

Untersuchungen zum Schwingungsverhalten von mehrgeschossigen Holzbauten

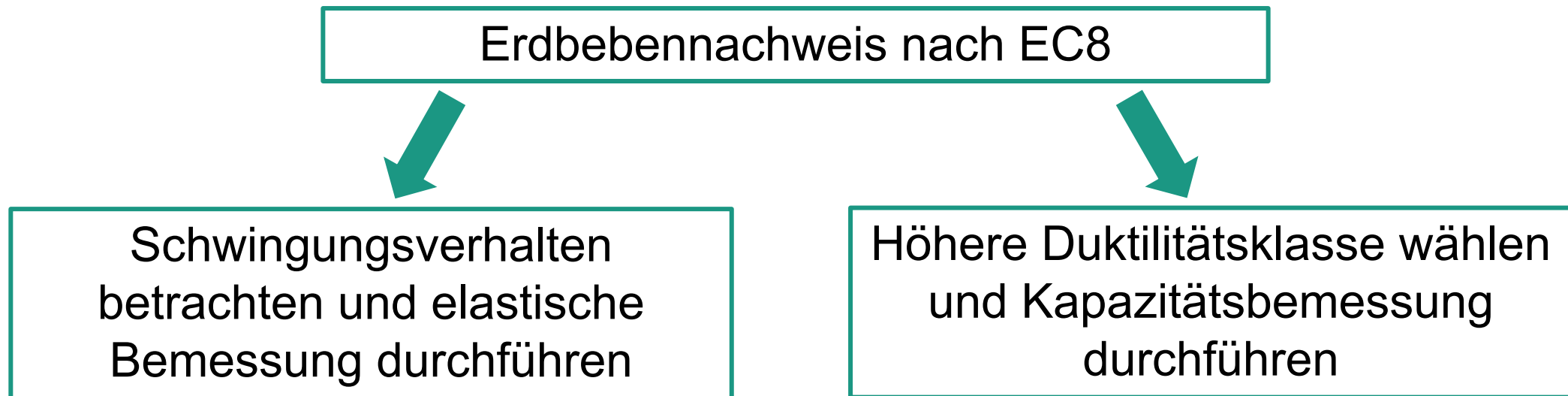
Bachelorarbeit von Freya Scherer
in Kooperation mit Harrer Ingenieure

Gliederung

- Aufgabenstellung
- Vorgehensweise
- Einzelne Arbeitsschritte und Ergebnisse im Detail
- Fazit

Aufgabenstellung

- EC8: Kapazitätsbemessung für DK2 und DK3 wird aufwändiger



- EC5: erstmals genaue Vorgaben für die Lastenaufteilung von Holztafeldecken → Unterschiede

Aufgabenstellung

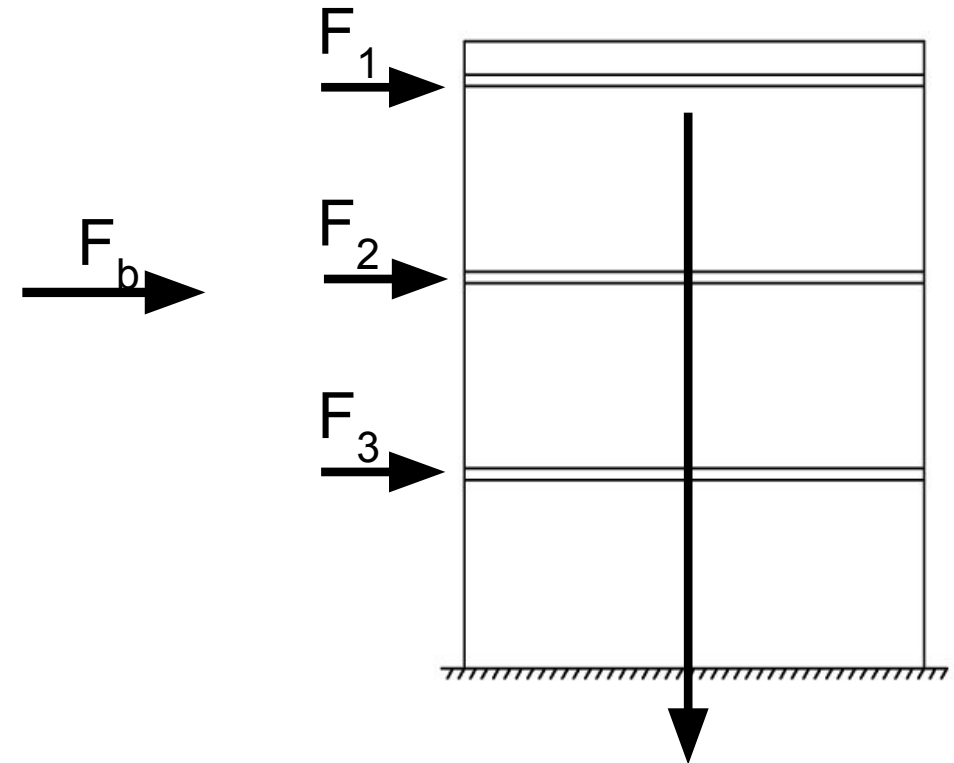
- Erdbebenbemessung eines dreigeschossigen Gebäudes in Holztafelbauweise nach DIN 4149
 - Berücksichtigung der Grundswingzeiten
→ Vergleich verschiedener Verfahren
 - Vergleichsbetrachtung Deckensysteme

Vorgang

- 1. Grundlagen
- 2. Lastenzusammenstellung
- 3. Gesamterdbebenkraft u. horizontale Ersatzlasten
- 4. Ansetzung aussteifender Wände
- 5. Ersatzsteifigkeiten
- 6. Grundswingzeiten
- 7. Resultierende Ersatzlasten
- 8. Lastaufteilung auf die aussteifenden Wände
- 9. Bemessung

1. Grundlagen

- Erdbebenbemessung nach DIN 4149
 - dynamisches Verhalten durch Ersatzlasten abbilden
 - Entwurfsgrundlagen
- Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren
 1. Erdbebeneinwirkung ermitteln
 - Gesamterdbebenkraft F_b
 - Ersatzlasten
 2. Übertragung auf Gebäude



1. Grundlagen

- Gesamterdbebenkraft:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot M \cdot \lambda$$

•

mit:

- $S_d(T_1)$ Spektralbeschleunigung
- M Mitschwingende Masse
- λ Korrekturfaktor (=0,85)

