



Online-Forum  
01.10.2025



# Tragwerke im Lehmbau - Möglichkeiten und Herausforderungen

Andreas Mendler (Mendler Ingenieur Consult)



Mehrfamilienhäuser:

∅ **80** kg CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> BRI

---

Einfamilienhäuser:

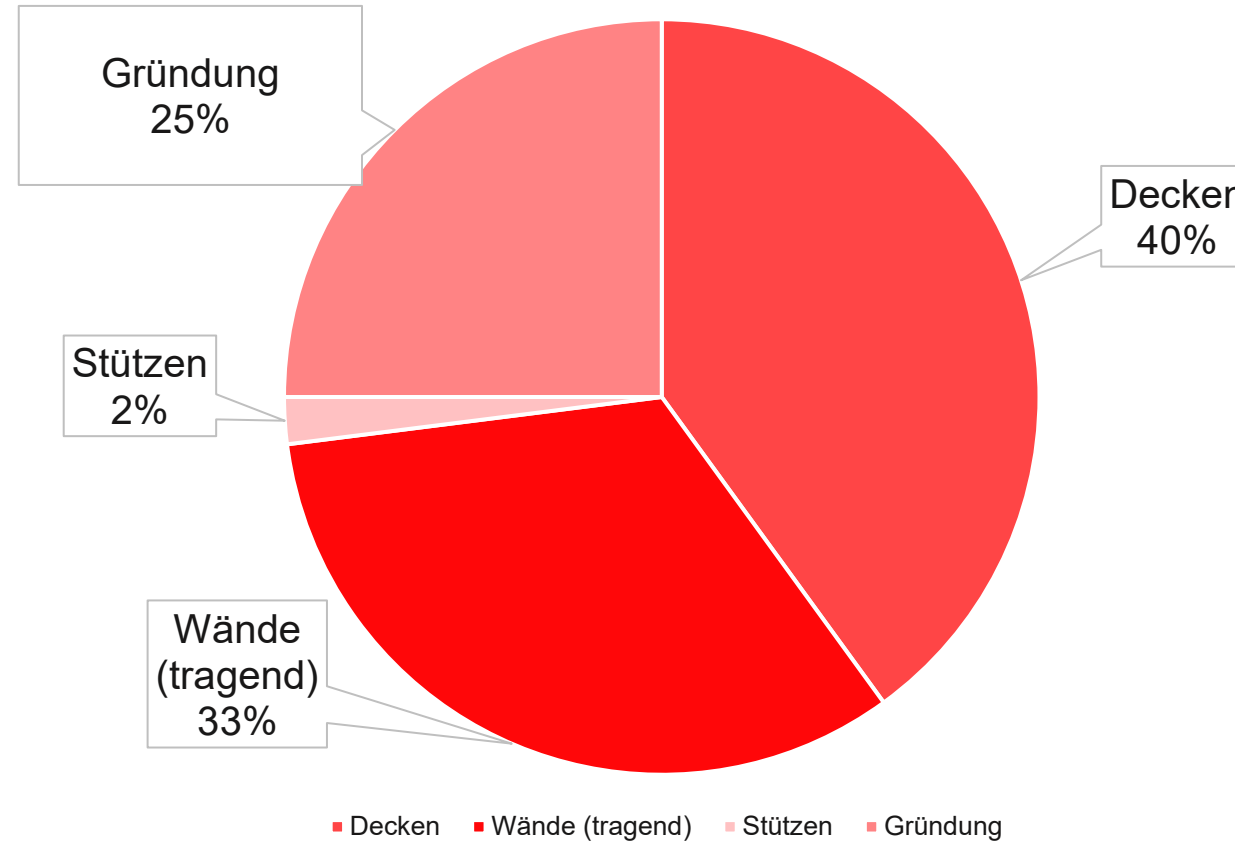
∅ **95** kg CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> BRI

---

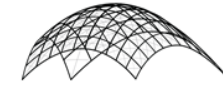
Zulässiger Verbrauch Gebäude - Konstruktion:

∅ **32** kg CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> BRI (Quelle: Prof. Sobek)

