

Grundlagen der Bemessung im Holzbau. Beispiele aus der Praxis.

KURT POCK
Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen
kurtpock.at



Ingenieurbüro für Bauingenieurwesen ...ein Spezialgebiet Holzbau...

KURT POCK
Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen
kurtpock.at



nebenberufliche Lehrtätigkeit



über
z104

Universitätslehrgang für
Holzbaukultur

SRB Strausberg | Berlin



tz - Langhansstrasse 08, 13008 Berlin, Deutschland | Germany, M: offic@taftaco.com, WS: www.taftaco.com, T: +49 (0)30 740 722 37

A3
DER ANSPRUCH AUF MEHR.
C&P

C&P Immobilien AG
Studie Josef-Zettler-Ring 19

Page Size
Scale
Date
Author
Index

AB
171127
TV

300-2a-5000-00
SCHAUBILD NORDOST

STA Stammersdorf | Wien
B | VI-Engineers A | Pesendorfer und Machalek pumar-architekten



Änderungen vorbehalten

Grundlagen der Bemessung im Holzbau. Beispiele aus der Praxis.
TRAGWERKSPLANUNG

KURT POCK
Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen
kurtpock.at



- **Brandschutz**
- Bauphysik (Schallschutz, Feuchteschutz, etc.)
- **Gebäudeaussteifung**
Aussteifungskonzept als wesentlicher Teil des Tragwerksentwurfs

...beschäftigen uns derzeit im Büro am meisten...

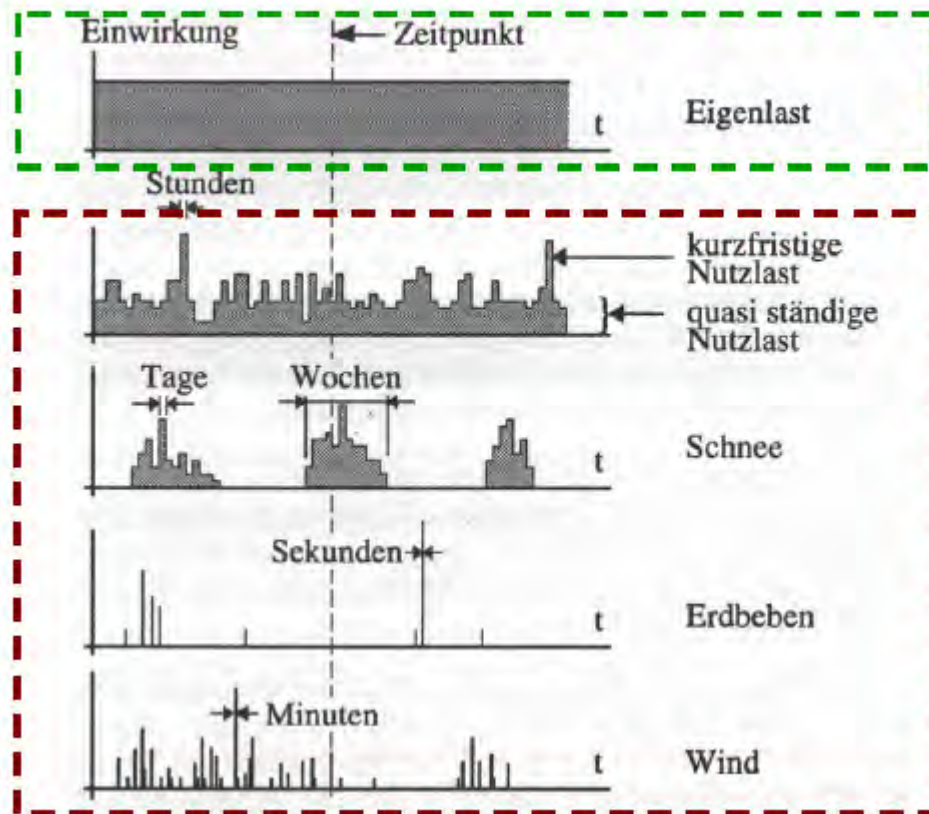
- Einwirkungen und Bemessungssituationen
 - Horizontallasten
 - Nachweise [Schwingung]
- Sicherheitskonzept
 - Kräfteverlauf
- Mindestaussteifung
- Lastableitungs- und Aussteifungskonzept
 - Gebaute Beispiele



Einwirkungen und Bemessungssituationen

Einwirkungen auf Tragwerke

Berücksichtigung der Streuung der Lasten



$$\gamma_s = 1,35$$

Kombinationsbeiwerte Ψ_2

$$\gamma_s = 1,5$$

Wind

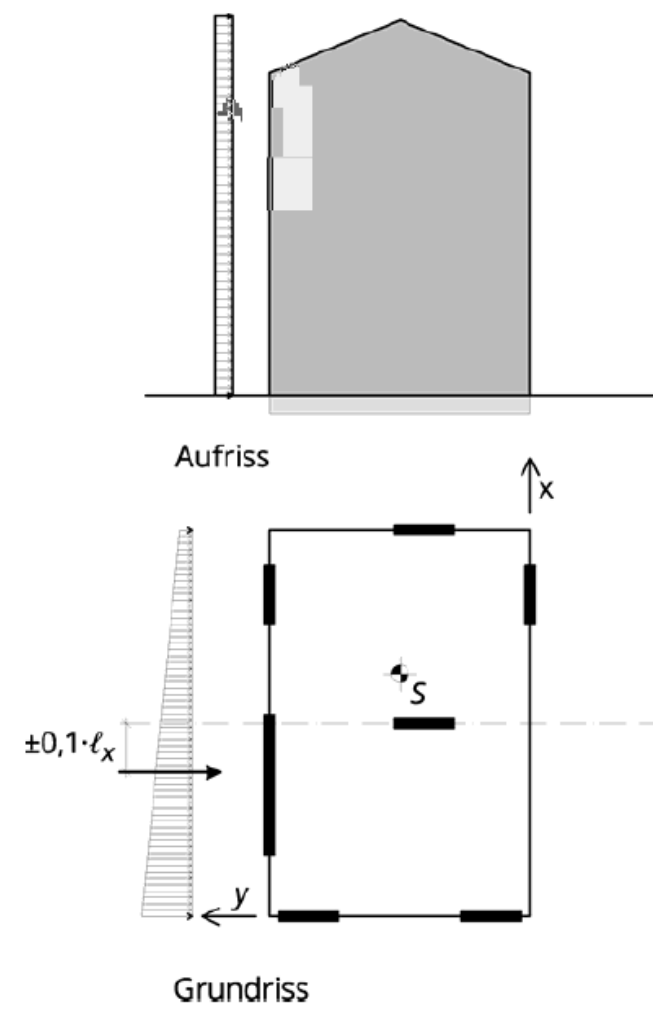
Erdbeben

Horizontallast aus Nutzlast (Bremslast)

Imperfektionen (außerplanmäßige Schiefstellung)