1. Grundlagen

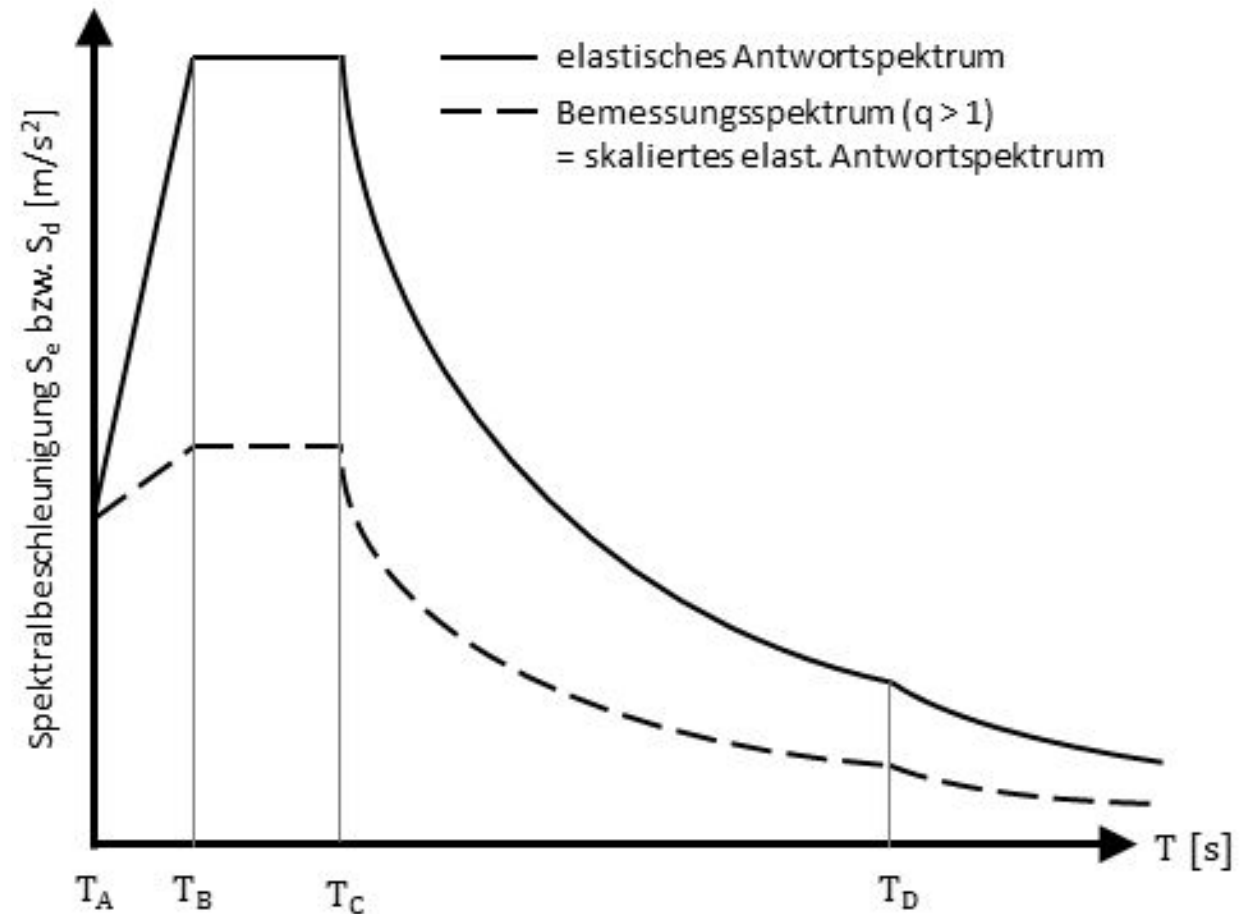
■ Bemessungsspektrum

■ Bemessungswert auf Plateau:

$$S_d(T) = a_g \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{\beta_0}{q}$$

mit:

- a_g Bodenbeschleunigung
- γ_1 Bedeutungskategorie
- S Bodenparameter
- β_0 Dämpfungsbeiwert
- q Verhaltensbeiwert



2. Lastenzusammenstellung

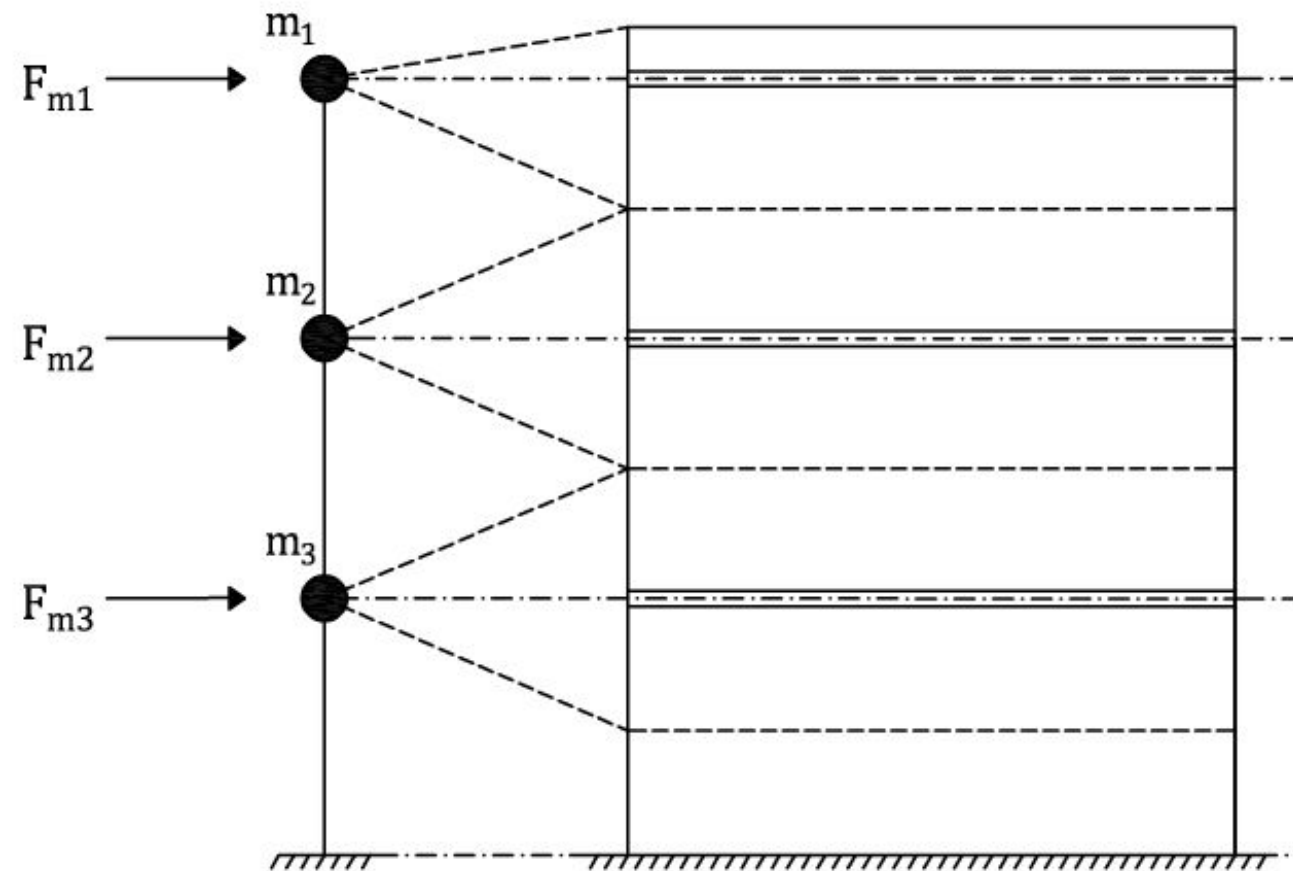
- Lastfallkombination infolge Erdbeben:

- $A_{Ed} = \sum G_{kj} + \sum \psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$