# Einfluss Bauteilen auf die Emission

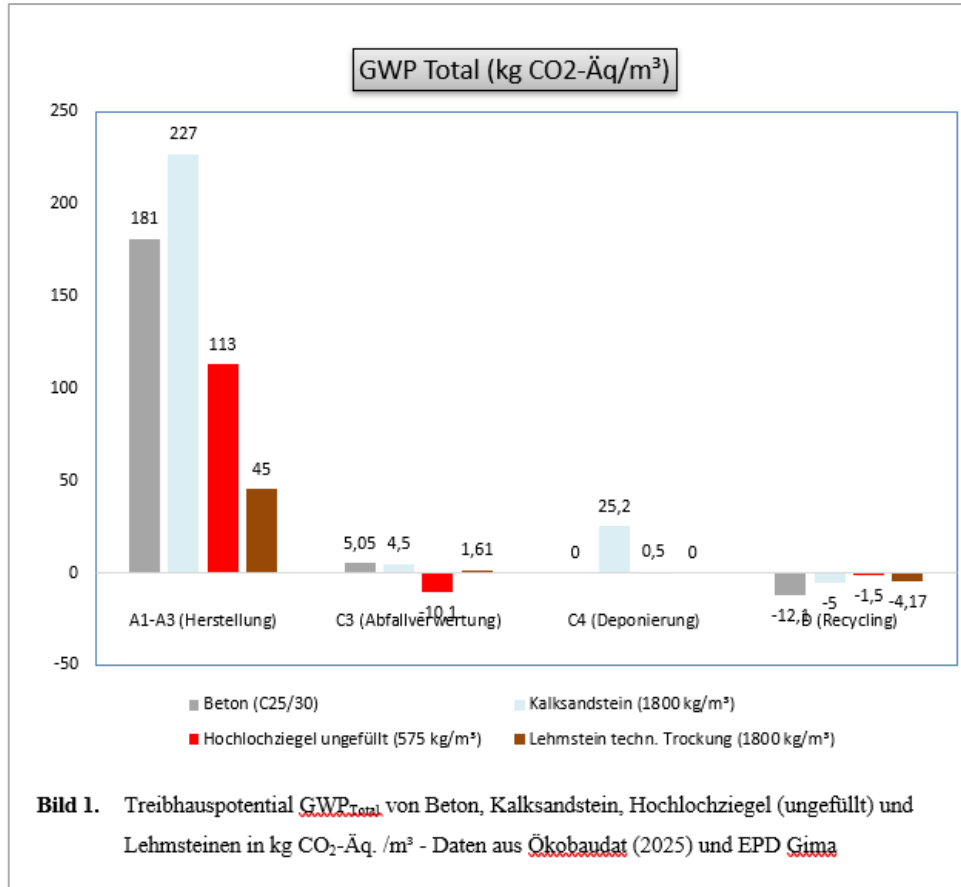


Einfluss von Bauteilen auf die Emission eines Wohngebäudes

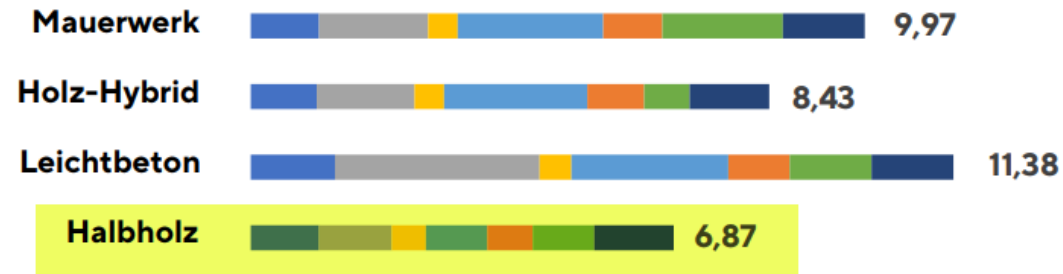


# Tragwerke im Lehm- und Ziegelbau

## *Möglichkeiten und Herausforderungen*



# CO2-Beispiel: E-Häuser in Bad Aibling (nur Konstruktion)



|                        | Halbholz | Leichtbeton | Holz-Hybrid | Mauerwerk |
|------------------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| ■ Gründung             | 1,11     | 1,38        | 1,07        | 1,09      |
| ■ Außenwände           | 1,18     | 3,31        | 1,57        | 1,78      |
| ■ Fenster & Außentüren | 0,54     | 0,49        | 0,49        | 0,49      |
| ■ Decken               | 1,01     | 2,55        | 2,32        | 2,37      |
| ■ Dach                 | 0,74     | 1,01        | 0,93        | 0,95      |
| ■ Innenwände           | 0,98     | 1,30        | 0,72        | 1,96      |
| ■ Technik              | 1,31     | 1,33        | 1,32        | 1,33      |

Abbildung 16: Vergleich der vier Forschungshäuser bezüglich Grauer Emissionen für Herstellung, Austausch, Entsorgung (Module A1-3, B4, C3, C4) bezogen auf Treibhauspotenzial (GWP) in kg CO<sub>2</sub>Äq./2NRF\*a (Nettoraumfläche & Jahr), Betrachtungszeitraum 50 Jahre  
Quelle: TU München



