

# Übungsaufgaben Mauerwerksbau

Peter Schöps

Institut für Massivbau

<http://www.tu-dresden.de/biwitb/mbau>

Technische Universität Dresden

<http://www.tu-dresden.de>

13. Februar 2025

## Allgemeine Hinweise

Neben den Vorlesungsunterlagen können die Angaben zur Lösung der Aufgaben auch aus *Schneider Bautabellen* entnommen werden. Die Lastannahmen sind bspw. in Kapitel 3 und die Gleichungen und Werte für das Mauerwerk sind in Kapitel 7 enthalten. Die für die Bemessung des Bestandsmauerwerks in der ersten Aufgabe notwendigen Angaben sind in Kapitel 6 C Abschnitt 3 zu finden. Als Auszug aus dem EC 6 sind diese Angaben auch hier als Anlage beigefügt. Die Last- und Schnittgrößenermittlung kann vereinfacht erfolgen. Die Auflagerkräfte können z. B. über Lastezugsflächen abgeschätzt werden.

## 1 Aufgabe Bestand

Nachzuweisen ist die Kellerinnenwand eines Bestandsgebäudes, das um ein Geschoß aufgestockt werden soll. Die geometrischen Werte sind den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen. Das Mauerwerk ist in Bild 3 dargestellt.

### 1.1 Annahmen:

Nutzung:	Wohnräume
Fußbodenaufbau:	$g_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$
Dach:	Erzeugt keine Last auf die Mittelwand
Decke 2.OG:	Stahlbetondecke $h = 22 \text{ cm}$
Decken EG und 1. OG:	Holzbalkendecken mit Auflager auf der Innenlängswand
Kellerdecke:	Gewölbe $h = 11,5 \text{ cm}$ und ca. $20 \text{ cm}$ Füllung
Mauerwerk:	gemäß Abbildung 3

### 1.2 Teilaufgaben

1. Bestimmen Sie die Mauerwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 1996-1-1/NA Anhang NA.L
2. Ermitteln Sie die maßgebende Normalkraft.
3. Führen Sie den Nachweis unter der vereinfachten Annahme einer zentrischen Lasteinleitung.