Anprall

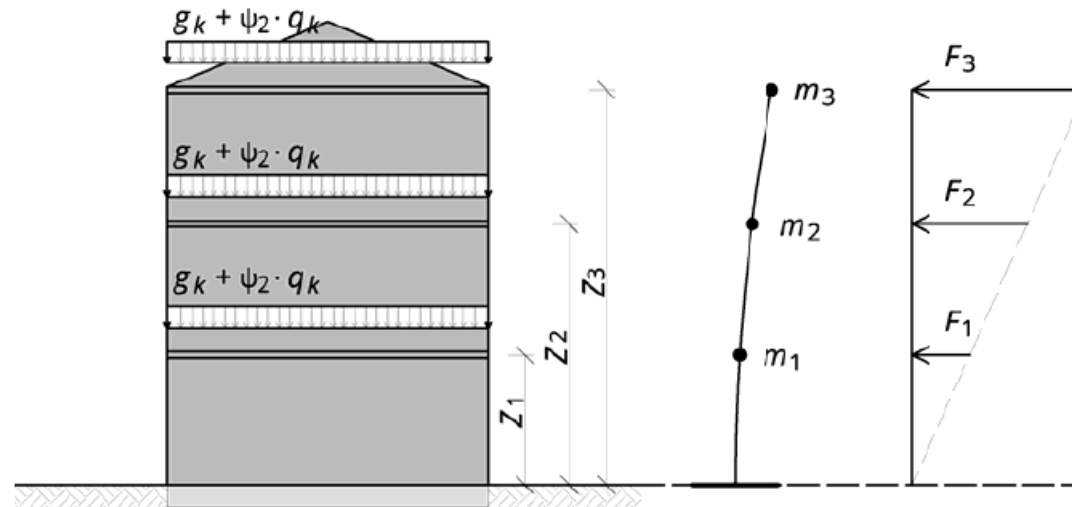
Windlast mit Exzentrizität [1]



[1] Wallner-Novak M., Koppelhuber J., Pock K.
Brettspertholz Bemessung, Pro Holz 2013

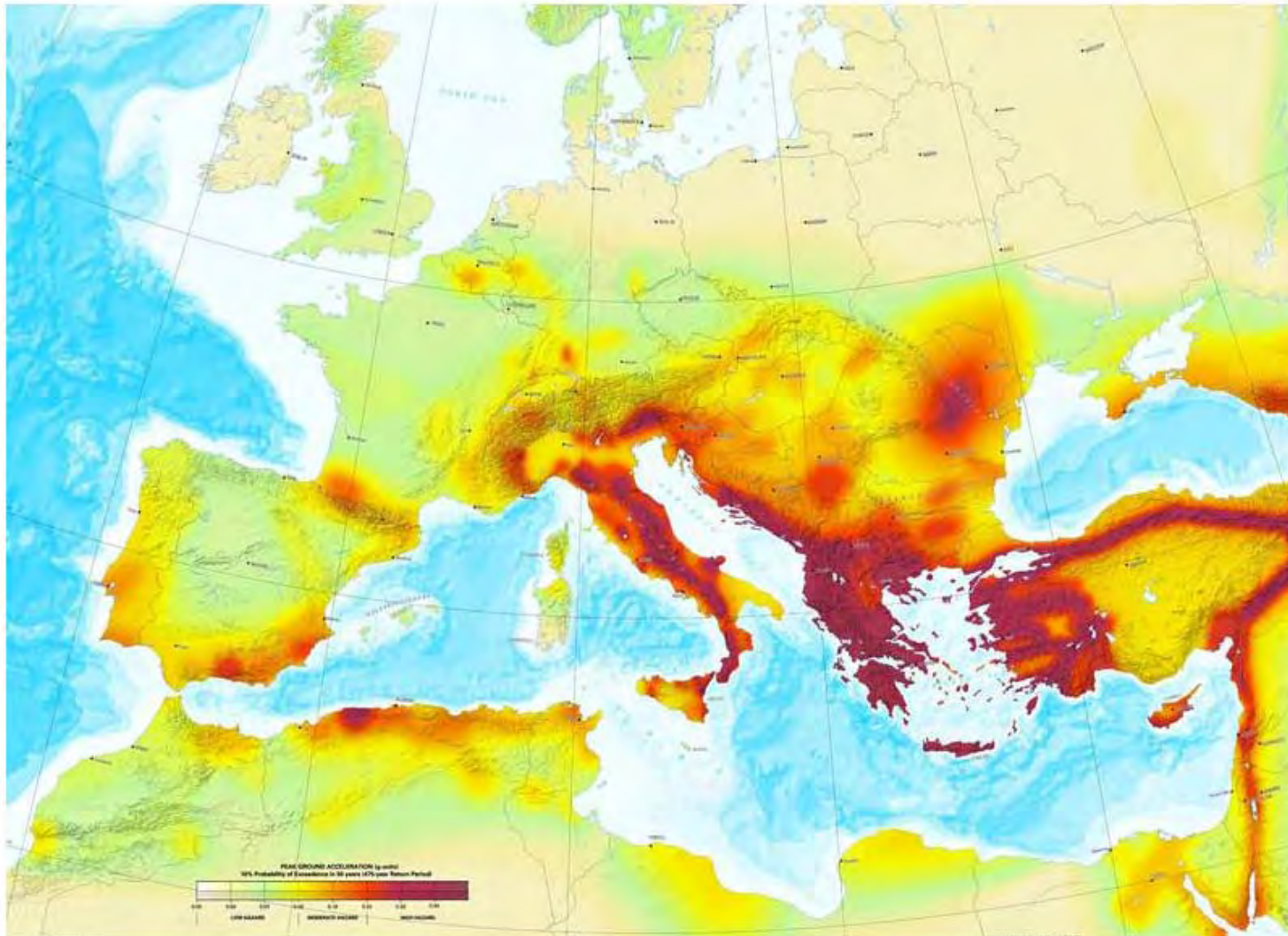
Erdbeben- vereinfachtes Antwortspektrenverfahren

Statische Horizontale Ersatzlast



Ersatzstab mit der Verteilung der Ersatzkraft über die Gebäudehöhe [1]

