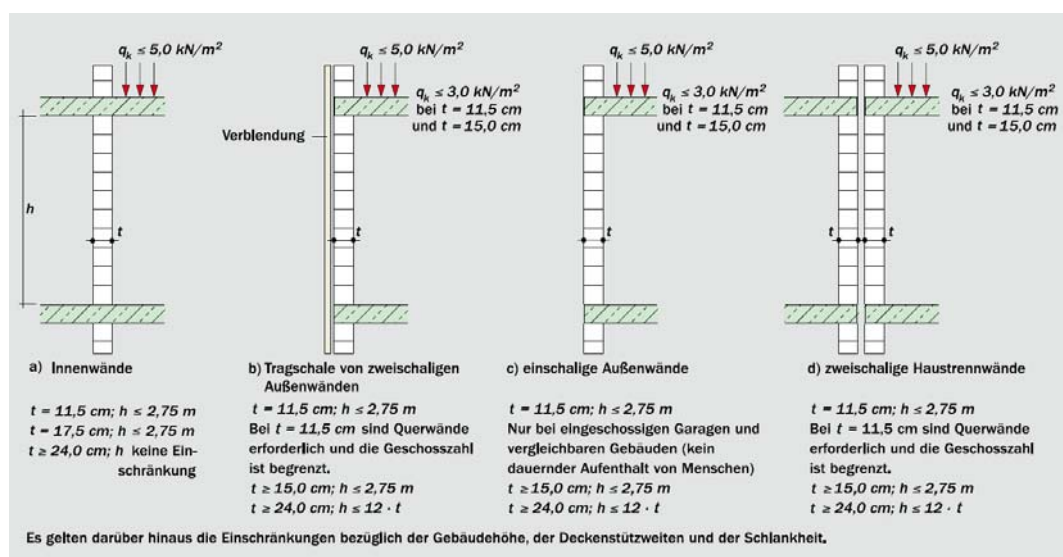
→ Anwendung des Vereinfachten Verfahrens deckt **85 % aller Fälle** im Mauerwerksbau ab!

→ Wenn die Anwendungsgrenzen des Vereinfachten Verfahrens für einzelne Wände nicht erfüllt sind, müssen **diese** nach dem **Genaueren Verfahren** nachgewiesen werden.

- Gebäudehöhe < 20 m über Gelände
- Deckenstützweiten $l \leq 6,0$ m
- Horizontale Lasten nur Wind oder Erddruck
- keine größeren planmäßigen Exzentrizitäten
- Überbindemaß l_{ot} muss eingehalten sein

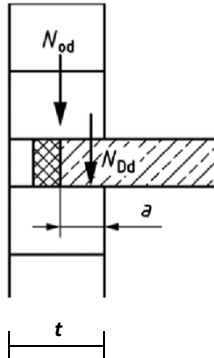
Quelle: KALKSANDSTEIN: Bemessung nach Eurocode 6

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: KALKSANDSTEIN: Bemessung nach Eurocode 6

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



→ Die Deckenaufлагertiefe a muss mindestens die halbe Wandstärke t , jedoch mehr als 100 mm betragen.

$$a \geq 0,5 \cdot t$$

$$a \geq 100 \text{ mm}$$

→ Bei einer Wandstärke von $t \geq 365 \text{ mm}$, darf die Deckenaufлагertiefe wie folgt reduziert werden:

$$a \geq 0,45 \cdot t$$

Einwirkungen

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,50 \cdot N_{Qk}$$

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

$$\min N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}^{2)}$$

Widerstände

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot f_d \cdot A$$

Nachweis

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

N_{Gk} Char. Wert der einwirkenden Normalkraft inf. Eigenlast

N_{Qk} Char. Wert der einwirkenden Normalkraft inf. Nutzlast

1) Vereinfachender Sonderfall bei Hochbauten mit Decken aus Stahlbeton und charakteristischen Nutzlasten von max. 3 kN/m²

2) Bei größeren Biegemomenten (z. B. Windscheiben) ist Nachweis für $\min N + \max M$ zu führen