- M ges. mitschwingende Masse

- m_i Geschossmassen

- F_{mi} Stockwerkslasten



3. Gesamterdbebenkraft u. horizontale Ersatzlasten

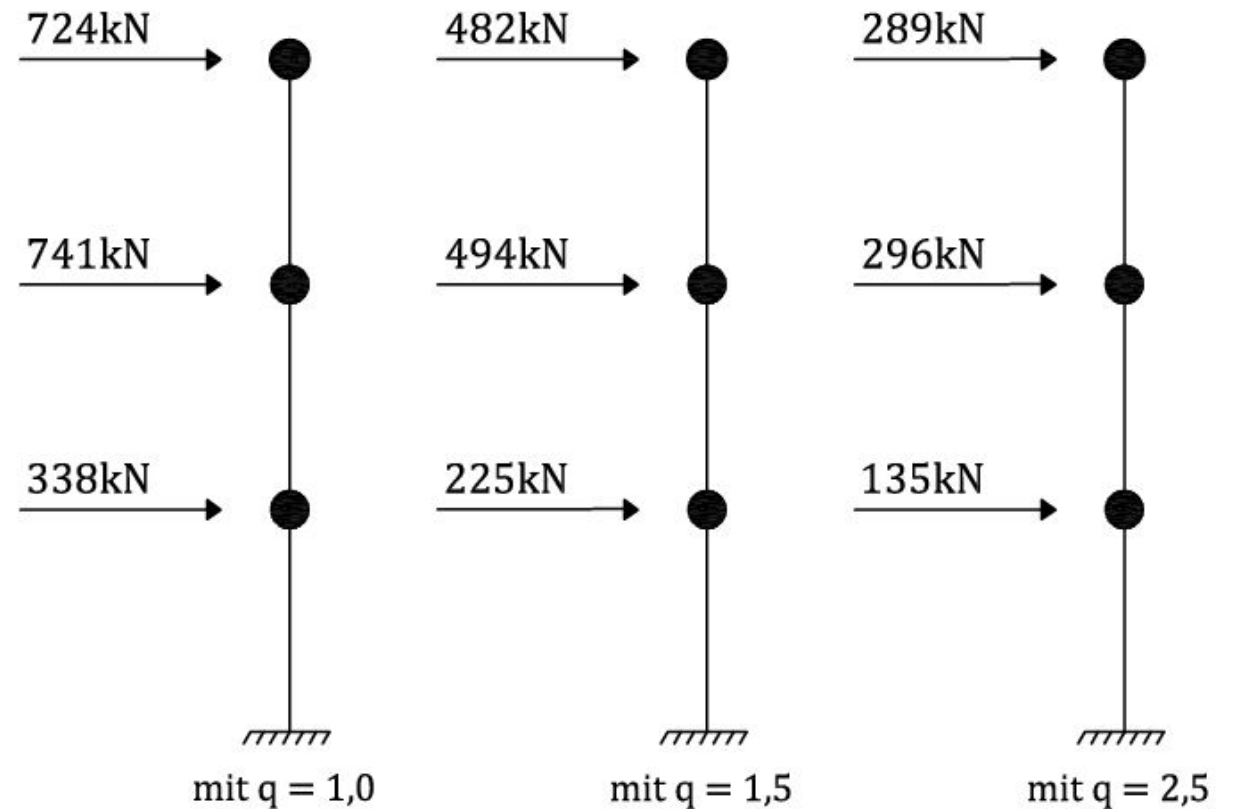
•

■ Gesamterdbebenkraft

$$F_b = S_d(T_1) \cdot M \cdot \lambda$$

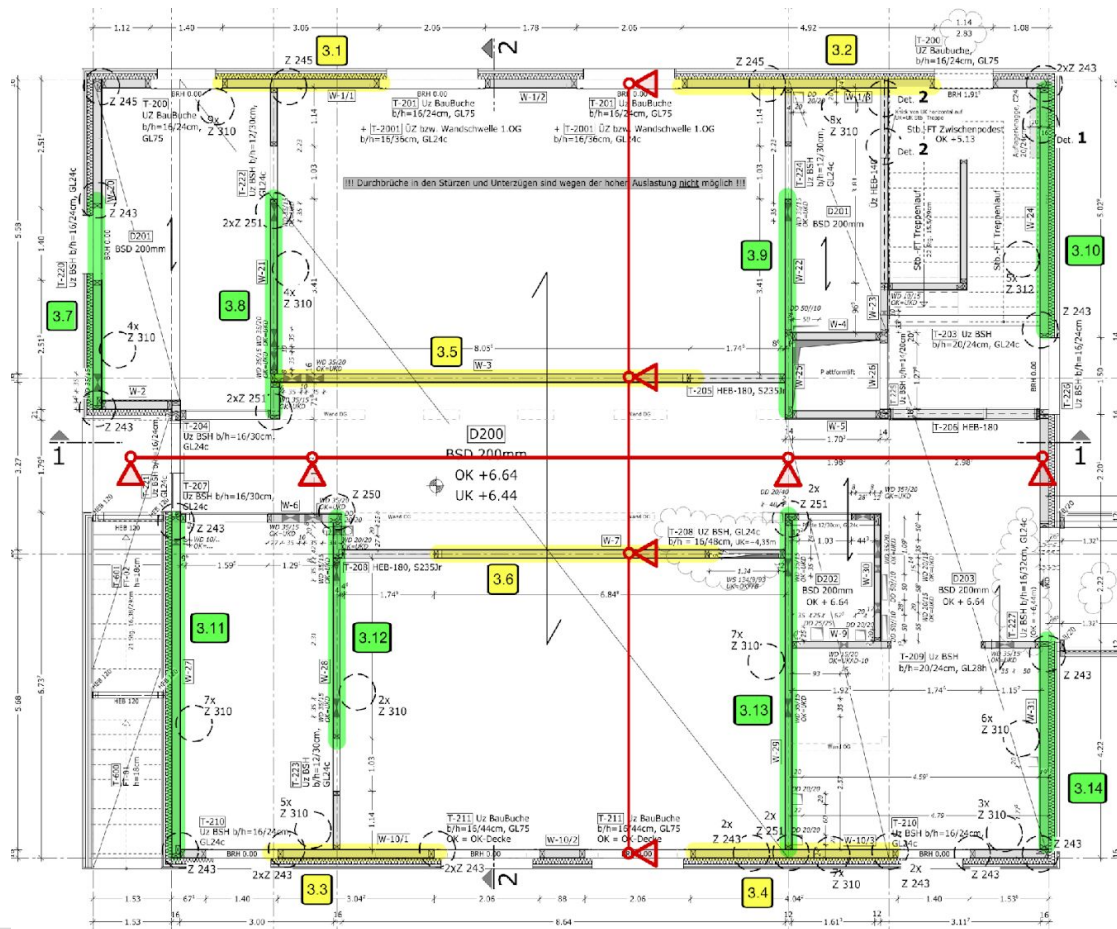
■ Ersatzkräfte je Geschoss

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

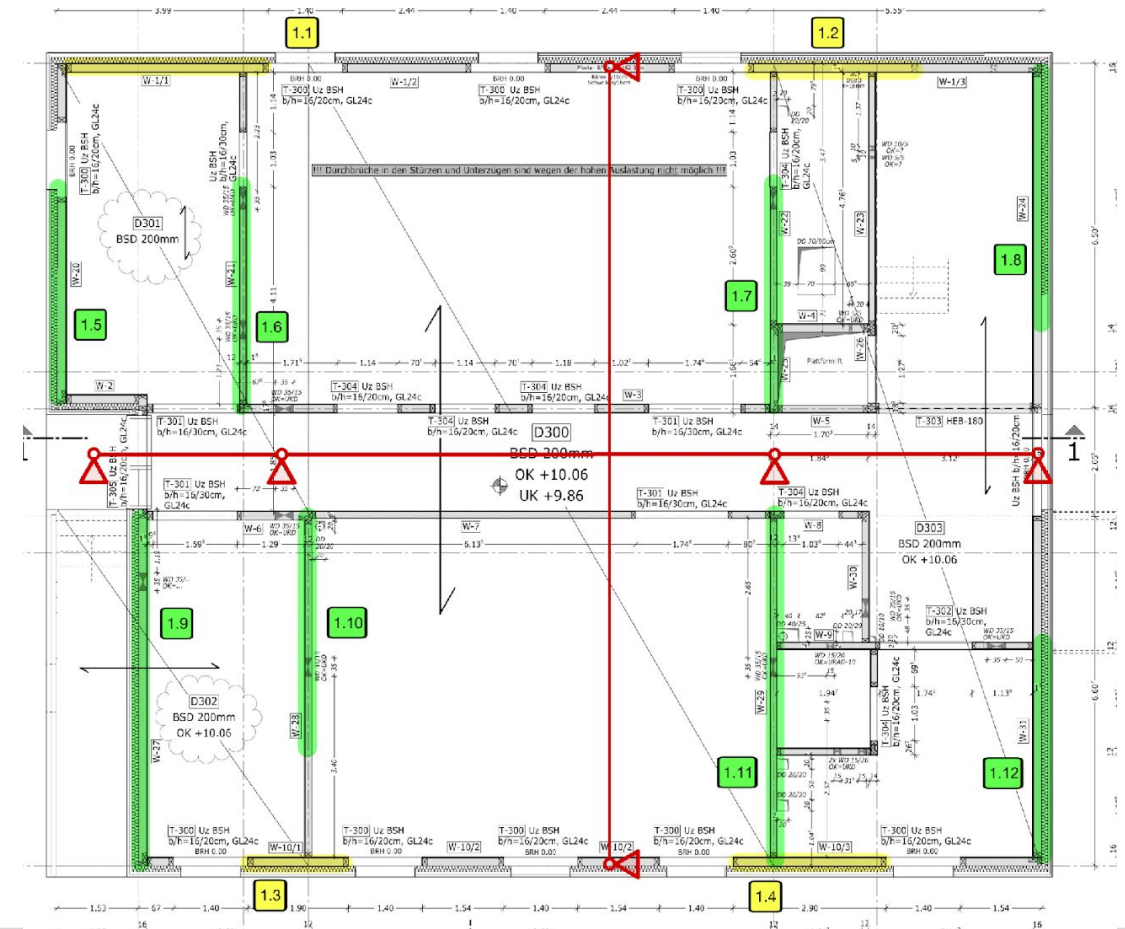


4. Ansetzung aussteifender Wände

Grundriss EG



Grundriss 1. und 2. OG



5. Ersatzsteifigkeiten

Holztafelwände:

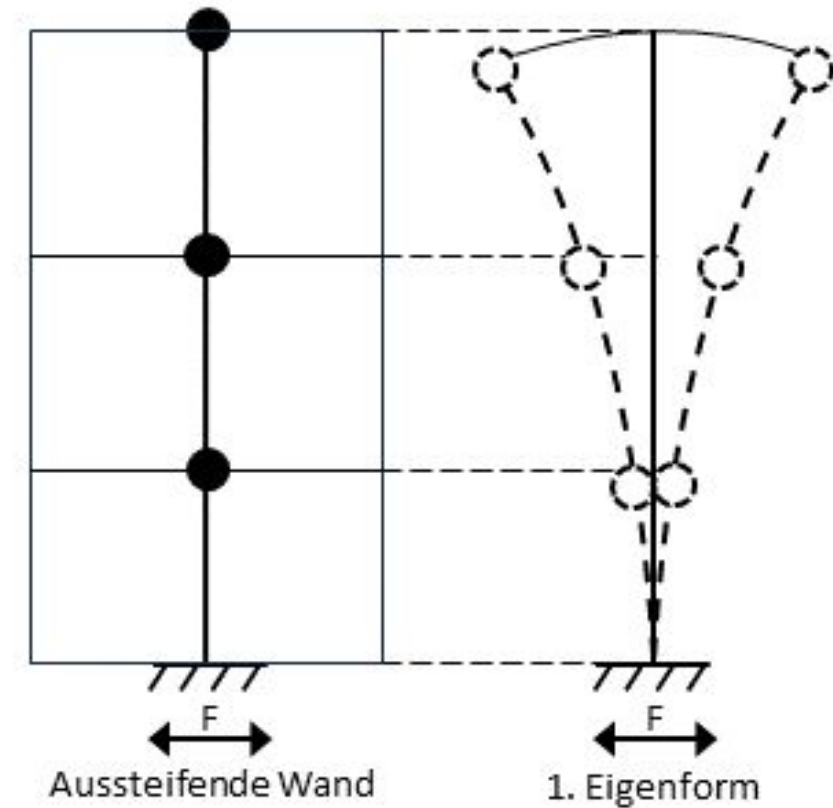
- Über Biege- und Schubverformung
- Größter Anteil aus Nachgiebigkeit der VM
 - VM-Wahl große Bedeutung

Brettsperrholzwände

- Direkte Steifigkeitsberechnung über E- und G- Modul der BSP Wand
- Deutlich massiver → steifer

6. Grundswingzeiten

- Formel nach prEN 1998-1-2
- Verfahren nach Müller/ Keintzel
- Verfahren nach Rayleigh



6. Grundswingzeiten

■ Formel nach prEN 1998-1-2

$$T_1 \leq C_t \cdot H_b^{\frac{3}{4}}$$

mit:

- C_t Vorfaktor abh. von Baustoff
- H_b Bauwerkshöhe

• Formel nach prEN 1998-1-2

$$T_1 = 0,03s H_b^{\frac{3}{4}}$$

6. Grundschiwingzeiten

- Verfahren nach Müller und Keintzel

$$T_1 \approx \frac{2\pi \cdot h^2}{\alpha_i^2} \cdot \sqrt{\frac{\mu}{EI}} \cdot \left(1 + \frac{EI}{GA \cdot h^2} \cdot \alpha_i^2 \right)$$

$$T_{1,x,OG} = 1,58s$$

$$T_{1,y,OG} = 1,15s$$

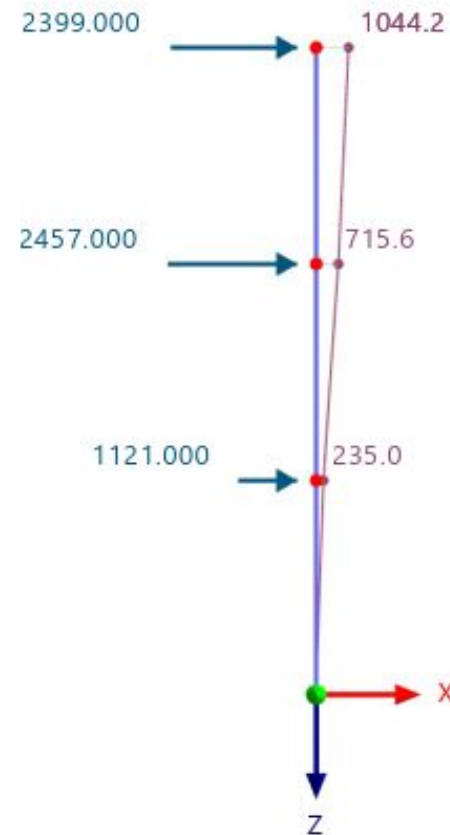
$$T_{1,x,EG} = 1,15s$$

$$T_{1,y,EG} = 1,16s$$

6. Grundschiwingzeiten

■ Verfahren nach Rayleigh

$$T_1 \approx 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum m_i \cdot u_i^2}{\sum F_i \cdot u_i}}$$



$$T_{1,x} = 1,59s$$

$$T_{1,y} = 1,35s$$

6. Grundschiwingzeiten

Vergleich:

- Vereinfachte Formel:
 - grobe Schätzung

- Müller/ Keintzel:
 - gemittelte Werte
 - geeignet für Gebäude mit regelmäßiger Konstruktion

- Rayleigh:
 - Mittelung über Ersatzstab
 - geeignet für Gebäude mit regelmäßiger Konstruktion