## GWP- Vergleich eingeschossiges Lehmgebäude mit Betongebäude

### Betonbau:

- Aussenwände d=20 cm, Innenwände d=20 cm, Betondecke d=18 cm

### Lehmbau:

- Aussenwände d=24 cm, Innenwände d=24 cm, Brettstapeldecke d=20 cm

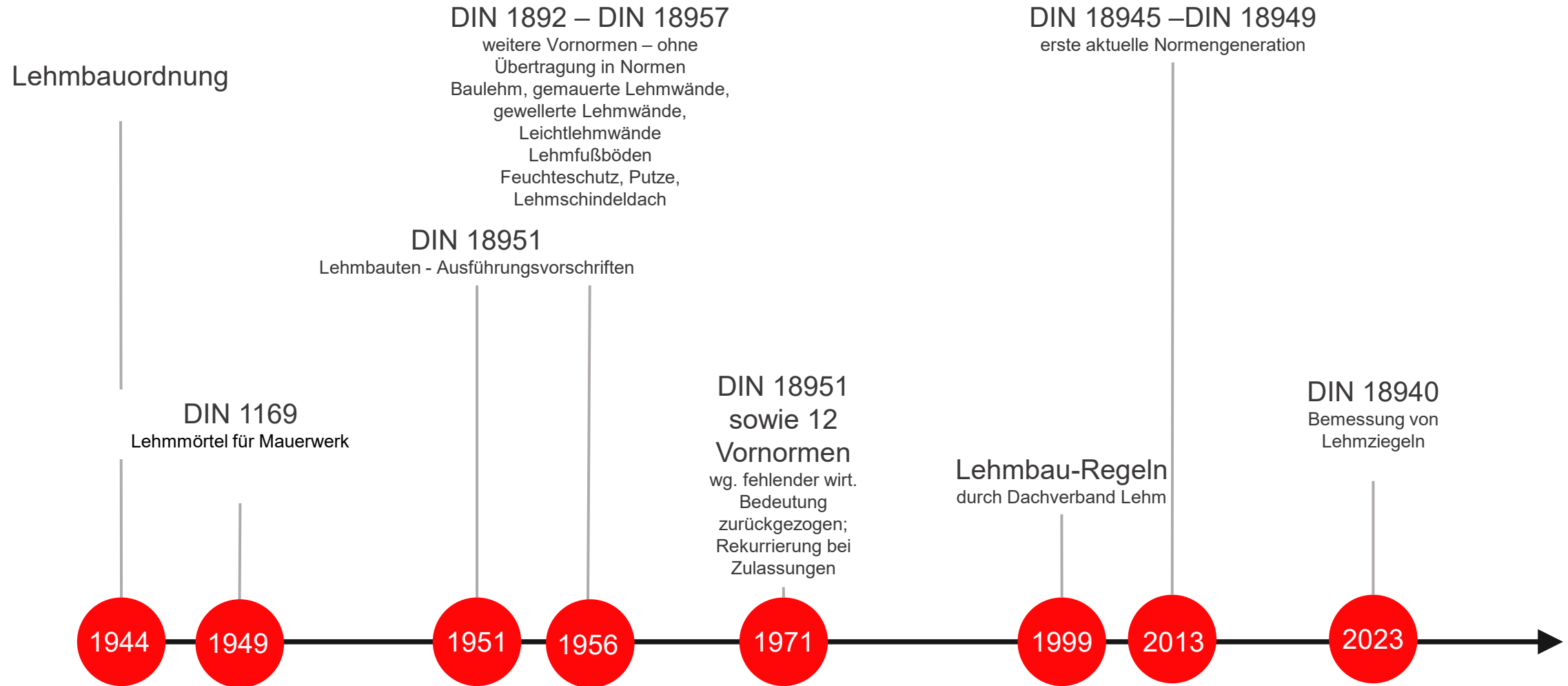
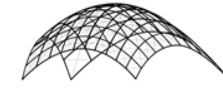
### Betonbau