Φ_s Traglastfaktor (= $\min \{ \Phi_1; \Phi_2 \}$)

f_d Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

= $0,85 \cdot f_{kd} / \gamma_M$ (bei Langzeitbelastung)

= $1,00 \cdot f_{kd} / \gamma_M$ (bei Kurzzeitbelastung)

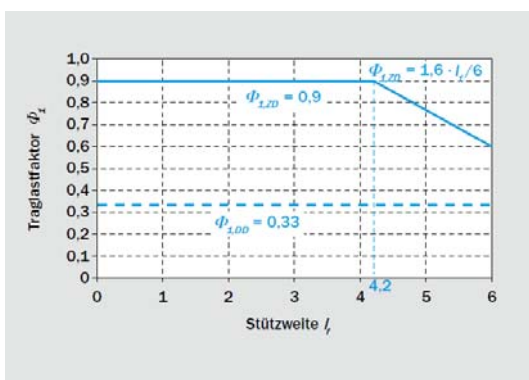
A Brutto-Wandquerschnitt (→ ohne Öffnungen)

→ Bei Wandquerschnitten mit $A < 0,1 \text{ m}^2$ („Pfeiler“) Abminderung von f_d mit dem Faktor 0,8

(Hintergrund: fehlendes Lastumlagerungspotenzial)

Traglastfaktoren ϕ

Faktor ϕ_1 : Einfluss der Deckenverdrehung



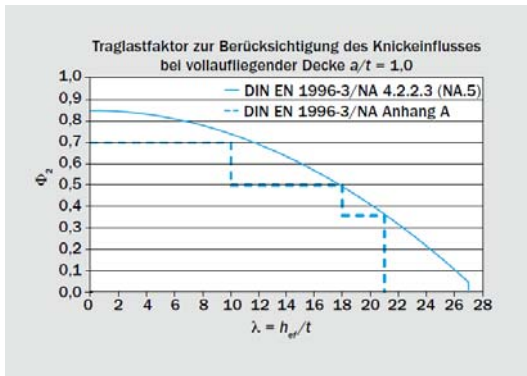
- Traglastfaktor zur Berücksichtigung einer exzentrischen Lasteinleitung infolge Deckenverformung
- Nur bei **Endauflagern** von Decken maßgebend!
- bei **Dachdecken**: $\phi_1 = 0,333$ (wg. fehlender bzw. geringer verdrehungsmindernder Auflast)
- Wird die Traglastminderung durch konstruktive Maßnahmen (z. B. Zentrierleisten) vermieden, gilt unabhängig von der Stützweite:
 $\phi_1 = 0,9$ (bei voll aufliegender Deckenplatte)
 $\phi_1 = 0,9 \cdot a/t$ (bei teilweise aufliegender Deckenplatte)

Traglastfaktor

$$\phi_1 = 1,6 - l_f/6 \leq 0,9 \cdot a/t \rightarrow (\text{für } f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2)$$

$$\phi_1 = 1,6 - l_f/5 \leq 0,9 \cdot a/t \rightarrow (\text{für } f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2)$$

l_f = Stützweite der Decke [m] (bei zweiachsig gespannten Decken ist l_f die kürzere Spannweite)
 a/t = Verhältnis von Deckenaufлагertiefe und Wandstärke



- Berücksichtigung des Schlankheitseinflusses (Momente nach Theorie II. Ordnung) auf die Tragfähigkeit der Wand
- Wichtige **Anwendungsvoraussetzung**: in halber Wandhöhe dürfen nur Biegemomente aus Knotenmomenten infolge Deckenverdrehung bzw. aus Windlasten vorhanden sein!
- Bei größeren horizontalen Lasten (z. B. Fahrzeuganprall oder Menschengedränge) oder bei größeren planmäßig exzentrisch eingetragenen Vertikallasten ist der Nachweis nach dem genaueren Verfahren zu führen!