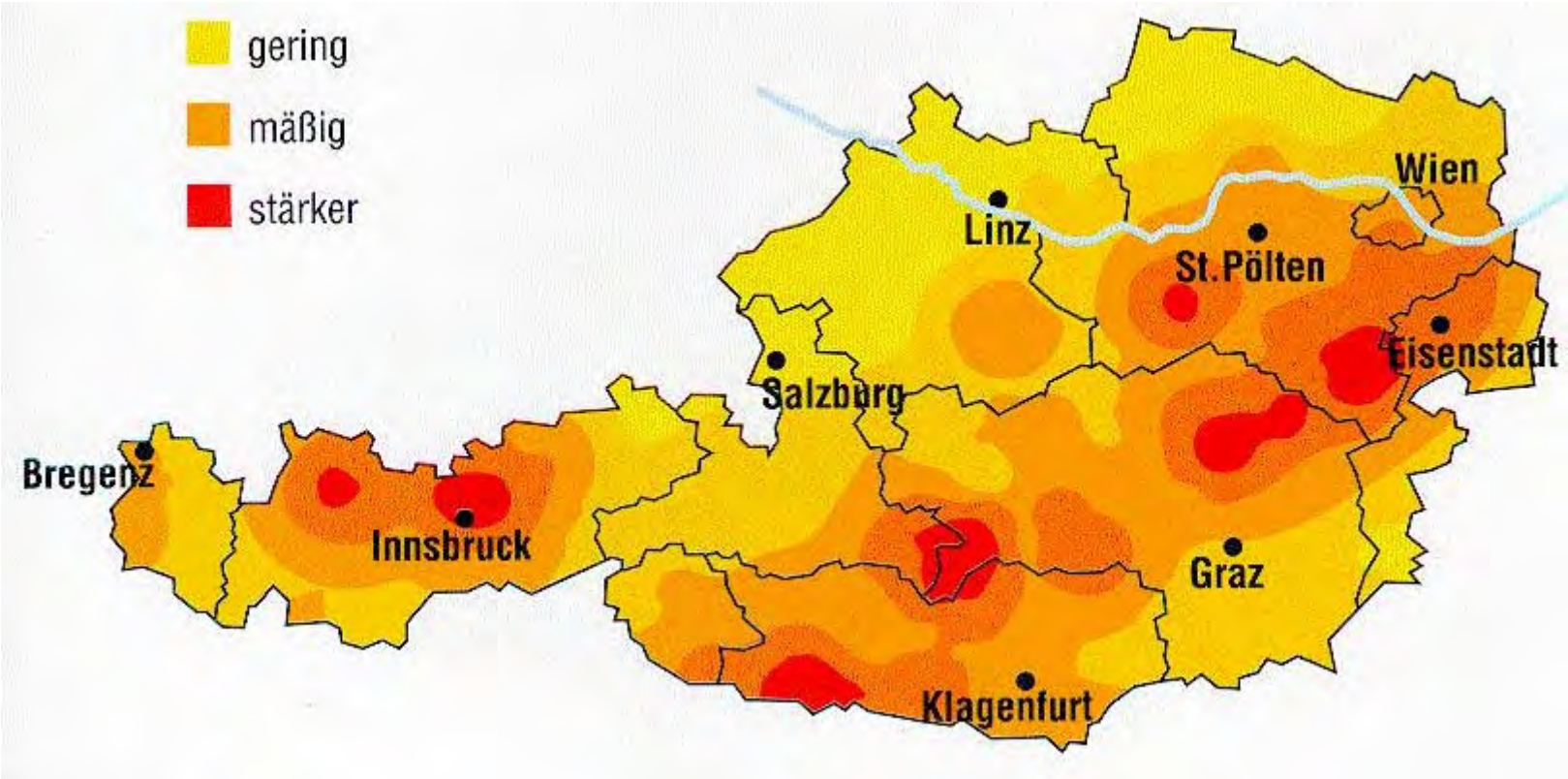
Seismische Aktivitäten in Europa



Karte der seismischen Aktivitäten in Europa - (European Seismological Commission)

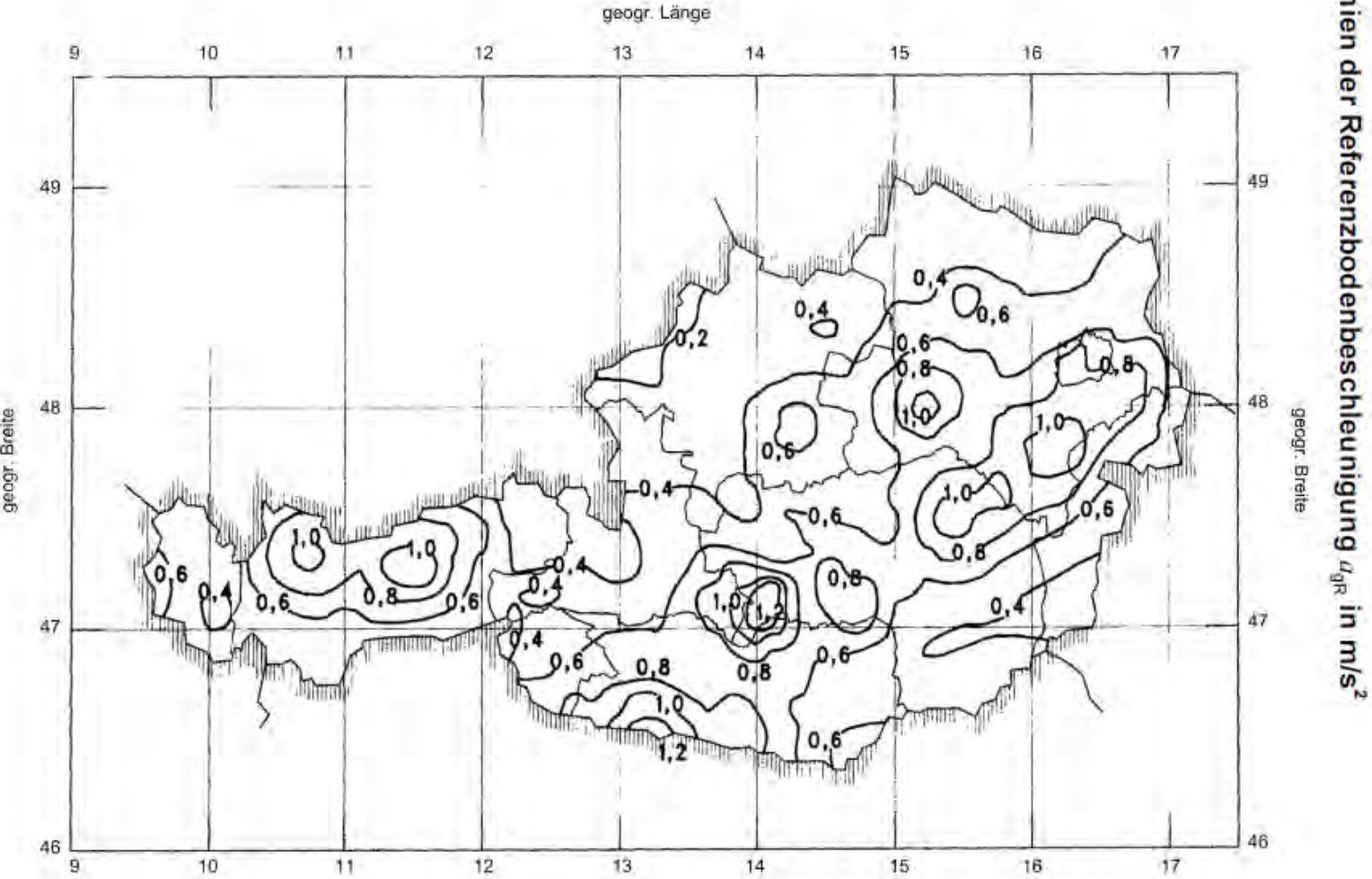
Erdbebengefährdung Österreichs

x



Erdbebengefährdung Österreichs

ON B 1998-1:2011 Anhang A, (normativ)



Isolinien der Referenzbodenbeschleunigung a_{gR} in m/s^2

Bild A.1

Imperfektionen (außerplanmäßige Schiefstellung)

bewirkt ständige und veränderliche Horizontalkräfte im Tragwerk

Größenordnung
Schiefstellung θ (Theta) / Ersatzkraft H

$$H = \frac{N}{200} - \frac{N}{400}$$

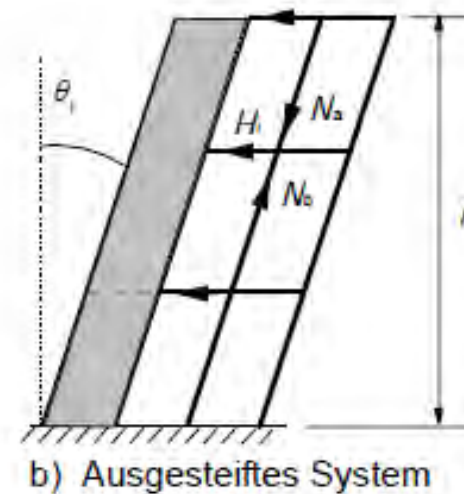


Bild 5.1 — Beispiele für die Auswirkung geometrischer Imperfektionen

(8) Bei Tragwerken darf die Auswirkung der Neigung θ_1 mit einer seitlich angreifenden Kraft dargestellt werden, die zusammen mit den Einwirkungen bei der Berechnung der Schnittgrößen berücksichtigt wird.