**25,4** to CO<sub>2</sub> (85 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> BRI)

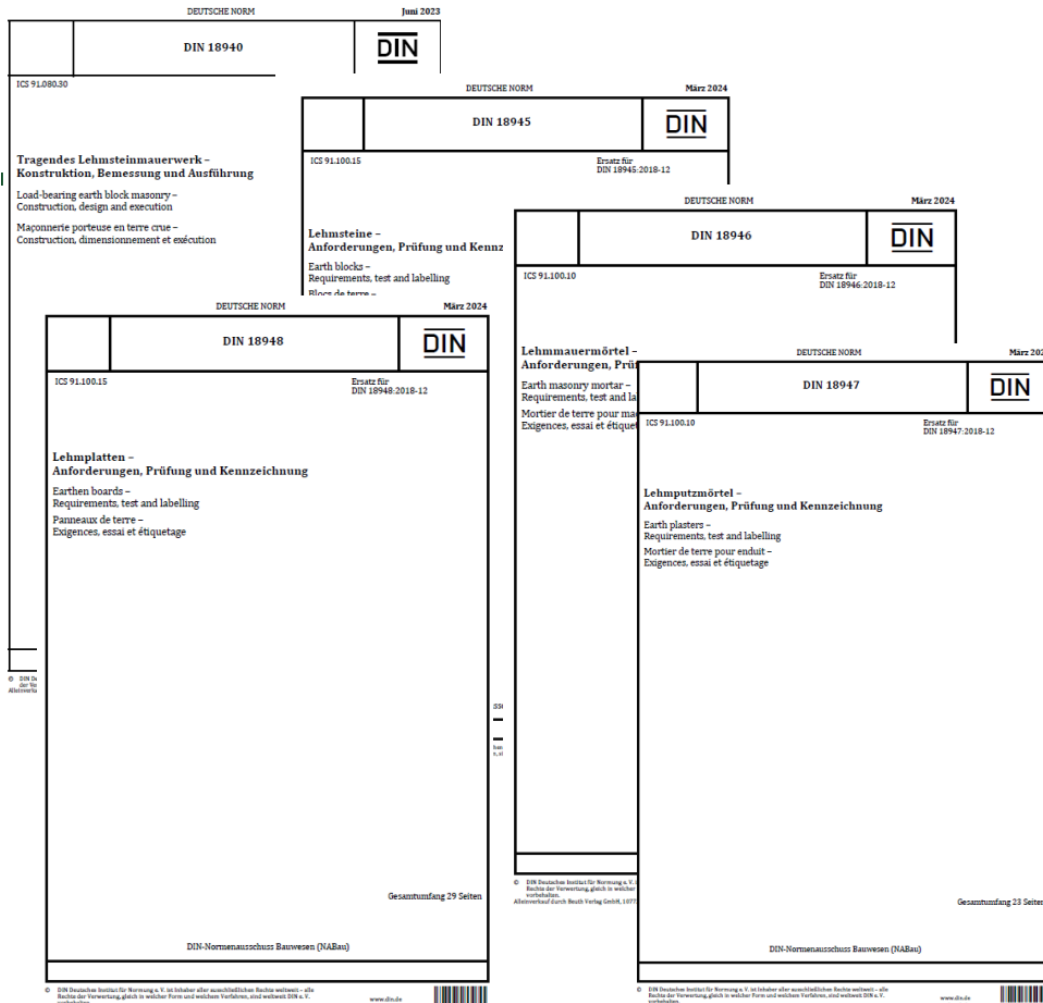
### Lehmbau

**14,2** to CO<sub>2</sub> (47 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> BRI)

**Das eingeschossige Lehmgebäude weist nahezu 50% geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen auf im Vergleich zu einem Betongebäude**



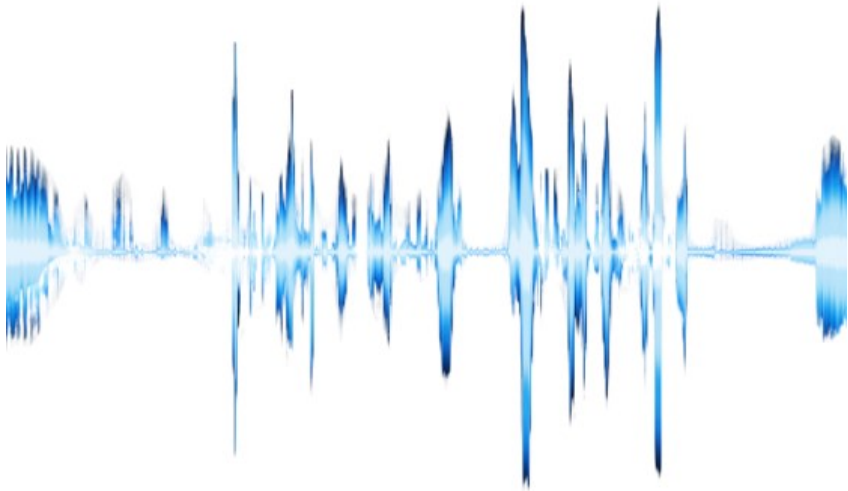




- DIN 18940:2023-06 (Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung)
- DIN 18942-1:2018-12 (Lehmbaumstoffe – Teil 1: Begriffe)
- DIN 18942-100:2018-12 (Konformitätsnachweis)
- DIN-Normen 18945, 18946, 18947 und 18948:2018-12
- TM06:2015
- Lehmbau-Regeln des Dachverband Lehm e.V. Anwendung (Lehmbau Regeln, 2009).



- Hervorragende Brandschutzeigenschaften  
(nichtbrennbar)
- DIN 18940:2023-06:
  - **REI 60** mit min.  $t=24$  cm (inkl. bs. Putz)
  - **REI 30** mit min.  $t=17,5$  cm (inkl. bs. Putz)
- Bauaufs. Zulassung GIMA: **REI 90** mit min.  $t=24$  cm
- auch als **Brandwand** zugelassen mit min.  $t=24$  cm



- **Hervorragende Schallschutzeigenschaften**
- **Erhöhter Schallschutz** nach DIN 4109-5
- Rohdichteklassen  $1,4 \text{ kg/dm}^3$  -  $2,2 \text{ kg/dm}^3$

## ▪ Nachweisformat

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist nachzuweisen, dass Gleichung (1) eingehalten wird (siehe DIN 18940:2023-06, S. 16, Abschnitt 7.6.3, Gleichung 6).