- $T_1 = 0,03s$

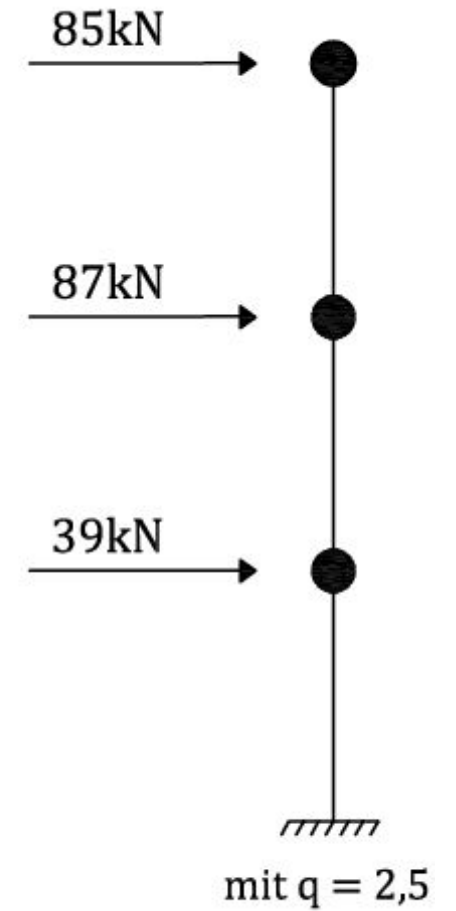
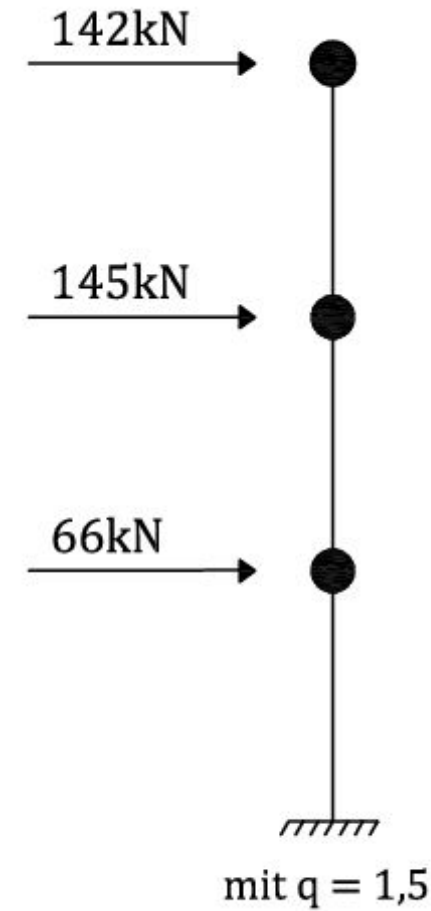
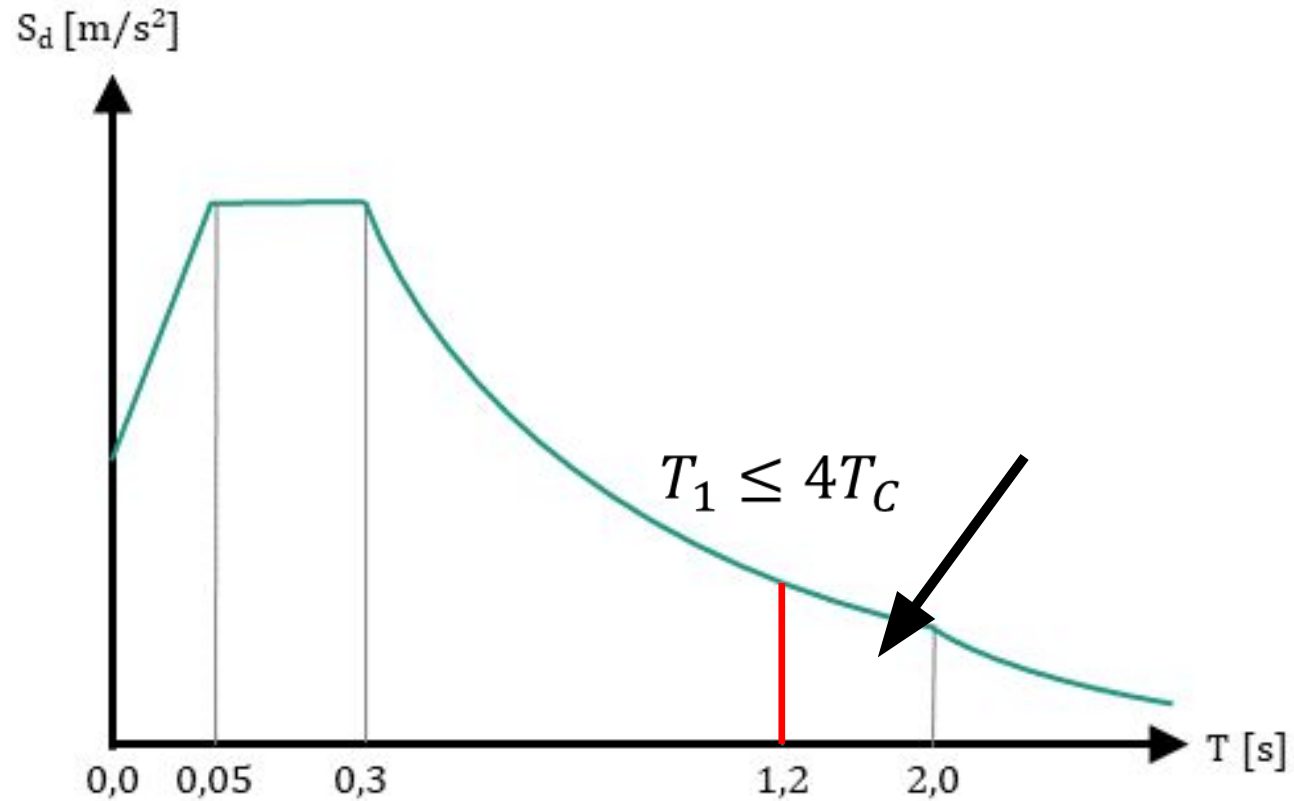
$$T_{1,x,OG} = 1,58s, T_{1,x,EG} = 1,15s$$