ÖNORM EN 1992-1-1

Sicherheitskonzept

Das Sicherheitsniveau ist immer eine gesellschaftspolitische Frage

Die grundlegende Frage ist: „Ist das sicher genug“

KP
ZT



Die grundlegende Frage ist: „Ist das sicher genug“



Grenzzustand der Tragfähigkeit

ÖN EN/B 1990

Grundkombination (ständige und vorübergehende Kombination)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Außergewöhnliche Kombination (Brand oder Anprallstoss)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Lastfallkombination bei Erdbebeneinwirkung

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$	char. Wert einer ständigen Einwirkung j
$Q_{k,1}$	char. Wert einer maßgebenden veränderlichen Einwirkung 1 (Leiteinwirkung)
$Q_{k,i}$	char. Wert einer nicht maßg. veränderlichen Einwirkung i (Begleiteinwirkung)
P	maßgebender repräsentativer Wert einer Vorspannung
A_d, A_{Ed}	Bemessungswert der außergewöhnlichen Einwirkung

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

ÖN EN/B 1990

charakteristische (seltene) Kombination

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Quasiständige Kombination

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Sicherheitskonzept

Semi-probabilistisches Sicherheitskonzept

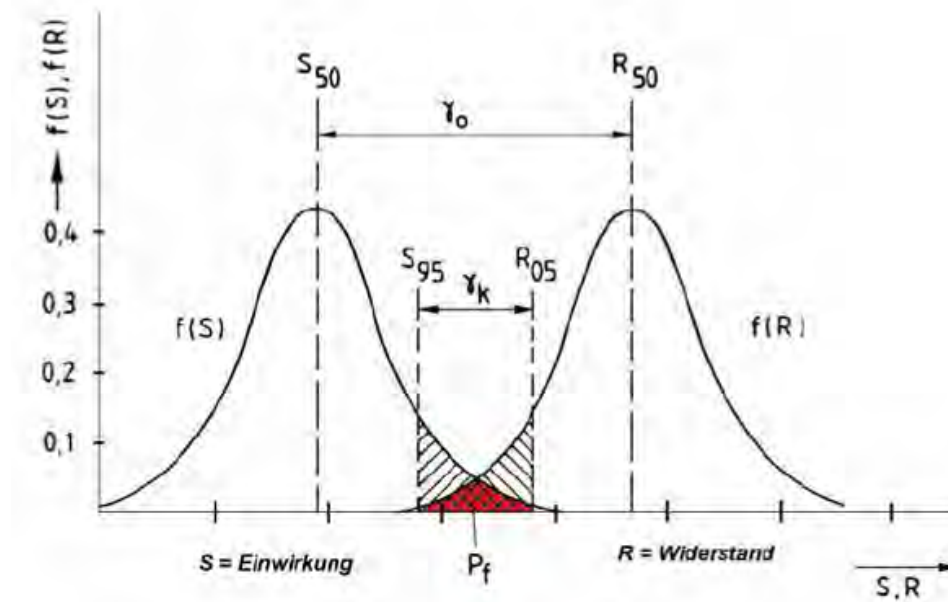
$$E_d \leq R_d$$

$$\gamma_F \cdot E_k \leq k_{\text{mod}} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M}$$

E Einwirkung
R Resistance = Widerstand

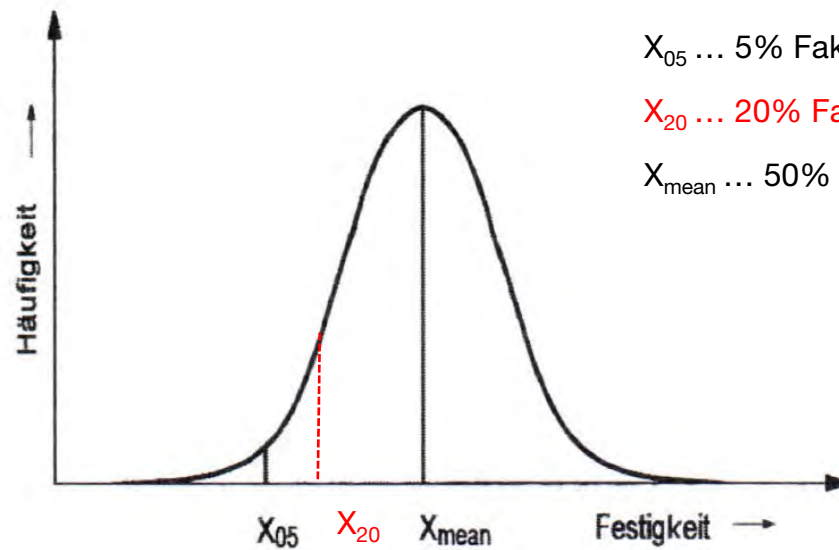
INDIZES

k charakteristischer Wert (in der Regel 5%-Fraktilwert ohne Teilsicherheiten)
M das Material betreffend



Quelle: Steinbrecher, TU Cottbus

Im Bauwesen wird im Regelfall eine Versagenswahrscheinlichkeit von $1 \cdot 10^{-6}$ (1/1.000.000) akzeptiert. von 1 Million gleichartigen und gleichbelasteten Bauteilen darf ein Bauteil versagen.



X_{05} ... 5% Faktilewert Tragfähigkeit ULS Kaltbemessung z.B. $f_{m,k}$

X_{20} ... 20% Faktilewert Tragfähigkeit ULS Brandbemessung $X_{20} = X_{05} * k_{fi}$

X_{mean} ... 50% Faktilewert Gebrauchstauglichkeit SLS

1.37 Symmetrische Häufigkeitsverteilung einer allgemeinen Festigkeit X mit dem Mittelwert X_{mean} und dem 5 %-Quantilwert X_{05}

Quelle: Neuhaus 2009

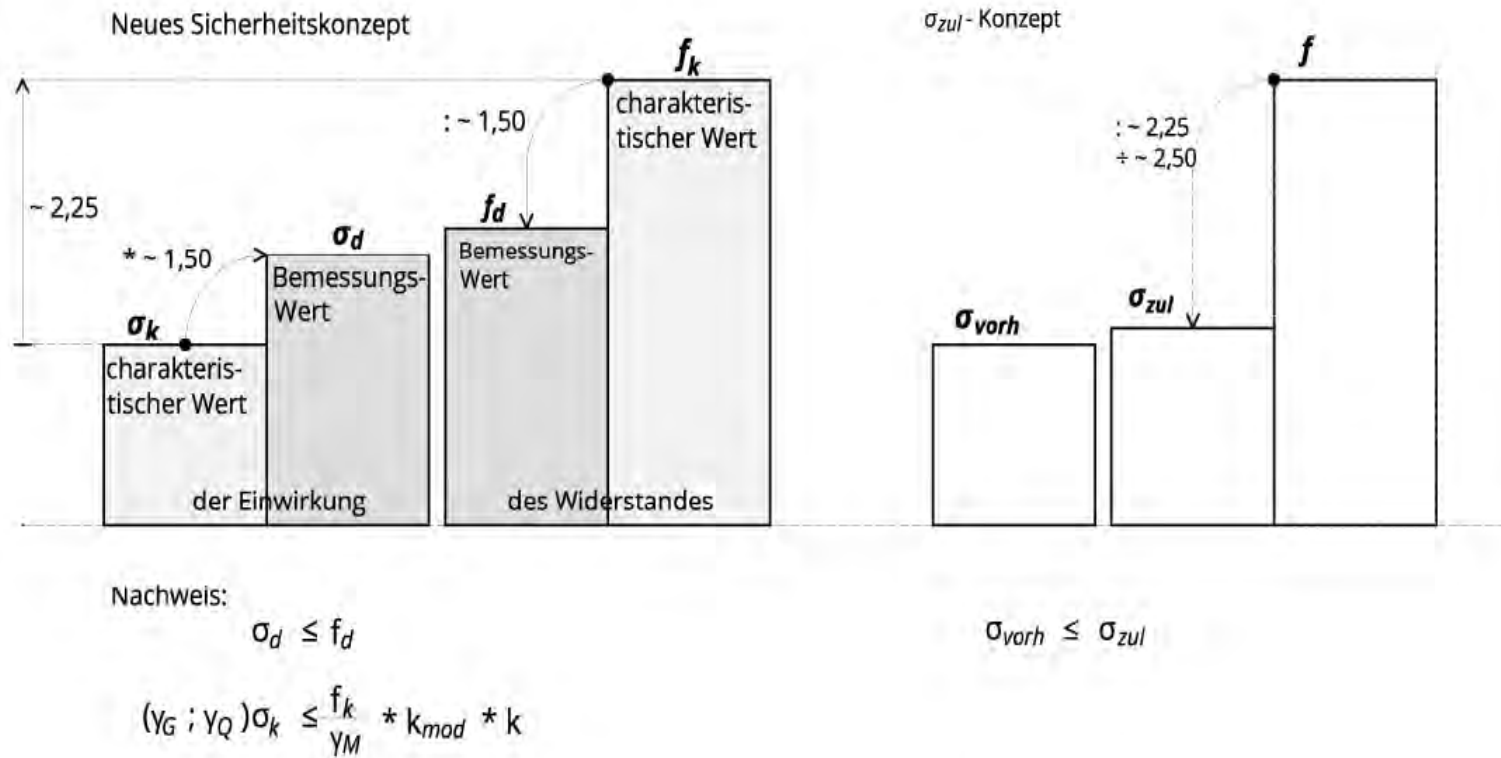


Abbildung 3-1 Charakteristische Werte und Bemessungswerte mit gerundeten Teilsicherheitsbeiwerten