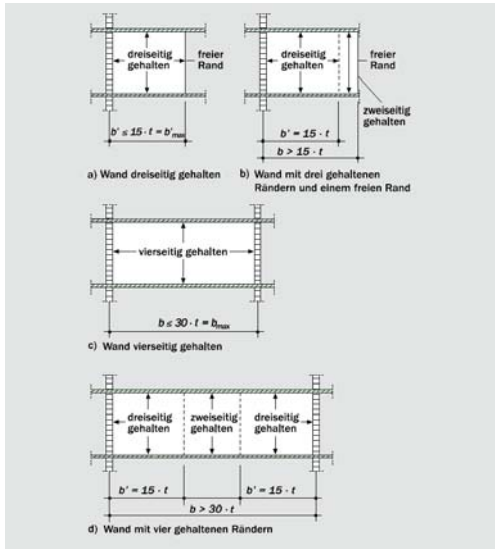
Traglastfaktor

$$\phi_2 = 0,85 * a/t - 0,0011 * \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2$$

h_{ef} = Knicklänge

a/t = Verhältnis von Deckenauflagertiefe und Wandstärke

Knicken und Wandschlankheit



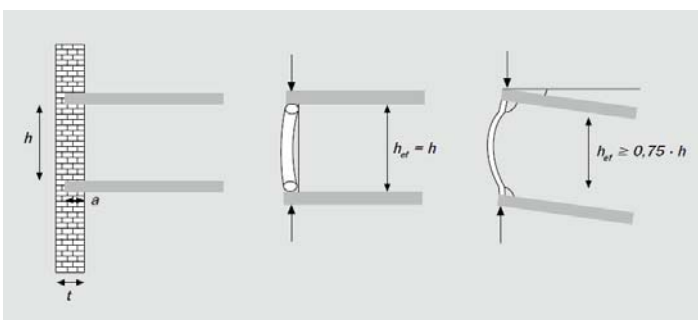
→ Die (horizontale) **Halterung** der Wände (durch querstehende, aussteifende Wände) beeinflusst maßgeblich das **Knickverhalten** der aussteifenden Wand!

→ Wenn $b > 30 \cdot t$ bzw. $b' > 15 \cdot t$, dann Wände **zweiseitig gehalten**.

→ Wenn $b' < 15 \cdot t$, dann Wände **dreiseitig gehalten!**

→ Wenn $b < 30 \cdot t$, dann Wände **vierseitig gehalten!**

→ Faktor ρ_2 größer als bei zweiseitiger Halterung braucht nicht angesetzt zu werden!



Knicklänge im Regelfall:

$h_{ef} = h$

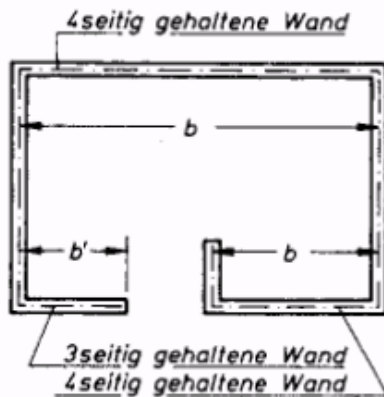
Abminderdurchng der Knicklänge möglich bei Einspannung der Wände flächig aufgelagerte Massivdecken:

$h_{ef} = \rho_2 \cdot h_s$

→ ρ_2 = Abminderungsbeiwert

→ Mindestauflagertiefe a beachten!

Wanddicke t [mm]	ρ_2 [-]	Mindestauflagertiefe a [cm]
$t \leq 175$	0,75	$a = t$
$175 < t \leq 250$	0,90	$a \geq 17,5$ UND $t \geq 24$ cm
$t > 250$	1,00	$a \geq 17,5$



$$3\text{-seitig gehalten: } h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_3 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot b'}\right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \geq 0,3 \cdot h$$