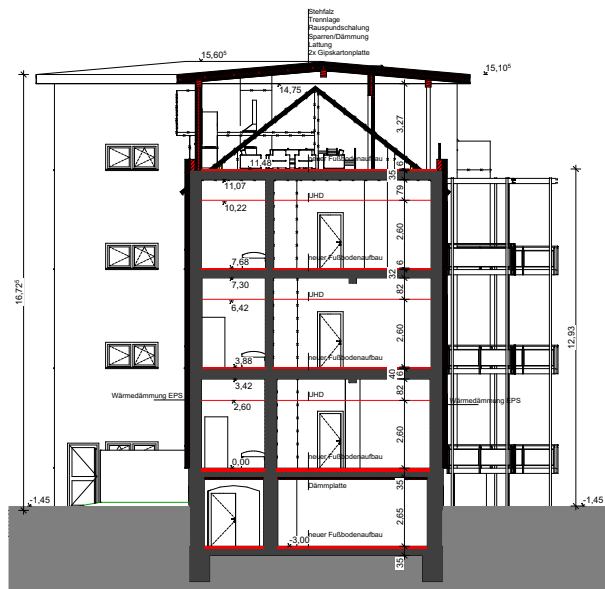


Abbildung 1: Schnitt durch das Bestandsgebäude mit geplanter Aufstockung

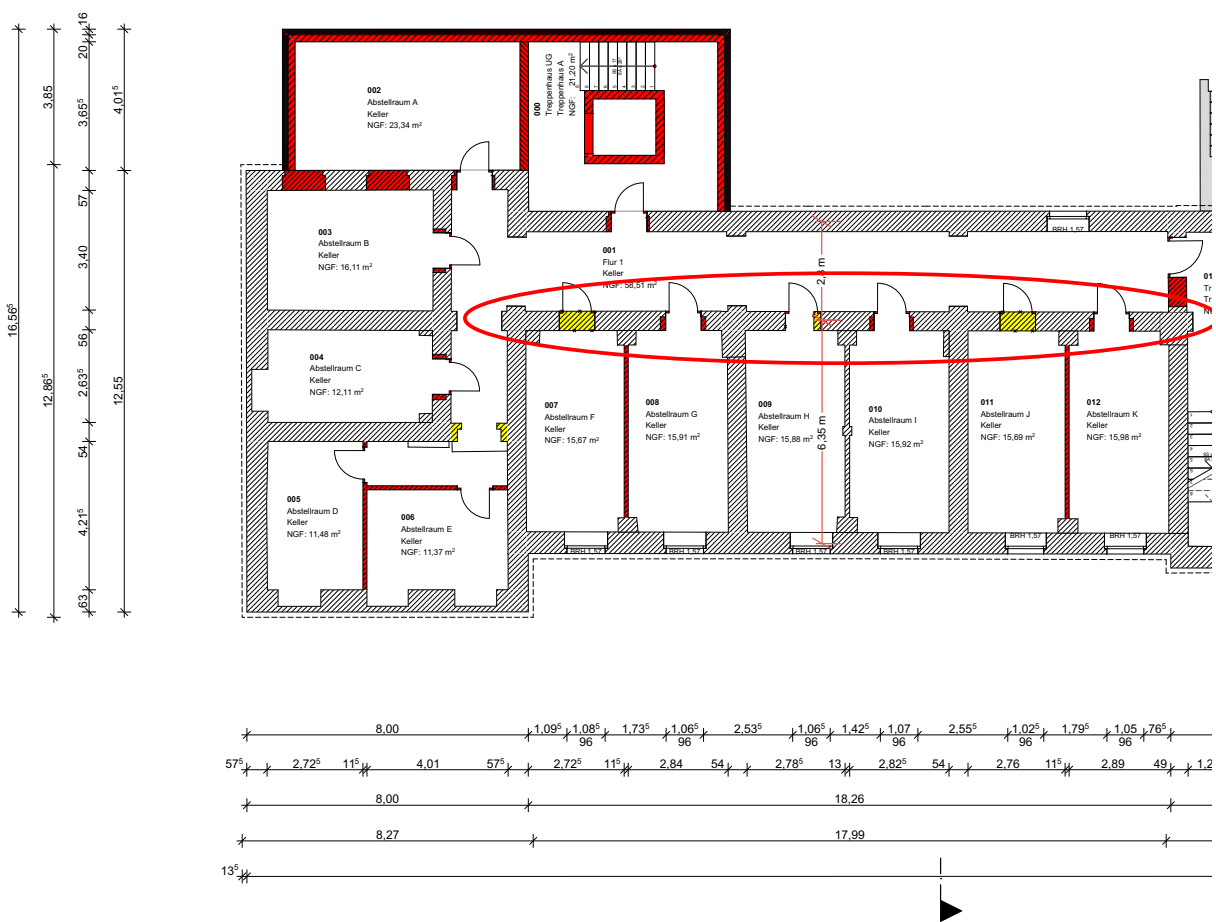


Abbildung 2: Kellergrundriss mit der nachzuweisenden Innenwand



Abbildung 3: Ansicht der Kellerinnenwand aus Granitsteinen und Kalkmörtel (M 1)

## 2 Aufgabe Kellerwand

Der Keller eines Gebäudes ist nur einseitig angeschüttet (siehe Abbildungen 4). Die Kellerwände sollen entgegen der ursprünglichen Planung (Stahlbeton) in Mauerwerk aus Kalksandsteinen hergestellt werden. Während der Bauphase soll so früh wie möglich die Baugrube verfüllt werden. Hierfür ist die Mindestauflast zu bestimmen ( $\gamma_E = 1,0$ ).