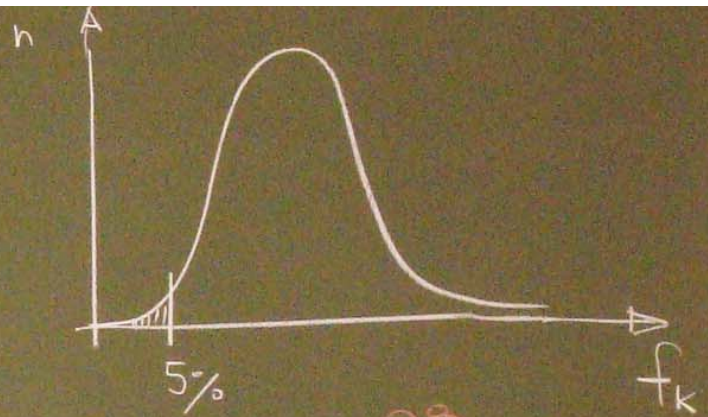
Quelle [134] Wallner, 2013

Wie groß ist die Sicherheitszahl im Holzbau?

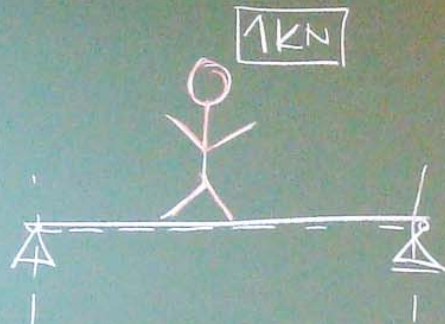
HB 2 10-03-09

SICHERHEITEN IM BAUWESEN

HOLZBAU: EC 5



ANSCHAUUNGSBEISPIEL:

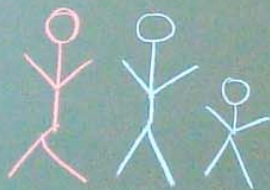


NACHWEIS IM GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT

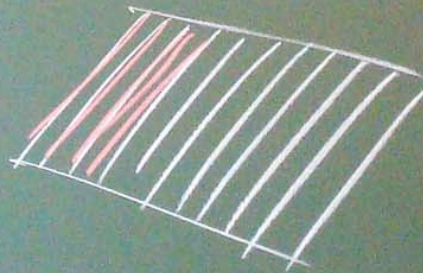
$$\delta = 1,0$$

$$\gamma_F \cdot E_k \leq k_{mod} \frac{R_k}{\gamma_m}$$

EC 0
EC 1 ↔ EC 5



100



5% FRAKTILWERT

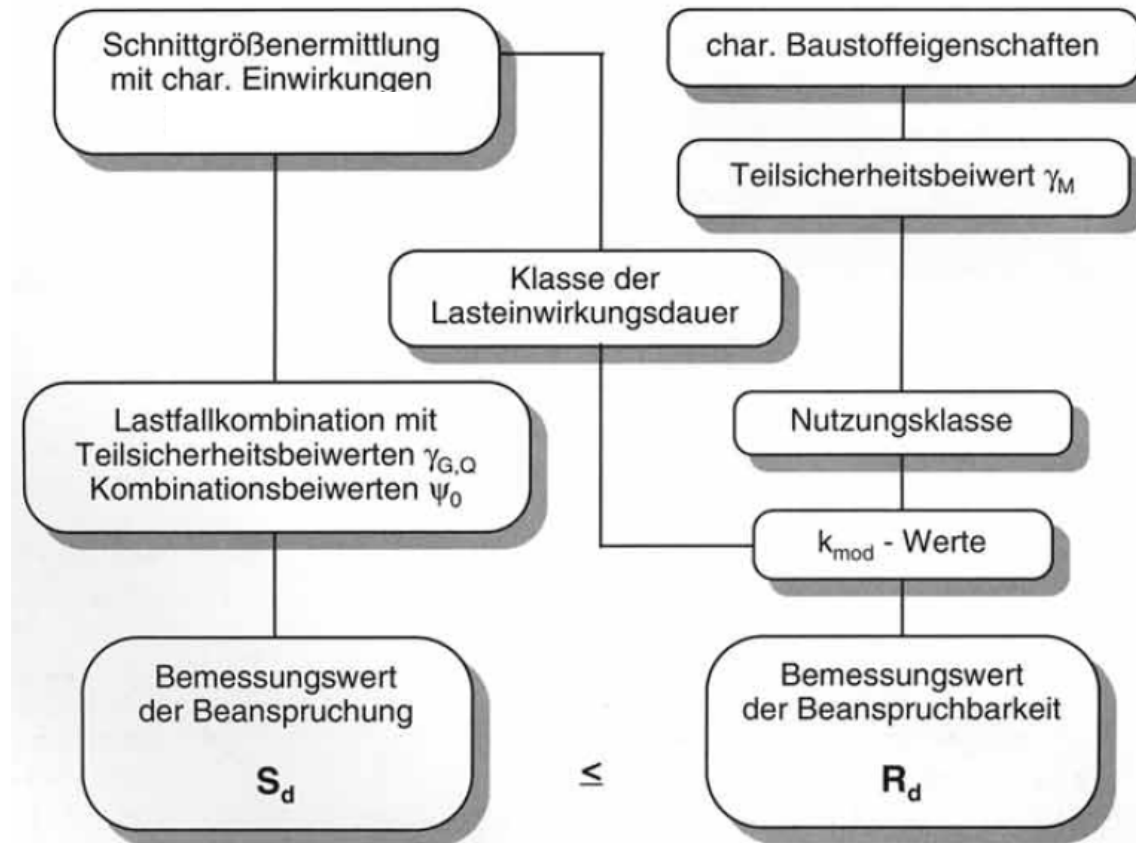
5 DÜRFEN MAXIMAL BEZUGEN

$$\gamma \cdot E_k = R_k$$

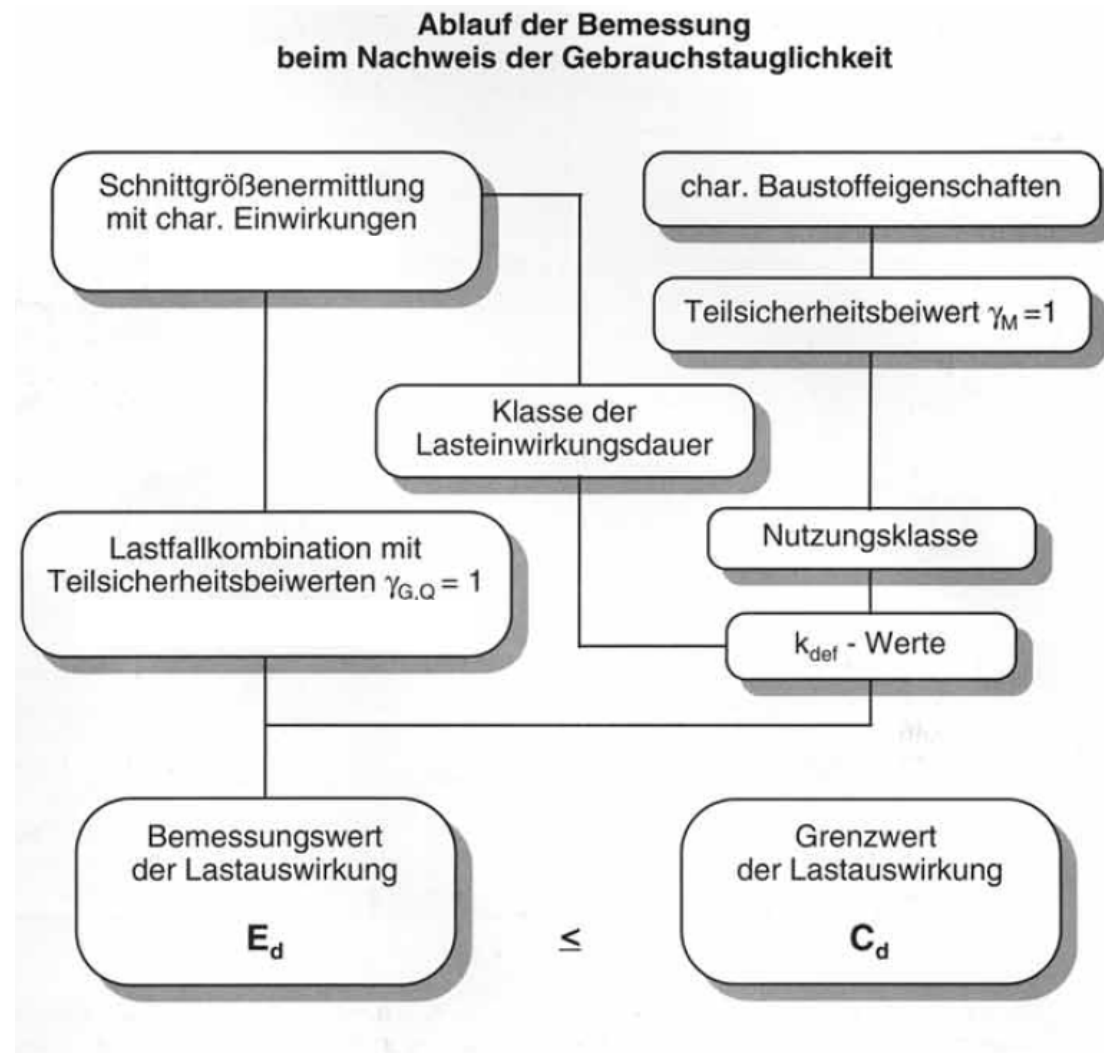
$$\frac{1,43 \cdot 1,30}{0,8} = \boxed{2,32}$$

	γ_{GLOBAL}
HOLZ:	2,32
STAHL:	1,43
STB	$1,43 \cdot 1,15 = 1,65$

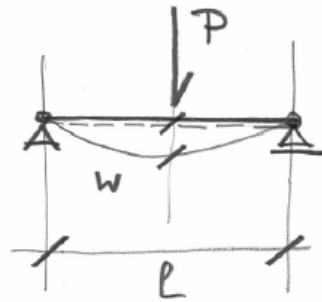
**Ablauf der Bemessung
beim Nachweis der Tragfähigkeit**



Quelle: Informationsdienst Holz, Bemessungen nach EN 1995-1-1, Mai 1995



Quelle: Informationsdienst Holz, Bemessungen nach EN 1995-1-1, Mai 1995



$$w = \frac{1 \cdot P \cdot l^3}{48 \cdot EJ}$$

BIEGESTEIFIGKEIT

Durchbiegung unter Einzellast 1kN auf einen definierten, mitwirkenden Deckenstreifen
Schwingungsklasse I $w < 0,25\text{mm}$
Schwingungsklasse II $w < 0,50\text{mm}$

Tabelle 6-4 Schwingungsklassen von Decken

	Schwingungsklasse I	Schwingungsklasse II	Schwingungsklasse III
Typische Anwendungsfälle	Decken zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten, wie Wohnungstrenndecken, durchlaufende Decken, Decken in Büros etc.	Decken innerhalb einer Nutzungseinheit, Decken in Einfamilienwohnhäusern mit üblicher Nutzung	Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen, Decken ohne Schwingungsanforderung
Ausführung	Nassestrich schwimmend auf leichter oder schwerer Schüttung Trockenestrich auf schwerer Schüttung (also mit über 60 kg/m ²)	Nassestrich schwimmend (auch ohne Schüttung)	
Frequenzkriterium	$f_1 \geq 8 \text{ Hz}$	$f_1 \geq 6 \text{ Hz}$	
Steifigkeitskriterium¹	$w_{1kN} \leq 0,25 \text{ mm}$	$w_{1kN} \leq 0,50 \text{ mm}$ für geringe Anforderungen: $w_{1kN} \leq 1,00 \text{ mm}$	
Grenzbeschleunigung²			
Hamm und Richter (2009) bzw. Kreuzinger und Mohr (1999) bei Übertragung der Schwingung in benachbarten Raum	$a_{rms} \leq 0,05 \text{ m/s}^2$ zusätzlich $f_1 \geq 4,5 \text{ Hz}$	$a_{rms} \leq 0,10 \text{ m/s}^2$ $f_1 \geq 4,5 \text{ Hz}$	

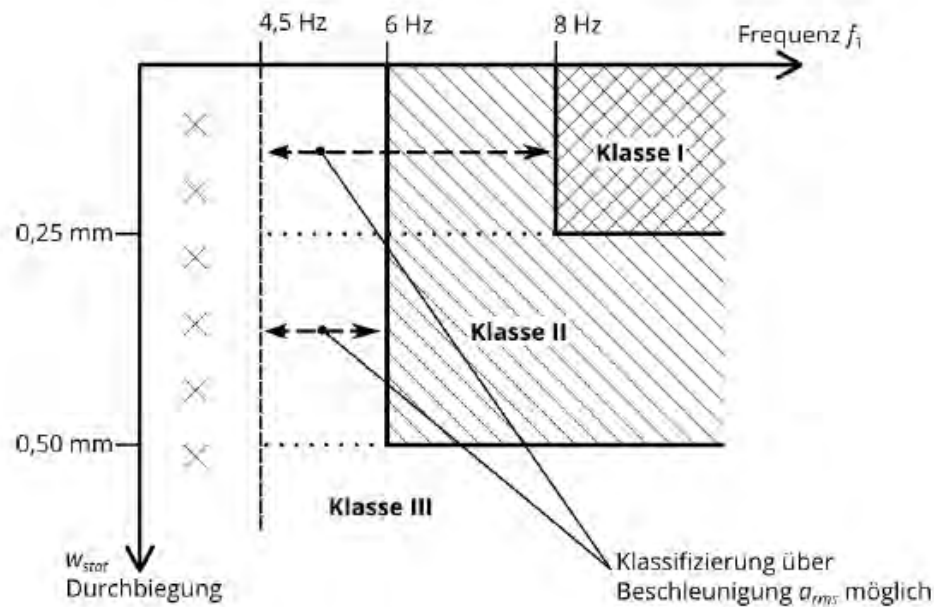


Abbildung 6-7: Klassifizierung hinsichtlich des Schwingungsverhaltens

Für die Nachweisführung sind zwei Kriterien bezüglich der ersten Eigenfrequenz und der Steifigkeit der Decke (Durchbiegung infolge einer Einheitslast) zu erfüllen. Liegt die erste Eigenfrequenz unter dem Grenzwert, kann nach Hamm und Richter bei schweren Decken durch Einhaltung einer Grenzbeschleunigung der Nutzungskomfort gewahrt bleiben