4-seitig gehalten:

$$\text{Für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} \leq 1: h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_4 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{b}\right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h$$

$$\text{Für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} > 1: h_{ef} = \alpha_4 \cdot \frac{b}{2}$$

b' Abstand d. freien Randes v. d. M. der aussteif. Wand

b Mittenabstand der aussteifenden Wand

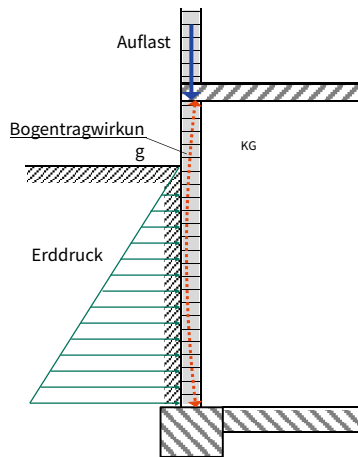
$\alpha_{3/4}$ Anpassungsfaktor für Elementmauerwerk

→ Berücksichtigung verminderter Überbindemaße

→ bei Steinen, Blöcken, Blocksteinen: $\alpha_3 = \alpha_4 = 1,0$

→ Gemäß NCI im NA (für Deutschland) wird in den Gleichungen für 3- und 4-seitige Haltung ρ_2 verwendet!

4.4 Bemessung von Kelleraußenwänden



Situation / Randbedingungen

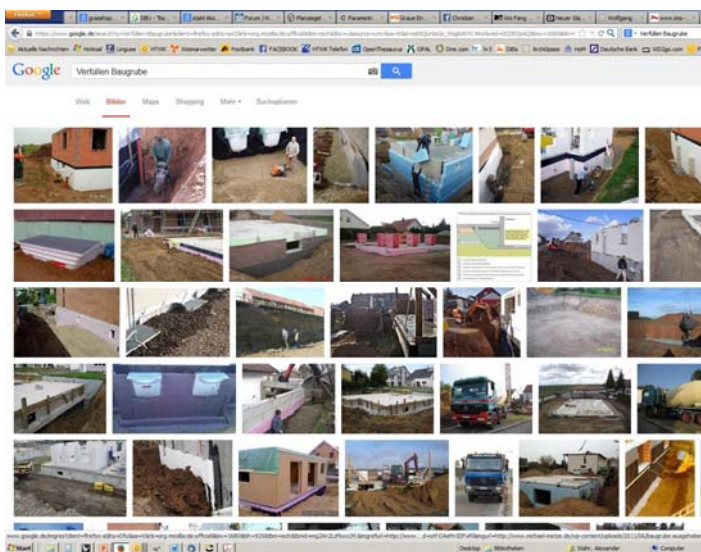
- **Vertikallasten** aus Geschossdecken und aufgehenden Bauteilen
- **Horizontallasten** aus Erdanschüttung (bewirken zusätzliche Biegebeanspruchung und Querkraft)
- Biegebeanspruchung verursacht **Biegezugspannungen** auf der Innenseite der Wand, die vom Mauerwerk **nicht aufgenommen** werden können
- Lastabtrag über **einachsige Bogentragwirkung** zwischen Geschossdecke und Fundament
- **Auflagerfunktion** am Wandkopf muss durch ausreichend große Auflast (vertikal) und steife Deckenscheibe (horizontal) gewährleistet werden.

→ Das Verhältnis von Horizontal- und Vertikallast ist daher entscheidend für das Tragverhalten.

→ Ungünstig sind insbesondere Einwirkungskombinationen mit geringer Vertikallast!

→ Bauzustände bedürfen daher besonderer Beachtung!

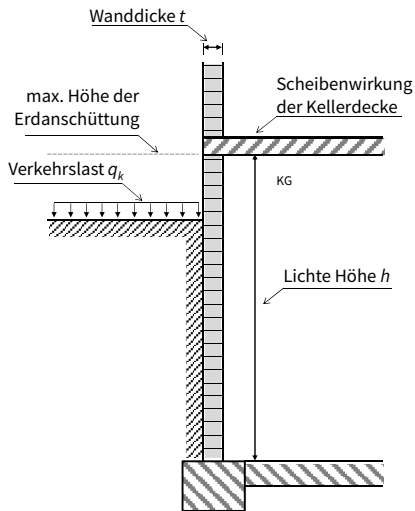
Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