$$T_{1,y,OG} = 1,15s, T_{1,y,EG} = 1,16s$$

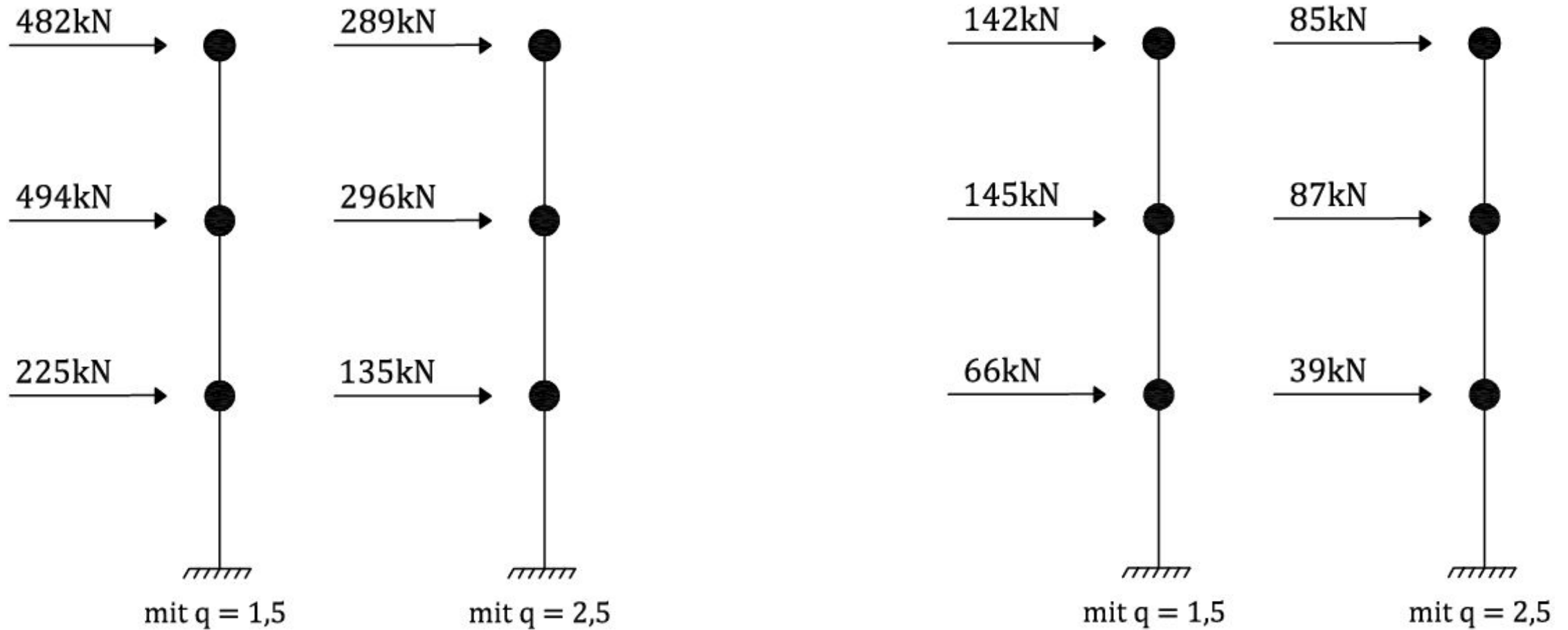
$$T_{1,x} = 1,59s$$

$$T_{1,y} = 1,35s$$

7. Resultierende horizontale Ersatzlasten

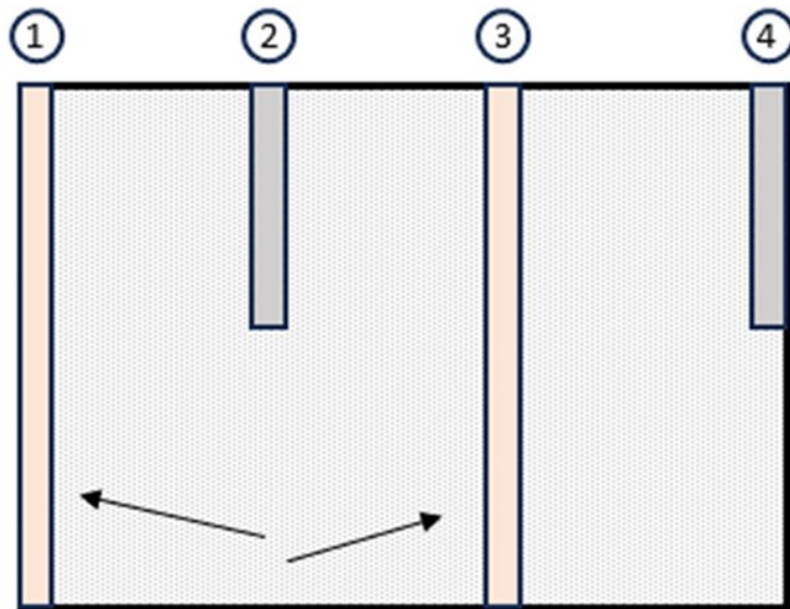


7. Resultierende horizontale Ersatzlasten

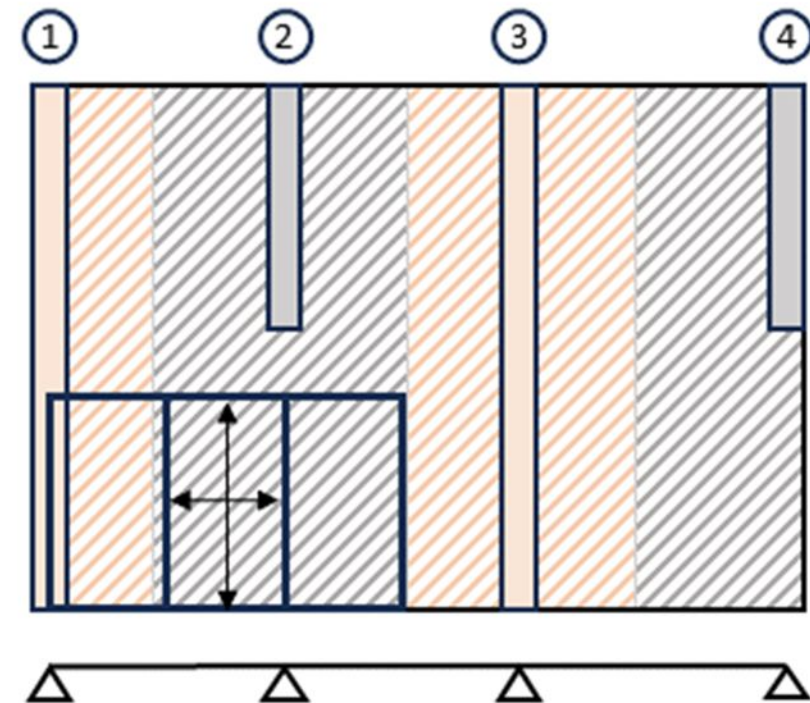


8. Lastaufteilung auf die aussteifenden Wände

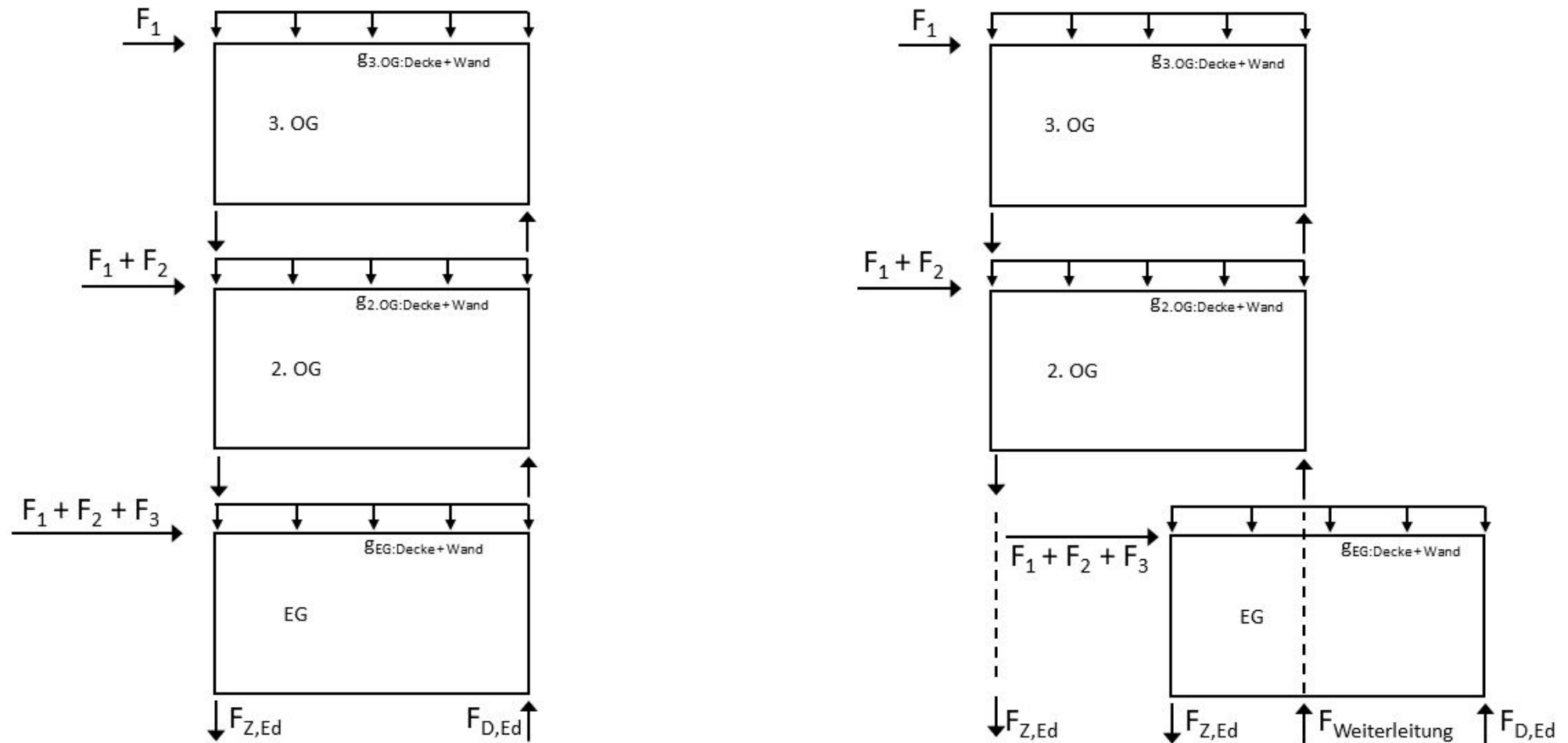
Annahme starre Decke



Annahme schubweiche Decke

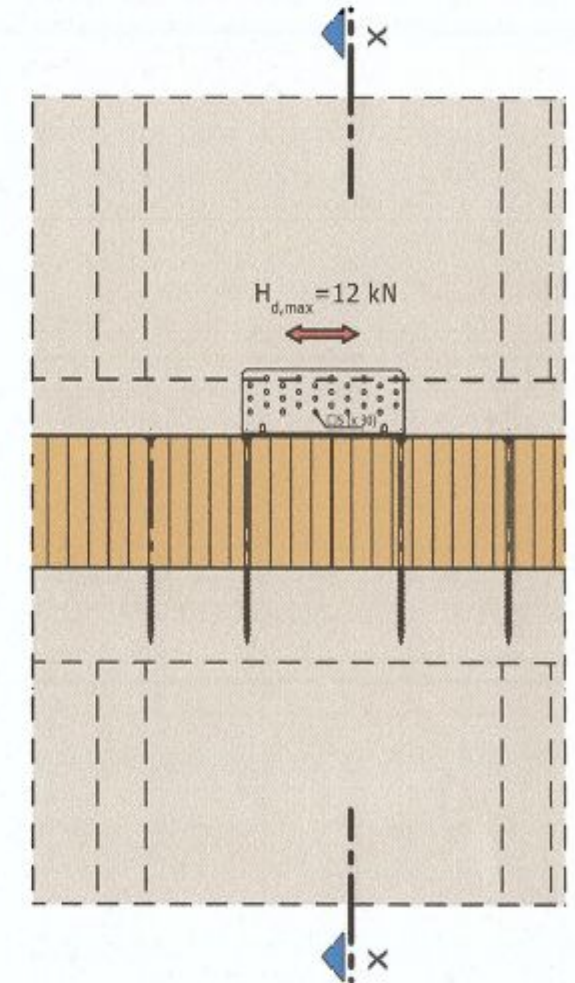