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

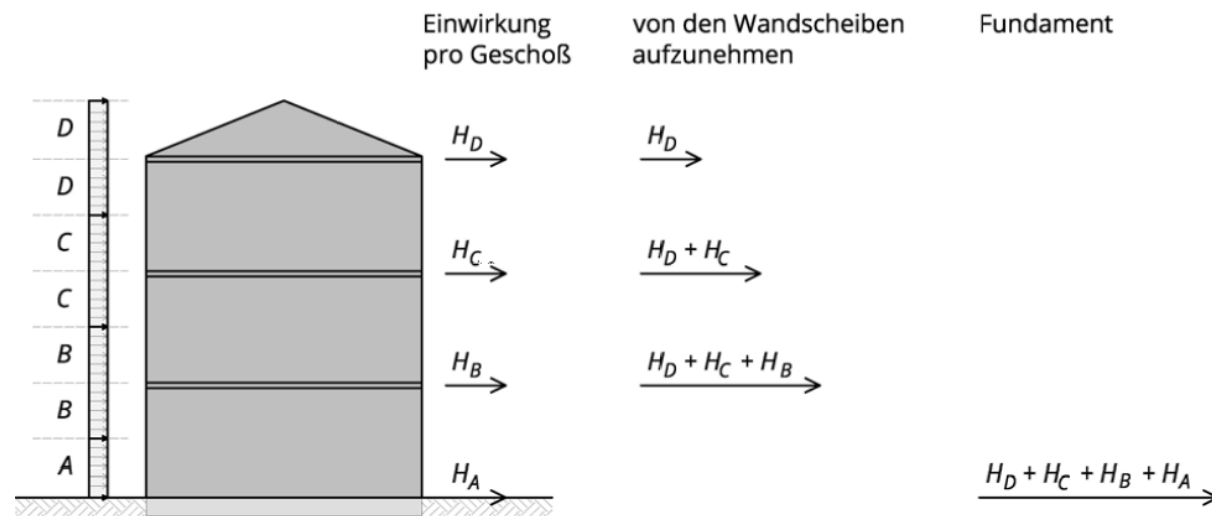
Schwingung | Prüfung mit dem Bauherren



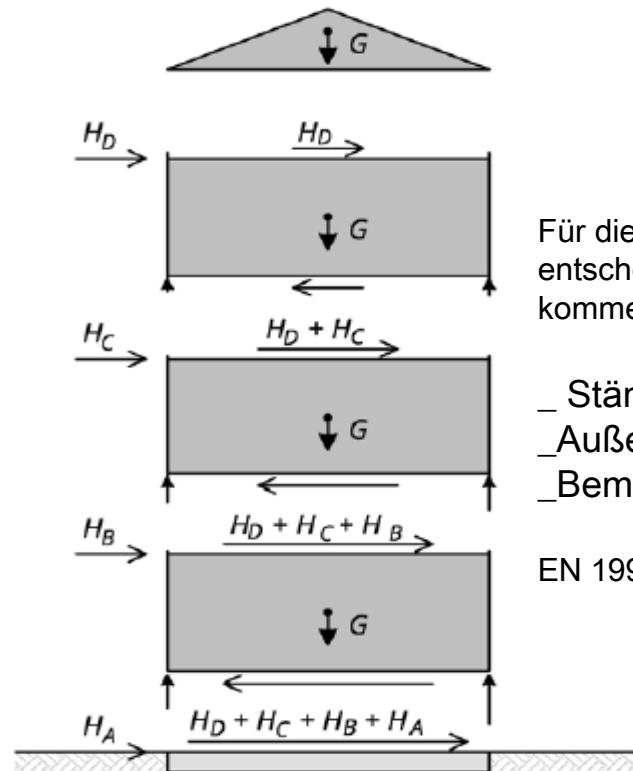
.Die Gebrauchstauglichkeit ist im Gegensatz zur Tragfähigkeit in gewissen Grenzen mit dem Bauherren vereinbar.

Foto: Test der Deckenelemente für die ENS MotoGP™ (mobiler Bau)

Kräfteverlauf



Aus einem Winddruck resultierende Horizontalkräfte je Geschoß mit Belastung der Wandscheiben in den einzelnen Geschossen [1]

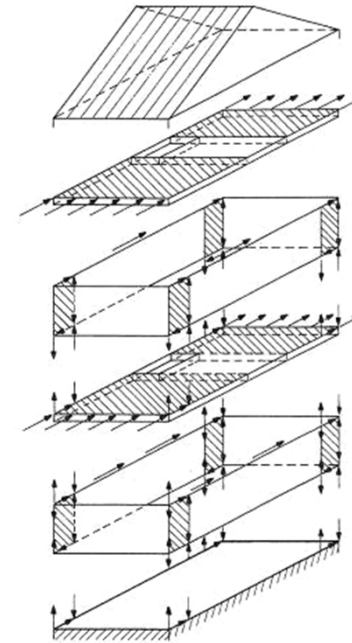
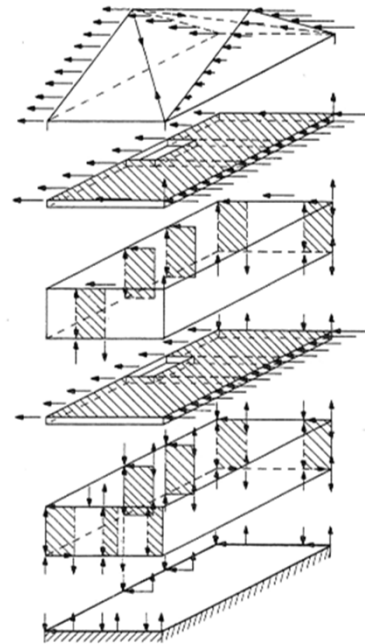


Für die Dimensionierung der Verbindungsmittel ist entscheidend aus welcher Bemessungssituation die Lasten kommen:

- _ Ständige Bemessungssituation (übliche Nutzung)
- _ Außergewöhnliche Bemessungssituation
- _ Bemessungssituationen mit Erdbeben

EN 1990 3.2 [6]

Kräfteverlauf je Geschoss mit Vertikallasten [1]



Aussteifungskonzept für Wind auf Giebel- bzw. Traufseite. [3]

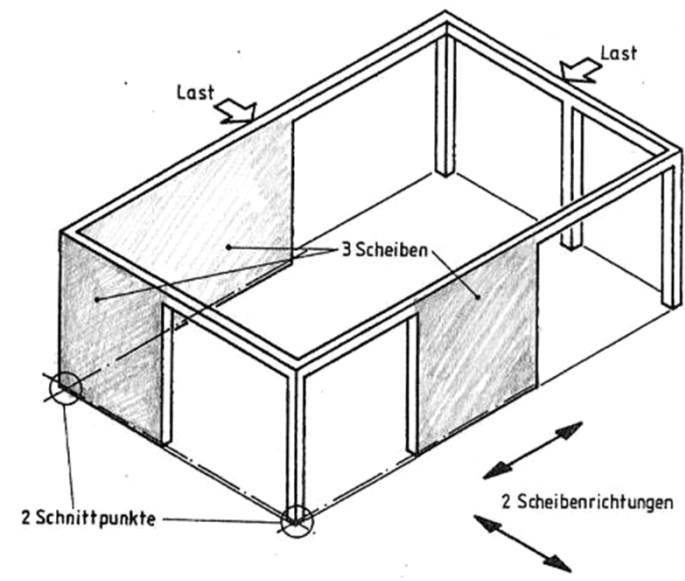
[3] Hrsg: Bund deutscher Zimmermeister: Holzrahmenbau,
2.Auflage 1992, Bruderverlage Karlsruhe