Quelle: www.google.de

- Das Verfüllen des Erdreiches an die Kelleraußenwand darf erst **nach der Fertigstellung der Kellerdecke** und bei dem durch den Planer vorgegebenen Baufortschritt zur Gewährleistung der **minimal erforderlichen Auflast** auf die Kellerwand erfolgen.
- Beim Verfüllen nur mit nichtbindigen Böden und Verdichtungsgeräte mit einem **Gewicht von weniger als 100 kg**.
- Es ist **lagenweise** zu verdichten oder es sind **zusätzliche Abstützungen** der Wand für den Bauzustand auszuführen.
- Waagerechte Abdichtung muss aus besonderer Bitumendachbahn (R500) bestehen

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr



- **Wanddicke** $t \geq 200$ mm
- **Lichte Höhe** der Kellerwand $h \leq 2,60$ m
- Kellerdecke wirkt als **Scheibe** (und kann die aus dem Erddruck resultierenden Kräfte übernehmen)
- **Höhe der Erdanschüttung** $h_e \leq 1,15 h$
- Charakteristische **Nutzlast** (Auflast) im wandnahen Bereich: $q_k \leq 5$ kN/m²
- Keine Einzellast $F \geq 15$ kN im Abstand $a < 1,5$ m zur Wand
- Keine **Geländeneigung**
- Kein **hydrostatischer Druck**

Einwirkungen

$$N_{Ed,max} = 1,35 * N_{Gk} + 1,50 * N_{Qk}$$

$$N_{Ed,min} = 1,0 * N_{Gk}$$

Widerstände

$$N_{Rd,max} = 1/3 * t * f_d$$

$$N_{Rd,min} = \rho_e \cdot h \cdot h_e^2 / \beta \cdot t$$

Nachweise

$$N_{Ed,max} < N_{Rd,max}$$

$$N_{Ed,min} > N_{Rd,min}$$

→ Die Bemessungswerte der maßgebenden **Wandnormalkräfte** $N_{Ed,max}$ und $N_{Ed,min}$ müssen sich innerhalb der u. g. Grenzwerte bewegen.

→ Nachweis in halber Anschütthöhe ($h_e/2$)

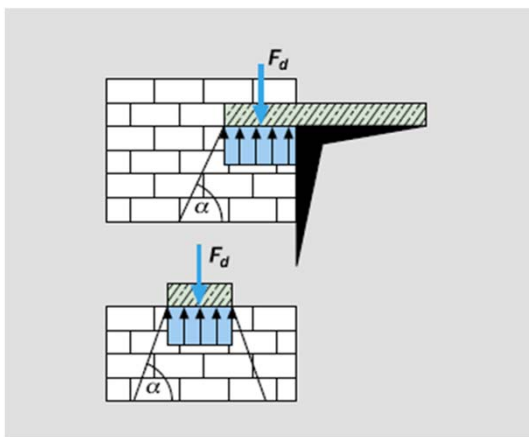
- $N_{Ed,max}$ = Bemessungswert der größten vertikalen Belastung der Wand in halber Anschütthöhe
- $N_{Ed,min}$ = Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung der Wand in halber Anschütthöhe
- f_d = Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit
- t = Wanddicke
- ρ_e = Wichte der Anschüttung („Verfüllmaterial“)
- h = lichte Höhe der Kellerwand
- h_e = Höhe Anschüttung
- b_c = Achsabstand zwischen aussteifenden Querwänden
- $\beta = 20$ für $b_c \geq h$
 $= 60 - 20 b_c/h$ für $h < b_c < 2 h$
 $= 40$ für $b_c \leq h$

4.5 Nachweis der Auflagerpressung

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Teilflächenpressung

144 144



→ Nach DIN EN 1996-3 (Vereinfachtes Verfahren) sind Teilflächenlasten nach DIN EN 1996-1-1, 6.1.3 einschl. NA zu behandeln!