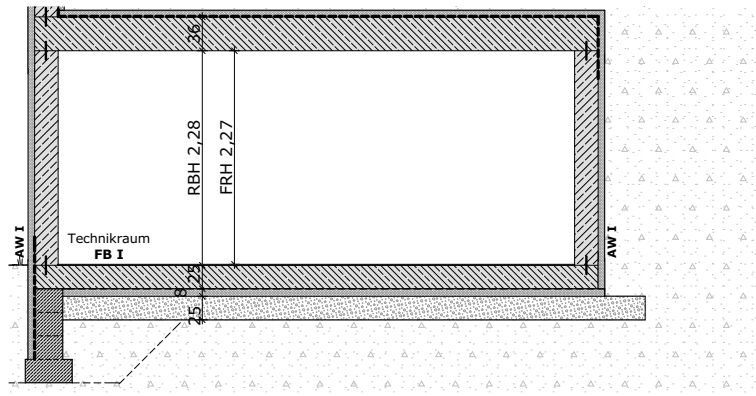


Abbildung 4: Schnitt durch den Keller

### 2.1 Annahmen:

Querwände:	Der Abstand ist größer als $2 \cdot h$ .
Höhe der Erdanschüttung	$h_e = h$
Nutzlast:	$q_k = 0,4 \cdot g_k$ ( $g_k =$ Mindestauflast) Achten Sie auf die Teilsicherheitsfaktoren.
Material:	KS P 20 - 1,8 und Dünnbettmörtel
Wandstärke:	$t = 24 \text{ cm}$
Wichte der Anschüttung:	$\rho_e = 18 \text{ kN/m}^3$ (kein Anstieg des Geländes)
Nutzlast Gelände:	$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
Erddruckansatz:	Dreieckig verteilter aktiver Erddruck $K_{aph} = K_{agh} = 0,33$
Abdichtung:	R500 Bitumenbahn in der ersten Lagerfuge

### 2.2 Teilaufgaben

1. Prüfen Sie die Anwendungsbedingungen für das vereinfachte Verfahren.
2. Bestimmen Sie die Mindestauflast unter Verwendung der Nachweisgleichungen für das vereinfachte Verfahren.
3. Leiten Sie vereinfacht die maximale Last aus der Mindestauflast ab und führen den zweiten Nachweis.
4. Berechnen Sie die Aussteifungslast aus dem Erddruck für eine Gebäudelänge von 12 m.

### 3 Aufgabe Aussteifung

Die im vorangegangenen Abschnitt berechnete Aussteifungslast soll über zwei Wände in die Bodenplatte abgeleitet werden. Die Wände sind in der Abbildung 5 dargestellt. Die dritte Wand trägt nicht mit. Vereinfacht soll hier von einer gleichmäßigen Aufteilung auf die Wände (1/2) und gleichen Wändlängen ausgegangen werden. Außerdem wirkt die vertikale Last in Wandmitte sowohl in Längs- als auch in Querrichtung.

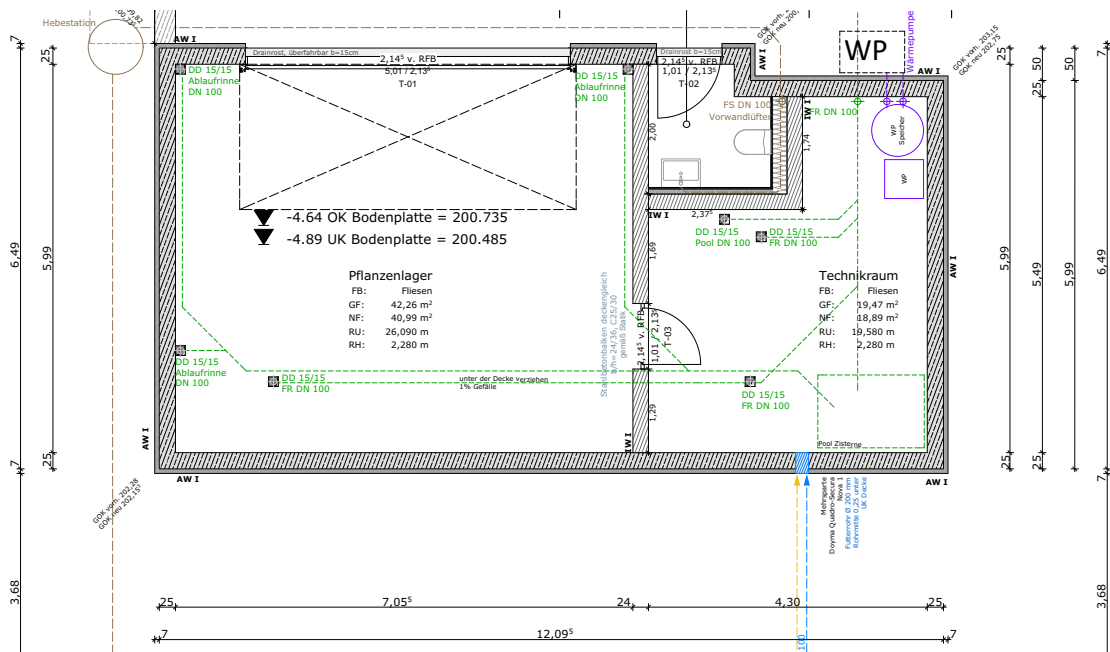


Abbildung 5: Grundriss des Kellergeschosses

#### 3.1 Annahmen:

- Material: KS P 20 - 1,8 und Dünnbettmörtel
- Wandstärke:  $t = 24 \text{ cm}$
- Wandlänge:  $l = 5,0 \text{ m}$
- Auflast:  $G_k = 100 \text{ kN}, Q_k = 50 \text{ kN}$