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

## ▪ Einwirkungen

Die Berechnung des Bemessungswerts der einwirkenden Normalkraft in Wohn- und Bürogebäuden kann vereinfacht unter Verwendung von Gleichung (2) erfolgen (siehe DIN 18940:2023-06, S. 13, Abschnitt 7.2.3, Gleichung 1).

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

In Hochbauten mit Stahlbetondecken, die mit charakteristischen Nutzlasten einschließlich eines maximalen Trennwandzuschlags von 3 kN/m<sup>2</sup> belastet werden, kann vereinfacht Gleichung (3) angewendet werden (siehe DIN 18940:2023-06, S. 13, Abschnitt 7.2.3, Gleichung 2).

$$N_{Ed} = 1,40 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$$

Unter Berücksichtigung eines Dauerstandsfaktors von  $\zeta = 0,85$  kann der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (N<sub>Ed</sub>) auch mithilfe der vereinfachten Darstellung gemäß Gleichung (4) berechnet werden (siehe DIN 18940:2023-06, S. 13, Abschnitt 7.2.3, Gleichung 3).

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,50 \cdot \psi_2 \cdot N_{Qk}$$

- **Material-Teilsicherheitsbeiwerte**

**Ständig und vorübergehende Bemessungssituation:**

|   |                |
|---|----------------|
| Lehmsteine nach DIN 18945 und Lehmmauermörtel nach DIN 18946:       | $\gamma_M=1,5$ |
| Lehmsteine nach DIN 18945 und Lehmmauermörtel als Baustellenmörtel: | $\gamma_M=1,7$ |

**Außergewöhnliche Bemessungssituation:**

|   |                |
|---|----------------|
| Lehmsteine nach DIN 18945 und Lehmmauermörtel nach DIN 18946:       | $\gamma_M=1,3$ |
| Lehmsteine nach DIN 18945 und Lehmmauermörtel als Baustellenmörtel: | $\gamma_M=1,5$ |

- **Ausgangsgleichung**

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

- **Bemessungswert der Druckfestigkeit des Lehmsteinmauerwerks**

$$f_d = \zeta \cdot M \cdot f_k / \gamma_M$$

Umgebungsfeuchtefaktor  $M=0,8$  (rel. Luftfeuchte <65%, witterungsgeschützt) bei NKL 1

Umgebungsfeuchtefaktor  $M=0,55$  (rel. Luftfeuchte <90%, Witterung ausgesetzt) bei NKL2

- **Deckendrehwinkel analog DIN EN 1996 (EC6)**

$$\Phi_1 = 1,6 - l_f/6 \leq 0,9 \quad \text{für} \quad M \cdot f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\Phi_1 = 1,6 - l_f/5 \leq 0,9 \quad \text{für} \quad M \cdot f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\Phi_1 = 0,333 \quad \text{Decken im obersten Geschoss}$$

$$\Phi_1 = 0,4 \quad \text{bei zweiachsig gespannten Decken } 0,5 \leq l_1 / l_2 \leq 2,0$$

$$\Phi_1 = 0,9 \quad \text{konstruktive Maßnahmen mittig eingeleiteter Lasten z. B. Zentrierleisten}$$

- **Knicken ähnlich DIN EN 1996 (EC6)**

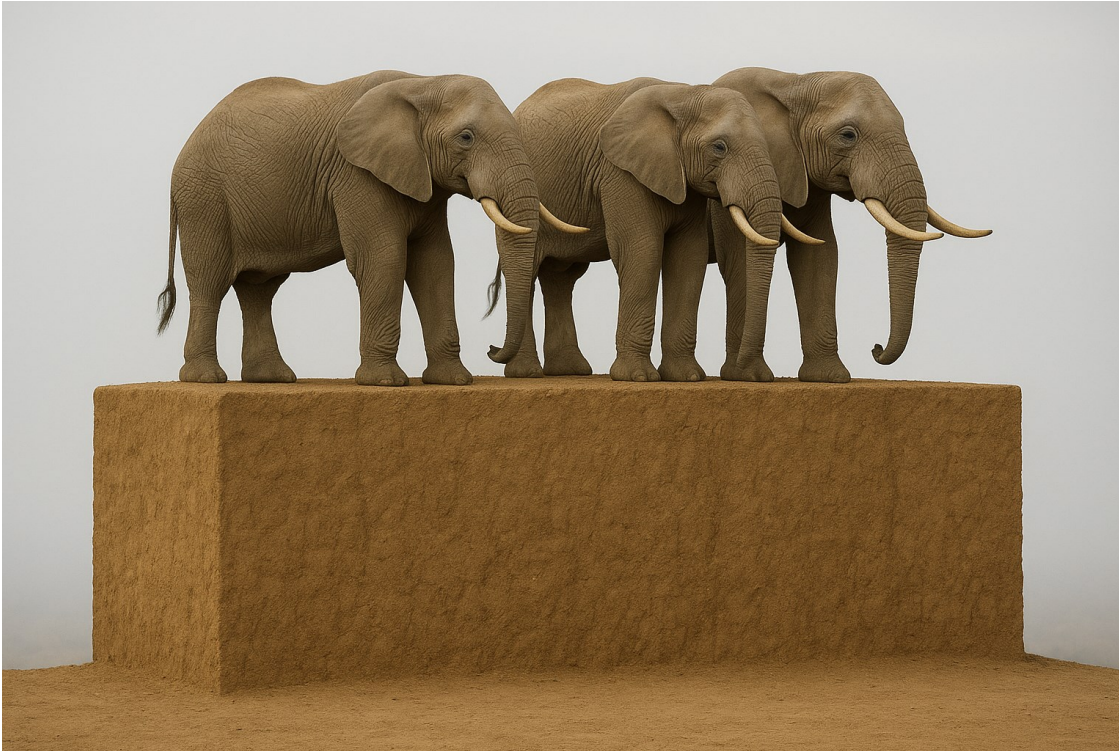
$$\Phi_2 = 0,9 - 0,03 \cdot h_{ef} / t \leq 0,8$$