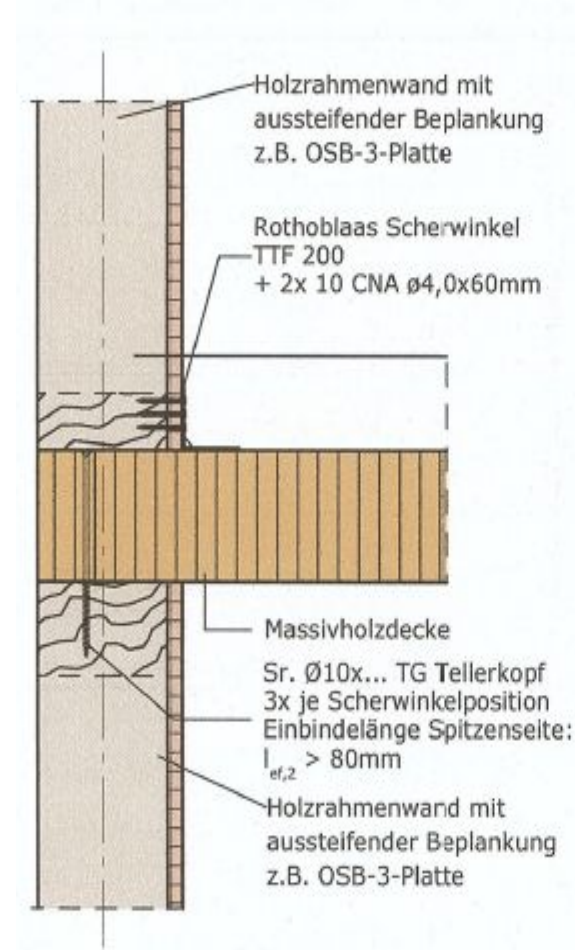


8. Lastaufteilung auf die aussteifenden Wände



9. Bemessung einer aussteifenden Wand

- Bemessung nach EC 5
 - infolge horizontaler Lasten:
 - NW Tragfähigkeit Beplankung
 - NW Tragfähigkeit VM im Anschluss Beplankung
 - infolge vertikaler Lasten:
 - NW Schwelle auf Druck \perp Faserrichtung
 - NW Stabilität



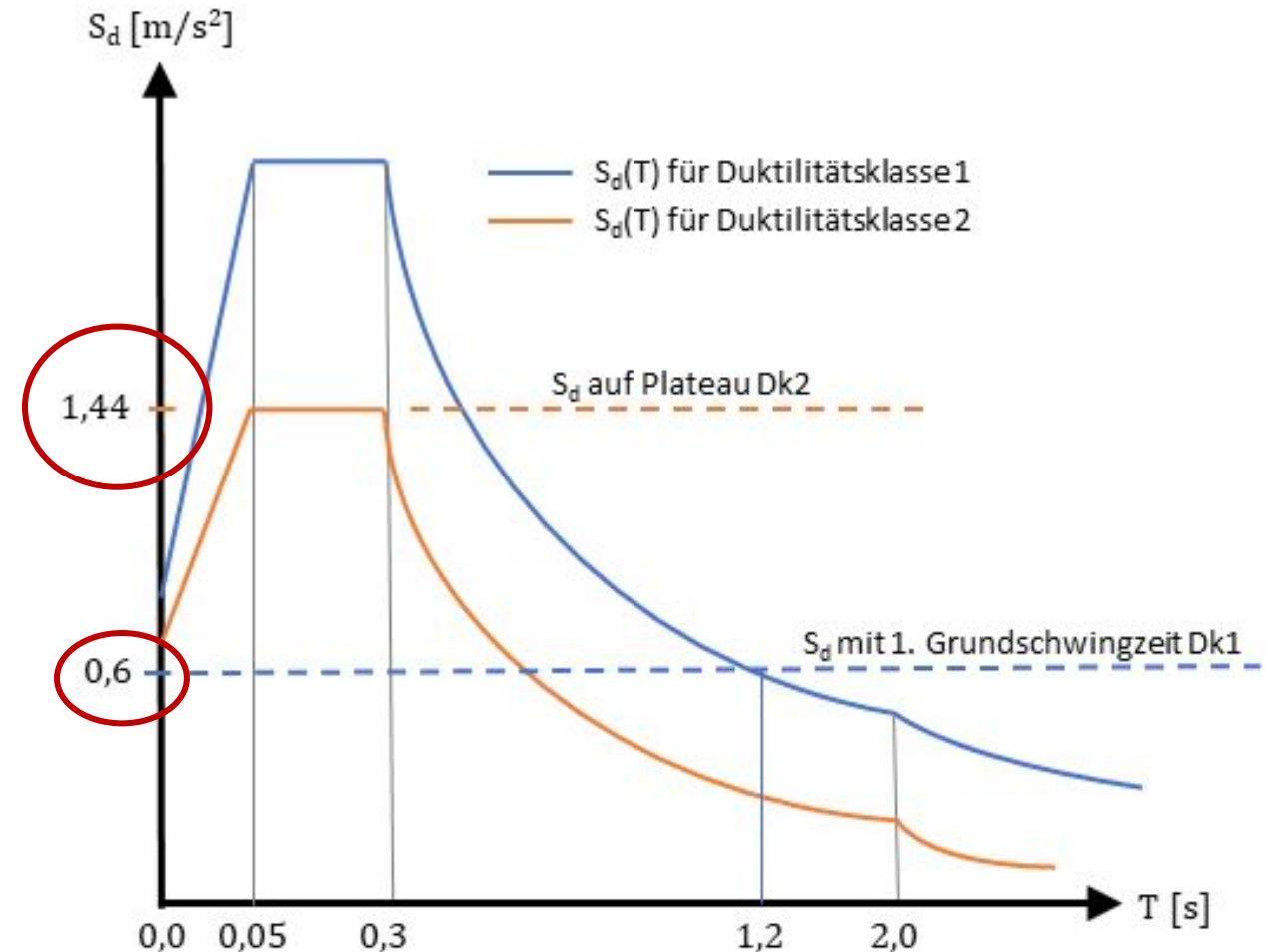
Fazit

- Müller/ Keinzel als auch Rayleigh zu empfehlen
 - Näherungsverfahren für regelmäßige Gebäude