#### 3.2 Teilaufgaben

1. Weisen Sie die Wandscheiben unter der Querkraftbeanspruchung nach dem genaueren Verfahren nach.
2. Führen Sie den Randdehnungsnachweis.



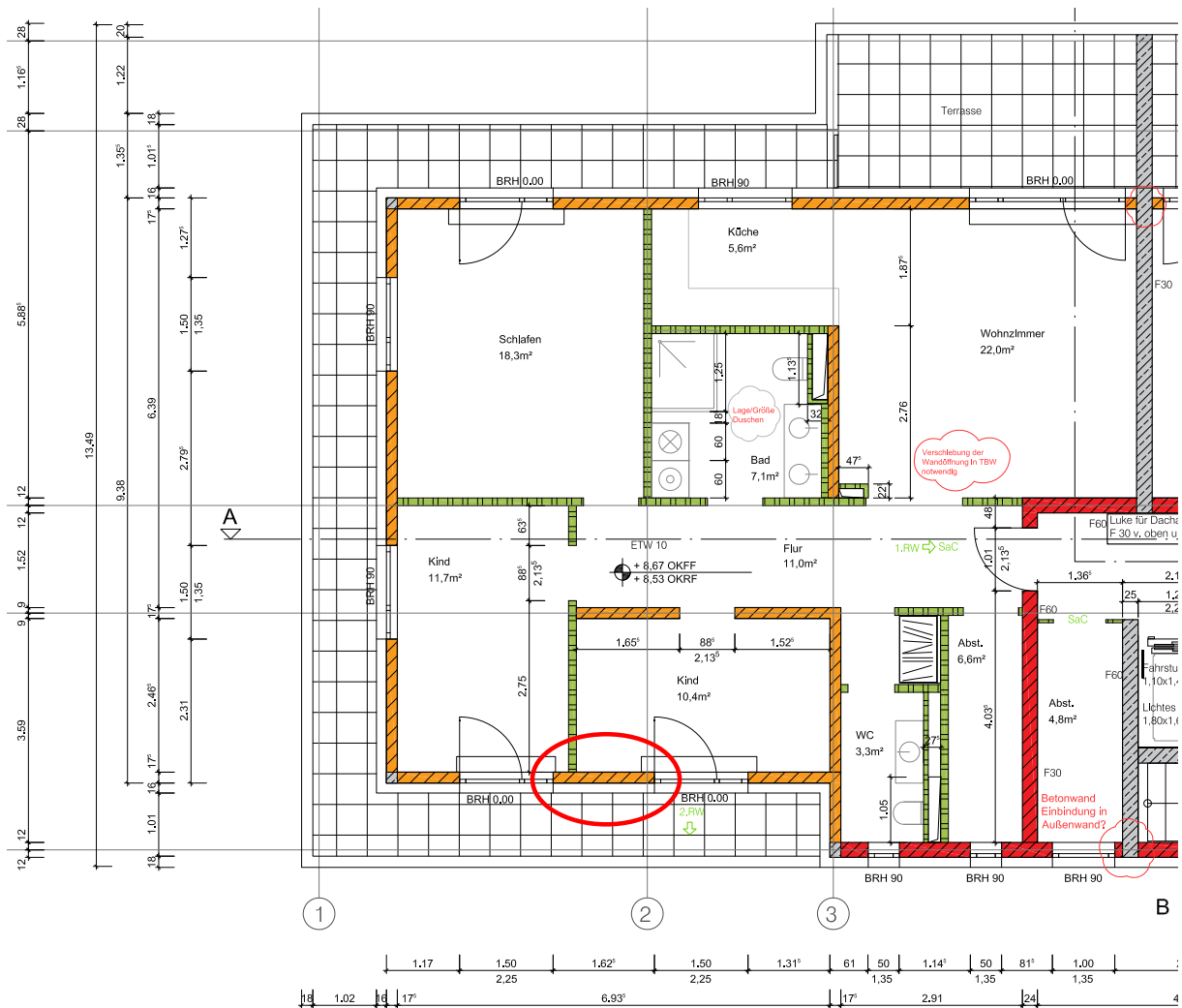


Abbildung 7: Grundriss des Staffelgeschosses (grün: nichttragende Wände)