- bei punktueller Lasteinleitung
- begünstigender Effekt des mehrachsigen Spannungszustandes kann über eine **Erhöhung der zulässigen Teilflächenpressung** in Rechnung gestellt werden.
- Einhaltung Überbindemaß ($\ddot{u} \geq 0,4 \cdot h$) unbedingt erforderlich, wg. Spaltzugkräften
- Lastausbreitungswinkel α (i. Allg.) = 60°

→ Nachweis in Wandmitte (Knicken) sowie am Wandfuß zusätzlich notwendig

Quelle: KALKSANDSTEIN Planung, Konstruktion, Ausführung; Kapitel 9: Bemessung;

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Einwirkungen

$$N_{Edc} = 1,35 * N_{GK} + 1,50 * N_{QK}$$

Widerstände

$$N_{Rdc} = \beta * A_b * f_d$$

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_c} \right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right)$$

$$\rightarrow 1,0 \leq \beta < \min \left\{ 1,25 + \frac{a_1}{2 \cdot h_c}, 1,5 \right\}$$

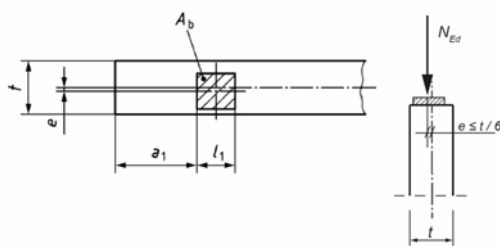
Nachweis

$$N_{Edc} < N_{Rdc}$$

- Nachweis in halber Wandhöhe ($h_c/2$)
- Mindestrandabstand: $a_1 > 3 \cdot l_1$
- **Erhöhungsfaktor β** beschreibt lokal begünstigenden Effekt eines räumlichen Spannungszustandes
- Überprüfung der (geometrischen) Voraussetzungen für die räumliche Lastausbreitung erforderlich!

- N_{Edc} = Bemessungswert der vertikalen Einzellast
- N_{Rdc} = Bemessungswert des Tragwiderstandes der Wand
- β = Erhöhungsfaktor für Teilflächenlasten
- a_1 = Abstand der belasteten Fläche zum nächstgel. Rand
- h_c = Höhe der Wand bis zur Lasteintragungsebene
- A_b = belastete Fläche
- A_{ef} = wirksame Wandfläche
- A_b/A_{ef} = soll nicht größer als 0,45 eingesetzt werden!
→ Limitierung des Einflusses der Wandhöhe

Nachweis bei randnaher Einzellast



$$\beta = 1 + 0,1 \frac{a_1}{h_c} \leq 1,5$$

- Wenn Randabstand: $a_1 \leq 3 \cdot l_1$
- Ohne Randabstand ($a_1 = 0$) → $\beta = 1,1$
- Rechenwert ($\beta = 1,0$) unwirtschaftlich und mechanisch nicht korrekt, da einseitige Lastausbreitung möglich
- Annahme ($\beta = 1,1$) → liegt auf der sicheren Seite
- Alternativ: β nach Regelnachweis ermitteln (F. 150)

- β = Erhöhungsfaktor für Teilflächenlasten
- a_1 = Abstand der belasteten Fläche zum nächstgel. Rand
- h_c = Höhe der Wand bis zur Lasteintragungsebene
- l_1 = Breite der Lasteinleitungsfläche
- A_b = belastete Fläche
- t = Wanddicke

4.6 Genaueres Verfahren

Folgende Einflüsse werden berücksichtigt:

- Biegemomente infolge der Deckeneinspannung
- Biegemomente infolge Wind oder Erddruck
- Planmäßige und ungewollte Ausmitten
- Theorie II. Ordnung (Knicksicherheitsnachweis)
- Kriechen
- Höhere Tragfähigkeit von Wandprofilen

Zu führende Nachweise:

- Nachweis des Wand-Decken-Knotens (Druck)
- Nachweis der Knicksicherheit (Wandmitte)
- Nachweis der Wand auf Schub (quer und längs)
- Nachweis der Wand auf Zug oder Biegezug

Vorteile:

- Es können größere Bauwerkshöhen realisiert werden.
- Konstruktionen können schlanker ausgeführt werden.