Zum Vergleich nach EC 6:

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

Maßgebend für die Bemessung und damit für den Traglastfaktor  $\Phi_s$  ist der kleinere der Werte  $\Phi_1$  und  $\Phi_2$ .

Die Traglast-Abminderung infolge von Knicken fällt gemäß DIN 18940 in der Regel etwas höher aus als die entsprechenden Werte, die im Eurocode 6 zugrunde gelegt werden.



## Tragfähigkeit einer Lehmsteinwand

d=24 cm, h=2,60 m, Dickbettmörtel M2,5, Druckfestigkeitsklasse 5

### Lehmsteinwand

zul.  $N_k$  = ca. 200 kN/m

**3** Elefanten pro m

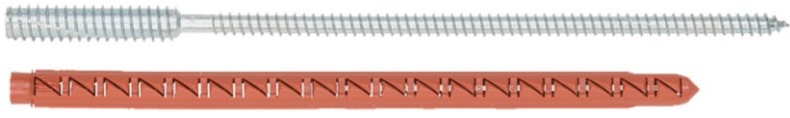
# Tragfähigkeiten tragender Lehmziegel

|                       | Druckfestigkeitsklasse        | Rohdichtigkeitsklasse | Wandstärken                 | max.Druckspannung f,k (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| Fa. Claytec           | 4                             | 2,0                   | 11,5/ 17,5/ 24/ 36,5 cm     | 2,80                                       |
| Fa. Kimm/ Conclay     | 4/ 5                          | 2,2                   | 11,5/ 17,5/ 24/ 30/ 36,5 cm | 2,80                                       |
| Fa. Lücking           | 5                             | 2,0/ 2,2              | 11,5/ 17,5/ 24/ 30 cm       | 2,80                                       |
| Fa. Poroton           | 5                             | 1,8/ 2,0              | 11,5/ 24/ 30 cm             | 2,80                                       |
| Fa. Leipfinger Bader  | 5 (MW 6,3 N/mm <sup>2</sup> ) | 2,0                   | 11,5/ 24 cm                 | 3,23                                       |
| Fa. GIMA              | 3/ 4/ 5                       | 1,6                   | 11,5/ 17,5/ 24/ 36,5 cm     | 3,40                                       |
| klassischer HLZ 12/II | 12,0                          | 1,2                   | 11,5/ 17,5/ 24 cm           | 3,90                                       |





Abstandsmontageschraube AMO IV 11,5 mm  
(abZ/aBG für Beton + Mauerwerk)



AMO Combi Schraube 7,5/11,5 (l = 242 mm)  
mit dem Kunststoff-Dübelhülse W-UR XXL  
(abZ/aBG für Beton + Mauerwerk)

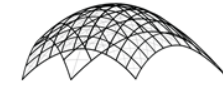


Kunststoff-Rahmendübel SHARK UR 10 mm  
(ETA für Beton + Mauerwerk)

- Aktuell keine bauaufs. zugelassenen Dübel für Lehmsteine in Deutschland
- Erste Versuche von Fensterbefestigung in Lehmblocksteinen, Lehmhochlochziegel (GIMA) und Lehmziegel LZ
  - durch Dr. Jürgen Küenzlen (Fa. Würth)
  - statische Nachweise von Eckehard Scheller (ISB Block und Becker Beratende Ingenieure PartGmbB)
- Praxislösung:
  - aktuell vBG für Befestigung in Lehmstein erforderlich
  - **Fa. Würth (Dr. Küenzlen) & ISB Block (Hr. Scheller) beauftragen**
    - LinkedIn: [linkedin.com/in/dr-jürgen-küenzlen](https://www.linkedin.com/in/dr-jürgen-küenzlen)
    - mail: [juergen.kueenzlen@wuerth.com](mailto:juergen.kueenzlen@wuerth.com)
    - mail: [eckehard.scheller@isb-ing.de](mailto:eckehard.scheller@isb-ing.de)
  - konstruktive Alternativen (Konsolen an den Decken, Stb.-Rahmen)