3. Weisen Sie die markierte Wand des Erdgeschosses an Wandkopf und Wandfuß nach dem vereinfachten Verfahren nach.

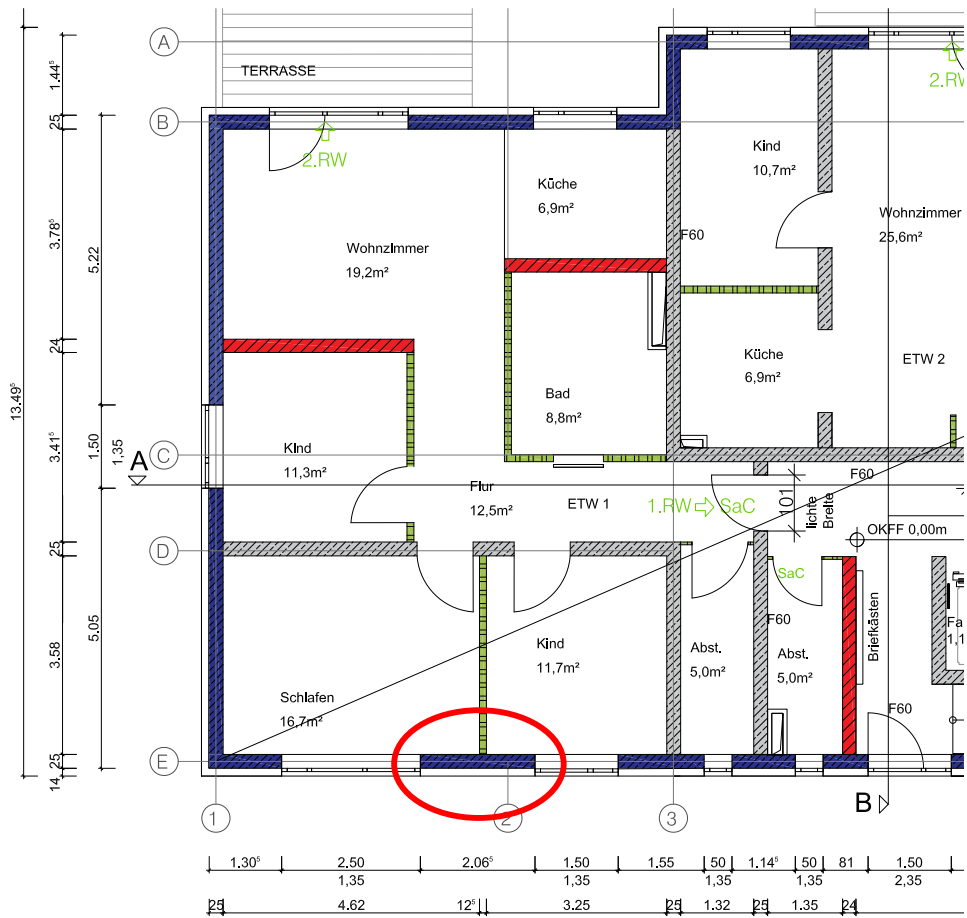


Abbildung 8: Grundriss des Erdgeschosses (grün: nichttragende Wände)

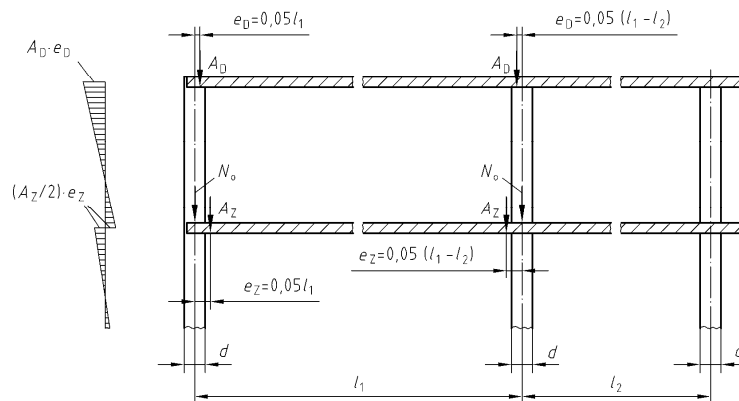


Abbildung 9: Vereinfachende Annahmen zur Berechnung von Knoten- und Wandmomenten (nach DIN 1053-100)