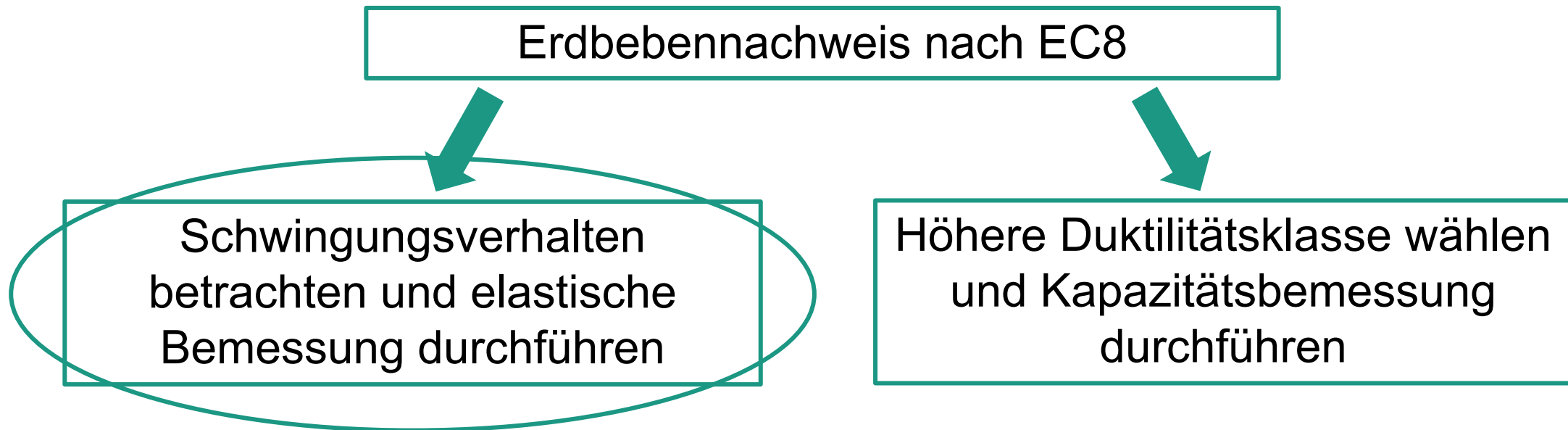
- EC5: erstmals genaue Vorgaben für die Lastenaufteilung von Holztafeldecken → **Die Lage der Wand gewinnt an Bedeutung**

Fazit

- Spektralbeschleunigungen als Vergleichsbasis:
- $S_{d,DK1}$ unter Betrachtung der Grundschwingzeiten deutlich geringer als $S_{d,DK2}$ auf Plateau



Fazit



- **Betrachtung der Grundschwingzeiten sinnvoller!**
- Ausblick: Zur Verifikation der Ergebnisse mehrere Gebäude untersuchen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Quellen:

Normen:

- [1] DIN 4149: Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten. Norm, Ausgabe April 2005.
- [2] DIN EN 1998-1:2004 + AC:2009: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben. Norm, Ausgabe Dezember 2010.
- [3] DIN EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Norm, Ausgabe Dezember 2010.
- [4] DIN EN 1995-1-1/NA: Nationaler Anhang - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Norm, Ausgabe August 2013.
- [5] 11/0086: European Technical Assessment ETA-11/0086 of 26/01/2015. ETA,
- [6] 11/0496: European Technical Assessment ETA-11/0496 of 2018/11/06. ETA,
- [7] 11/0190: Europäische Technische Bewertung. ETA,

Quellen:

Literatur:

- [8] *B. Walter, T. Wiesenkämper, M. Krolak*: Nachweis der Erdbebensicherheit von Holzgebäuden. Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf Ausgabe Mai 2011.
- [9] *Schweizer Erdbebendienst*: Ursachen von Erdbeben. Schweizer Erdbebendienst, www.seismo.ethz.ch [Zugriff am: 13.06.2023].
- [10] *Wolfgang Frisch, M.M.*: Plattentektonik – Kontinentverschiebung und Gebirgsbildung. Kapitel 1. wbg (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt, 2005.
- [11] *Christina Bonanati*: Plattentektonik und Vulkanismus, 2020, www.eskp.de [Zugriff am: 21.06.2023].
- [12] *Burkhard Walter, F.H.-B.*: Beitrag zur Erdbebenbemessung im Holztafelbau – Ermittlung der Grundschiwingdauer unter Berücksichtigung von Biege und Schubsteifigkeit. *In*: Bau-technik 92 (2015), Heft 7, S. 496-508.
- [13] *o. Prof. Dr.-Ing. F. P. Müller, Dr.-Ing. E. Keintzel*: Erdbebensicherung von Hochbauten. überarbeitete und erweiterte Auflage. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 1984.
- [14] *Johannes Hummel, Werner Seim, Simone Otto*: Steifigkeit und Eigenfrequenzen im mehrgeschossigen Holzbau. *In*: Bautechnik 93 (2016), Heft 11, S. 781-794.

Quellen:

- [15] *Blaß, H.J.P.*: Aussteifende Wandscheiben in Einzelelement-Bauweise, Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau / Universität Karlsruhe (TH), Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2009.
- [16] *Blaß, H.J.; Schädle, P.*: Verhalten einer Massivholzbauweise unter Erdbebenlasten, Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau / Karlsruher Institut für Technologie, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen Heft 18, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2011.
- [17] *Horst Werkle*: Finite Elemente in der Baustatik – Statik und Dynamik der Stab- und Flächentragwerke. Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- [18] *Rayleigh, J. W. S. B.*: The theory of sound. Macmillan & Co, London, 1877.
- [19] *F. Colling, P.J.*: Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart – Nach Schubfeldtheorie und erweitertem Schubfeldträger-Modell. Ingenieurbüro Holzbau GmbH & Co. KG, Karlsruhe, 2021.
- [20] *Technisches Datenblatt*: WHT Zuganker, www.rothoblaas.de.
- [21] *Technisches Datenblatt*: TITAN F Scherwinkel, www.rothoblaas.de.
- [22] *Technisches Datenblatt*: Axial- / Scherwerttabelle für ASSY® Schrauben – Nadelholz-Nadelholz, 2017, www.wuerth.de.

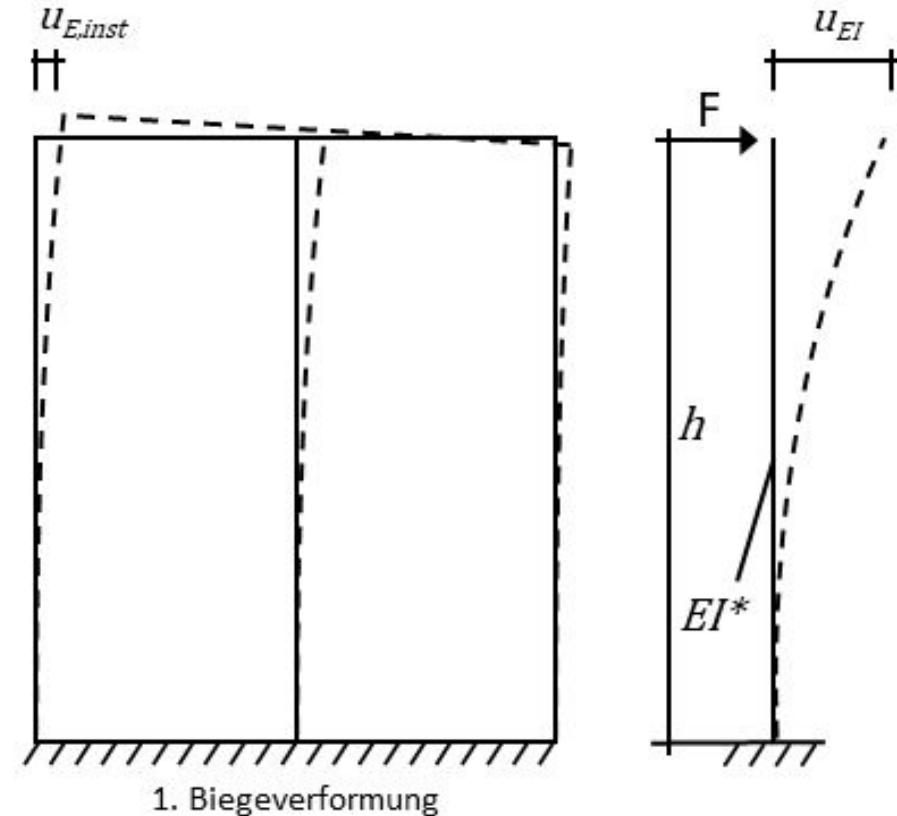
5. Ersatzsteifigkeiten

Holztafelbauweise

- 1. Biegeanteil

- Normalkraftbeanspruchung der Rippen

$$\Rightarrow EI^* = \frac{F \cdot h^3}{3 \cdot u_{E,inst}}$$



5. Ersatzsteifigkeiten

Holztafelbauweise

■ 2. Schubanteil

- der Beplankung
- aus Nachgiebigkeit der VM zw. Beplankung und Rippen

$$\Rightarrow GA^* = \frac{F \cdot h}{u_{k,inst} + u_{G,inst}}$$