Anhang

Charakteristische Druckfestigkeit f_k in N/mm² von Einsteinmauerwerk* mit Normalmauermörtel

Steindruckfestigkeitsklasse	f_k N/mm ²			
	NM II	NM IIa	NM III	NM IIIa
4	2,1	2,4	2,9	---
6	2,7	3,1	3,7	---
8	3,1	3,9	4,4	---
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
20	5,3	6,7	7,5	8,4
28	5,3	6,7	9,2	10,3
36	5,3	6,7	10,6	11,9
48	5,3	6,7	12,5	14,1
60	5,3	6,7	14,3	16,0

*) aus:

- Hochlochziegeln mit Lochung A (HLZA)
- Hochlochziegeln mit Lochung B (HLzB)
- Mauertafelziegeln T1
- Kalksand-Loch- und Hohlblocksteinen

- Bei Verbandmauerwerk sind die Tafelwerte um 20 % zu verringern!
- weitere Tabellen siehe Norm bzw. aktuelle Tabellenbücher
- gesonderte Werte für Steine mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ), z. B. KS-XL

Steindruckfestigkeitsklasse	f_k N/mm ²			
	NM II	NM IIa	NM III	NM IIIa
2	---	---	---	---
4	2,8	3,2	3,5	4,0
6	3,6	4,0	4,5	5,0
8	4,2	4,7	5,3	5,9
10	4,8	5,4	6,0	6,8
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
36	10,2	11,4	12,6	14,1
48	10,2	11,4	14,4	16,2
60	10,2	11,4	14,4	16,2

*) aus:

- Vollziegeln
- Kalksand-Vollsteinen
- Kalksand-Blocksteinen

→ Signifikanter Einfluss der Lochung der Steine auf die Gesamttragfähigkeit des Mauerwerks

→ bei gleicher SFK teils deutlich höhere Festigkeiten (bis zu 200 %)!

Quelle: DIN EN 1996-3/NA/A1:2013-07 -Entwurf-; Tabelle: NA.D.4

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Steindruckfestigkeitsklasse	f_k N/mm ²	
	LM 21	LM 36
2	1,2	1,3
4	1,6	2,2
6	2,2	2,9
8	2,5	3,3
10	2,8	3,3
12	3,0	3,3
16	3,0	3,3
20	3,0	3,3
28	3,0	3,3

*) aus:

- Mauerziegeln
- Kalksandsteinen

→ Signifikanter Einfluss der (i. V. zu Normalmörtel verringerten) Festigkeit des Mauermörtels auf die Gesamttragfähigkeit des Mauerwerks

→ bei gleicher SFK und Verwendung von Leichtmörtel deutlich geringere Festigkeiten!

Quelle: DIN EN 1996-3/NA/A1:2013-07 -Entwurf-; Tabelle: NA.D.5

Mauerwerksbau (7.5.4)
HTWK Leipzig, Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Stahr

Steindruckfestigkeitsklasse	f_k N/mm ²			
	Planelemente		Plansteine	
	KS XL	KS XL-N, KS XL-E	KS P	KS L-P
2	---	---	---	---
4	2,9	2,9	2,9	2,9
6	4,0	4,0	4,0	3,7
8	5,0	5,0	5,0	4,4
10	6,0	6,0	6,0	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	7,6
28	16,0	13,8	13,8	7,6
36	16,0	13,8	16,8	7,6
48	16,0	13,8	16,8	7,6
60	16,0	13,8	16,8	7,6

*) aus:

- Kalksand-Plansteinen
- Kalksand-Planelementen

→ Signifikanter Einfluss der Dicke der Mauerfuge auf die Gesamttragfähigkeit des Mauerwerks

→ bei gleicher SFK und Verwendung von Dünnbettmörtel deutlich höhere Festigkeiten!

Steindruckfestigkeitsklasse	f_k N/mm ²
2	1,8
4	3,0
6	4,1
8	5,1

*) aus:

- Porenbetonsteinen

Vielen Dank!