## **5 Anhang**

Auszug aus DIN EN 1996-1-1/NA Anhang NA.L

Tabelle NA.L.1 — Anforderungen an Verbandsarten

Kriterien	Mauerwerksverbände			Orthogonale Mauerwerksverbände		
	Findlingsmauerwerk	Bruchsteinzyklopmauerwerk	Zyklopmauerwerk	Bruchsteinschichtenmauerwerk	Schichtenmauerwerk	Quadermauerwerk
1. Güteklasse <sup>a</sup>	-	N1		N1	N2	N3
2. Steinform	rundlich	polyedrisch	polyedrisch	annähernd quaderförmig bis wildförmig polyedrisch	quaderförmig bis annähernd quaderförmig	quaderförmig
3. Steinbearbeitung	keine - gering	bruchrau	hammerrecht	bruchrau	hammerrecht, mindestens 120 mm Tiefe	bearbeitet mindestens 150 mm Tiefe
		-	≤ 30 mm	-	≤ 30 mm	nach Maß, ≤ 20 mm
	3.1 Bearbeitung					maßgerecht, auf ganzer Tiefe
3.2 Dicke der Lagerfuge $d_L$						
3.3 Verhältnis $d_L/l_u$	-	≤ 0,25	≤ 0,20	≤ 0,25	≤ 0,20	≤ 0,13
	-	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,65	≥ 0,75
4.1 Übertragungsfaktor $\eta_t$	-	-	-	tan $\alpha_L \leq 0,30$	tan $\alpha_L \leq 0,15$	tan $\alpha_L \leq 0,10$
4.2 Fugenneigung $\alpha_L$	-	-	-	unregelmäßiges Schichtenmauerwerk mit versetzten Lagerfugen und wechselnden Stein- und Schichthöhen	regelmäßiges Schichtenmauerwerk mit versetzten Lagerfugen und wechselnden Stein- und Schichthöhen	tan $\alpha_L \leq 0,05$
4. Verband und Fugenverlauf	wilder Polygonalverband (opus incertum)	-				
	4.3 Fugenverlauf Stein- und Schichthöhen	Polygonalverband (opus antiqum)		-	regelmäßiges Schichtenmauerwerk mit durchgehenden Lagerfugen und wechselnden Schichthöhen	regelmäßiges Schichtenmauerwerk mit durchgehenden Lagerfugen und konstanten Schichthöhen
	keine differenzierbaren Lager- und Stoßfugen			-		

<sup>a</sup> Diese Güteklassen stellen Grundeinstufungen dar. Je nach Ausführung (insbesondere Steinform, Verband und Fugenausbildung) sind in Abhängigkeit von den jeweiligen Anforderungen auch abweichende Güteklasseneinstufungen möglich.

<sup>b</sup> Gilt auch für tragendes Mauerwerk aus maßgerechten Steinen der Toleranzklassen D1 bis D3 nach DIN EN 771-6:2011-07, Tabelle 1.

### NA.L.5.2 Polygonale Mauerwerksverbände

a) Findlingsmauerwerk

Bei Findlingsmauerwerk (Bild NA.L.1) sind wenig bearbeitete bzw. unbearbeitete Steine in rundlichen oder wilden Formen im Verband zu verlegen.

b) Bruchstein-Zyklopenmauerwerk

Bei Bruchstein-Zyklopenmauerwerk (Bild NA.L.2) sind bruchraue Steine in überwiegend polyedrischen Formen im Verband zu verlegen.



**Bild NA.L.13 — Beispiel für Findlingsmauerwerk**



**Bild NA.L.14 — Beispiel für Bruchstein-Zyklopenmauerwerk**

c) Zyklopenmauerwerk

Bei Zyklopenmauerwerk (Bild NA.L.3) sind hammerrecht bearbeitete Steine in überwiegend polyedrischen Formen im Verband zu verlegen.