# Befestigung von Fenstern im Lehmmauerwerk

Konstruktiver Ingenieurbau 04/2025, Teil 1, Dr. Künzlen, Scheller, Klatecki, Mender



Mendler  
Ingenieur Consult

**04**  
2025

## Konstruktiver Ingenieurbau



Reguvis

**05**  
2025

## Konstruktiver Ingenieurbau



Reguvis

**06**  
2025

## Konstruktiver Ingenieurbau



Reguvis

## Ringanker und Ringbalken

In oder unter jeder Deckenebene müssen folgende Aussteifungselemente eingebaut werden:

- Ein Ringanker mit einer Deckenscheibe
- Ringbalken an allen tragenden Wänden

Für Ringbalken sind geeignete Materialien:

- Ziegel-U-Schalen mit Ortbetoneergänzung
- Ringbalken aus Holz
- aufbetonierter Ortbeton-Ringbalken



## Deckenaufleger

- vollflächig auf der Wand aufliegen

## Sturzausbildung

- Mindestlänge von 24 cm
- maximale Durchbiegung der Stürze  $l/500$  der Spannweite

## Auflager von Einzellasten

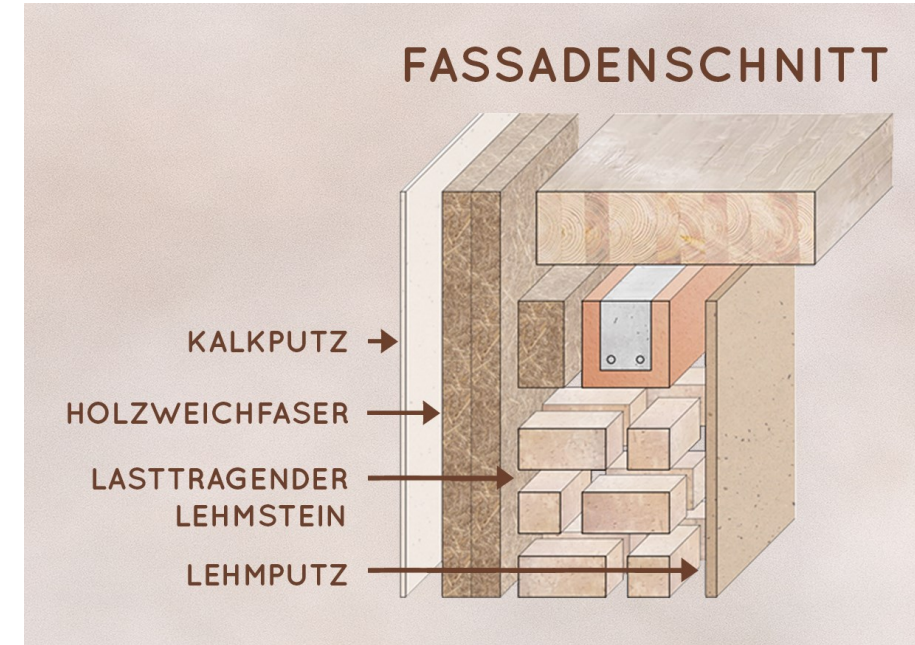
- Lastverteilung von  $60^\circ$
- Punktuelle Lasten über eine Mindestauflagerlänge von 90 mm
- Auflagerpolsters, sofern Höhe 20 % der gesamten Wandhöhe

## Mindestwandfläche

- Nettoquerschnittsfläche von mindestens 1.000 cm<sup>2</sup>

## Mischmauerwerk

- Lehmsteinen mit anderen künstlichen Mauersteinen innerhalb einer Lage ist nicht zulässig
- Eine Ausnahme: kleinteilige Auflagerpolster, sofern Lastverteilung für Einzellasten





## Schlitzte und Aussparungen

- ohne statischen Nachweis zulässig, sofern Grenzwerten gemäß DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12, Tabelle NA.19 und NA.20 eingehalten

## Aussteifung

kann entfallen, wenn:

- Längs- und Querswände maximalen Mittenabstand von 6 m und bis zur Gründung durchgehend
- Decken als Scheiben ausgebildet