**Bild NA.L.15 — Beispiel für Zyklopenmauerwerk**

**NA.L.5.3 Orthogonale Mauerwerksverbände**

a) Bruchstein-Schichtenmauerwerk

(1) Wenig bearbeitete Bruchsteine sind im ganzen Mauerwerk (Bild NA.L.4) im Verband zu verlegen.

(2) Die Lagerfuge des Bruchsteinmauerwerks ist in der Mauerdicke und in Abständen von höchstens 1,50 m auf eine Ebene auszugleichen.



**Bild NA.L.16 — Beispiel für Bruchstein-Schichtenmauerwerk**

b) Schichtenmauerwerk Güteklasse N2 (Bild NA.L.5)

(1) Die Lager- und Stoßflächen der Steine von Maueransichtsflächen sind mindestens 120 mm tief zu bearbeiten, so dass diese zueinander und zur Oberfläche ungefähr rechtwinklig stehen.

(2) Die Stein- und Schichthöhen dürfen variieren, jedoch sind die Lagerfugen im Mauerwerk in der ganzen Dicke in Abständen von höchstens 1,50 m auf eine Ebene auszugleichen.



**Bild NA.L.17 — Beispiel für Schichtenmauerwerk Güteklasse N2**

c) Schichtenmauerwerk Güteklasse N3

(1) Die Lager- und Stoßflächen der Steine von Maueransichtsflächen sind mindestens 150 mm tief zu bearbeiten, so dass diese zueinander und zur Maueransichtsfläche rechtwinklig stehen.

(2) Die Fugendicke in der Sichtfläche darf nicht größer als 30 mm sein.

(3) Die Stein- und Schichthöhen dürfen in mäßigen Grenzen variieren (unregelmäßiges Schichtenmauerwerk nach Bild NA.L.6), jedoch ist das Mauerwerk in seiner ganzen Dicke in Abständen von höchstens 1,50 m auf eine Ebene auszugleichen.

(4) Bei Gewölben, Kuppeln und dergleichen müssen die Lagerfugen über die ganze Gewölbedicke hindurchgehen (regelmäßiges Schichtenmauerwerk nach Bild NA.L.7). Die Schichtsteine sind daher auf ihrer ganzen Tiefe in den Lagerflächen zu bearbeiten, während bei den Stoßflächen eine Bearbeitung auf 150 mm Tiefe genügt.



**Bild NA.L.18 — Beispiel für unregelmäßiges Schichtenmauerwerk Güteklasse N3**



**Bild NA.L.19 — Beispiel für regelmäßiges Schichtenmauerwerk Güteklasse N3**

d) Quadermauerwerk (Bild NA.L.8)

(1) Lager- und Stoßflächen müssen in ganzer Tiefe nach den angegebenen Maßen bearbeitet sein.



**Bild NA.L.20 — Beispiel für Quadermauerwerk**

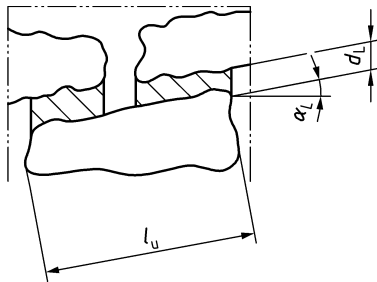
## **NA.L.6 Bemessung von Natursteinmauerwerk**

### **NA.L.6.1 Allgemeines**

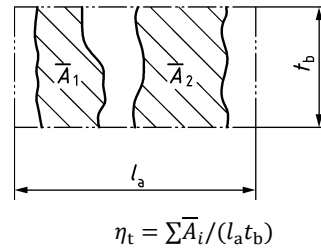
(1) Die charakteristische Druckfestigkeit der Natursteine, die für tragende Bauteile verwendet werden, muss in den Güteklassen N1 bis N3 mindestens  $20 \text{ N/mm}^2$ , in der Güteklasse N4 mindestens  $5 \text{ N/mm}^2$  betragen.

(2) Das Natursteinmauerwerk ist nach seiner Ausführung (insbesondere Steinform, Verband und Fugenausbildung) in die Güteklassen N1 bis N4 einzustufen. Tabelle NA.L.1 und Bild NA.L.9 geben einen Anhalt für die Einstufung. Die darin aufgeführten Anhaltswerte Fugenhöhe/Steinlänge, Neigung der Lagerfuge und Übertragungsfaktor sind als charakteristische Werte anzusehen. Der Übertragungsfaktor ist das Verhältnis von Überlappungsflächen der Steine zum Wandquerschnitt im Grundriss. Die Grundeinstufung nach Tabelle NA.L.1 beruht auf üblichen Ausführungen.

(3) Die Mindestdicke von tragendem Natursteinmauerwerk muss 240 mm, der Mindestquerschnitt muss  $0,1 \text{ m}^2$  betragen.



a) Ansicht



b) Grundriss des Wandquerschnitts

**Legende**

- $\bar{A}$  Übertragungsfläche
- $d_L$  Dicke der Lagerfuge
- $l_a$  Länge des betrachteten Wandabschnittes
- $l_u$  Länge des Steins
- $t_b$  betrachtete Wanddicke
- $\alpha_L$  Neigung der Lagerfuge

**Bild NA.L.21 — Darstellung der Anhaltswerte nach Tabelle 1**

**NA.L.6.2 Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung**

- (1) Die charakteristischen Werte  $f_k$  der Druckfestigkeit von Natursteinmauerwerk ergeben sich in Abhängigkeit von der Güteklasse, der Steinfestigkeit und der Mörtelklasse nach Tabelle NA.L.2.
- (2) Die Bemessung ist nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1996-3 oder nach dem genaueren Verfahren nach DIN EN 1996-1-1 unter Verwendung der  $f_k$ -Werte der Tabelle NA.L.2 durchzuführen.
- (3) Wände der Schlankheit  $h_{ef}/t > 10$  sind nur in den Güteklassen N3 und N4 zulässig. Schlankheiten  $h_{ef}/t > 20$  sind unzulässig.
- (4) Der Kriecheinfluss darf beim Knicknachweis von Natursteinmauerwerk vernachlässigt werden.
- (5) Bei Fugendicken über 40 mm sind die Werte  $f_k$  um 20 % zu vermindern.

**Tabelle NA.L.2 — Charakteristische Werte  $f_k$  der Druckfestigkeit von Natursteinmauerwerk mit Normalmauermörtel**

Güteklasse	Steinfestigkeit <sup>b</sup> $f_{bk}$	Werte der Druckfestigkeit $f_k^a$ N/mm <sup>2</sup>			
		M 1	M 2,5	M 5	M 10
N1	≥ 20	0,6	1,4	2,2	3,3
	≥ 50	0,8	1,7	2,5	3,9
N2	≥ 20	1,1	2,5	3,9	5,0
	≥ 50	1,7	3,0	4,4	5,5
N3	≥ 20	1,4	4,2	5,5	6,9
	≥ 50	1,9	5,5	6,9	9,7
	≥ 100	2,8	6,9	8,3	11,1
N4	≥ 20	3,3	5,5	6,9	8,3
	≥ 50	5,5	9,7	11,1	13,9
	≥ 100	8,3	12,5	15,2	19,4

<sup>a</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.  
<sup>b</sup> Entspricht dem 5 %-Quantilwert der Druckfestigkeit bei 95 % Aussagewahrscheinlichkeit.

**NA.L.6.3 Zug- und Biegebeanspruchung**

(1) Zug- und Biegezugspannungen sind im Regelfall bei Natursteinmauerwerk der Güteklassen N1, N2 und N3 unzulässig.

(2) Für Natursteinmauerwerk der Güteklasse N4 gilt für den Nachweis der Biegebeanspruchung, NDP zu 3.6.3 (3).

**NA.L.6.4 Querkraftbeanspruchung**

(1) Für den Nachweis der Querkraftbeanspruchung gilt:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd} \leq 0,025 \cdot f_{bk} \leq 0,6 \text{ N/mm}^2 \tag{NA.L.1}$$

Dabei ist

$f_{vk0}$  die charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk ohne Auflast nach Tabelle NA.12;

$\sigma_{Dd}$  der Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung im untersuchten Lastfall an der Stelle der maximalen Schubspannung. Für Rechteckquerschnitte gilt  $\sigma_{Dd} = N_{Ed}/A$ , dabei ist  $A$  der überdrückte Querschnitt. Im Regelfall ist die minimale Einwirkung  $N_{Ed} = 1,0 N_{Gk}$  maßgebend.