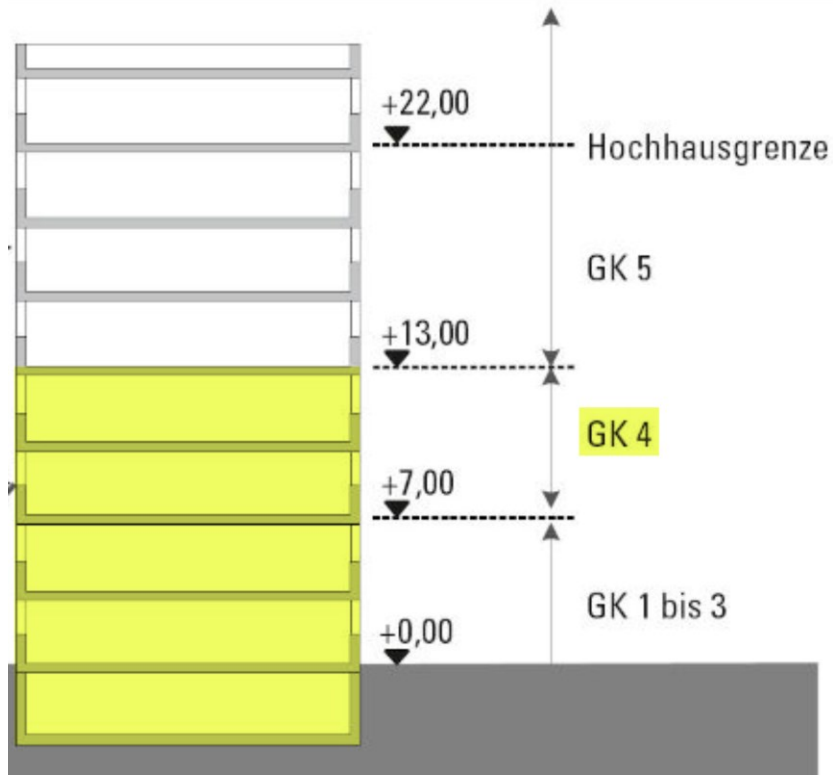
## Erdbeben

- Nicht in Erdbebenzonen 0 und 1 erforderlich, sofern Anforderungen gemäß Abschnitt 7.4 der DIN 4149 eingehalten
- In Erdbebenzonen 2 und höher ist ein spezifischer Nachweis erforderlich, in der Regel mit vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung verbunden

## Havarieschutz

- auf jeder Geschossdecke eine Schicht aus hydraulisch gebundenen oder gebrannten Baustoffen mit Mindesthöhe 5 cm über Oberkante Fertigfußbodens





## Gebäudehöhe

- maximale Gebäudehöhe 13,0 m
- bis Gebäudeklasse 4

## Deckenaufleger und Stützweiten

- maximale Stützweite Decken 6,0 m
- Deckenaufleger gleich Wanddicke

## Horizontale Halterung und Stabilität

- Deckenscheiben mit Scheibenwirkung oder Ringbalken

## Lastannahmen

- $q_k \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$

## Schlankheitsbegrenzung

- effektiver Wandhöhe zur Wanddicke  $h_{\text{ef}} / t \leq 27$

## Mauermaße

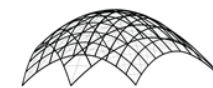
- 11,5 cm, 24 cm, 30 cm und 36,5 cm

# Ausführungsbeispiel: **BV Wangen**





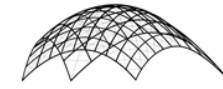
# Ausführungsbeispiel: **BV Worms**



**Mender**  
Ingenieur Consult



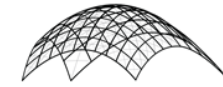
# Ausführungsbeispiele: Die größten Lehmgebäude der Welt



Mender  
Ingenieur Consult



# Ausführungsbeispiele: Die größten Lehmgebäude der Welt

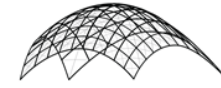


Mender  
Ingenieur Consult

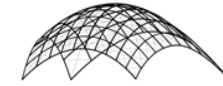


# Ausführungsbeispiele: Die größten Lehmgebäude der Welt





„Wer heute **nachhaltige Innovationen mit Lehm** plant, setzt die Maßstäbe für das Bauen von morgen.“



## Mendler Ingenieur Consult

Lindenstraße 1b  
86949 Windach  
Tel.: + 49 (0) 81 93 – 36 39 110  
Mobil: + 49 (0) 1 77 – 327 100 1  
E-mail: [a.mendler@mendler-consult.de](mailto:a.mendler@mendler-consult.de)  
Web: [www.mendler-consult.de](http://www.mendler-consult.de)



Industrieverband  
Lehm- und Baustoffe e.V.



Bayerische  
Ingenieurekammer-Bau

Körperschaft des öffentlichen Rechts



Deutscher Beton- und Bautechnikverein E.V.



Nachhaltigkeitsberatung

unbewehrte Betonbauweisen, tragender Lehm- und Baustoffbau, Bauteiloptimierung, Kosteneinsparung



Folgen Sie uns, wenn Sie nichts mehr verpassen wollen