Mindestaussteifung

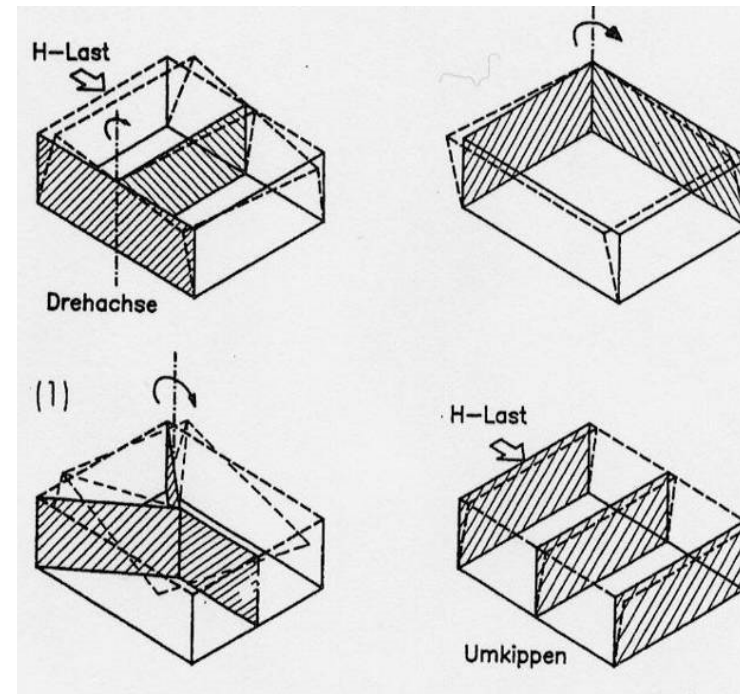
Mindestaussteifung

Regel zur Erhaltung der Translations- und Rotationsstabilität

- 3 Scheiben
- 2 Richtungen
- 2 Schnittpunkte

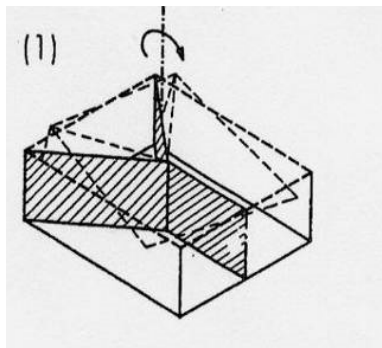


- 3 Scheiben
- 2 Richtungen
- 2 Schnittpunkte





Ai Wei-Wei: Template; Documenta, Kassel 2007



3 Scheiben
2 Richtungen
~~2 Schnittpunkte~~

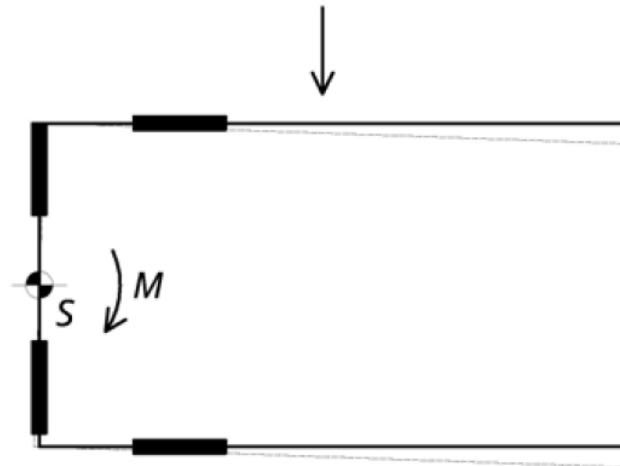


Ai Wei-Wei: Template; Documenta, Kassel 2007

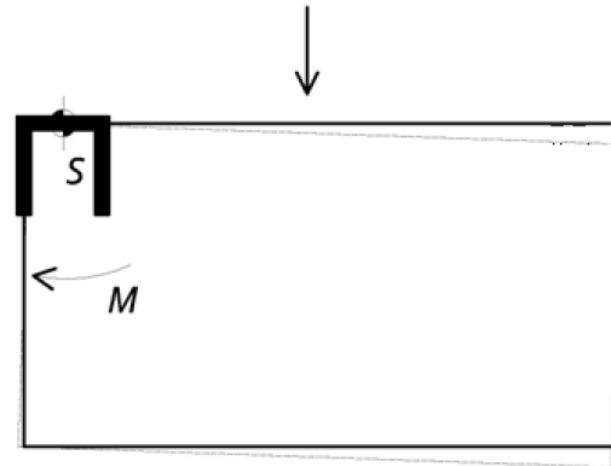
geometrische Aufteilung der Wandscheiben

Wandscheiben - Grundrisse

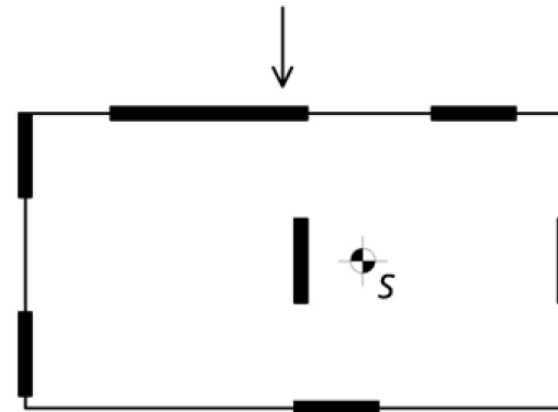
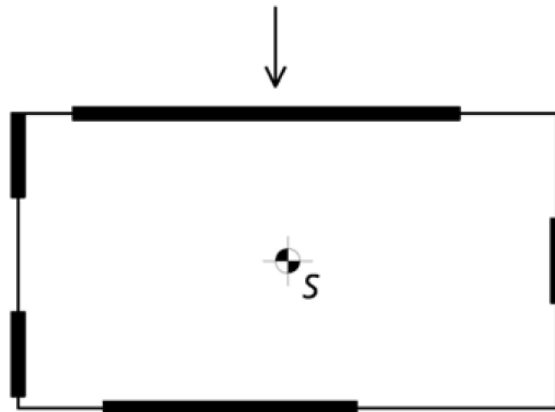
ungünstige Anordnungen



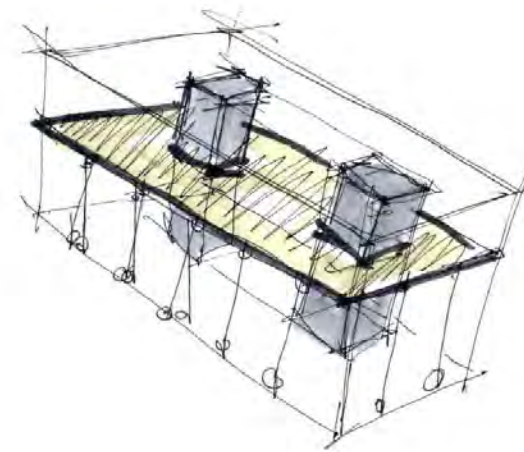
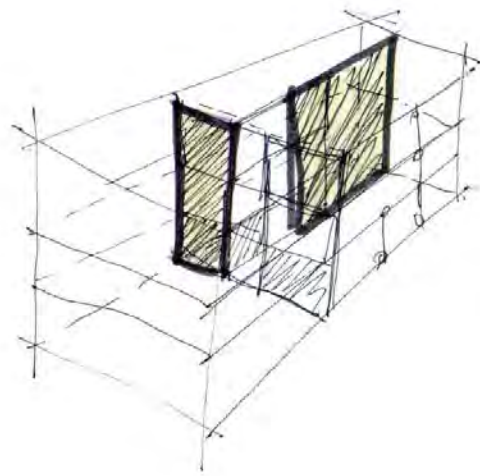
Wandscheiben - Grundrisse
ungünstige Anordnungen



Wandscheiben - Grundrisse
geeignete Anordnungen

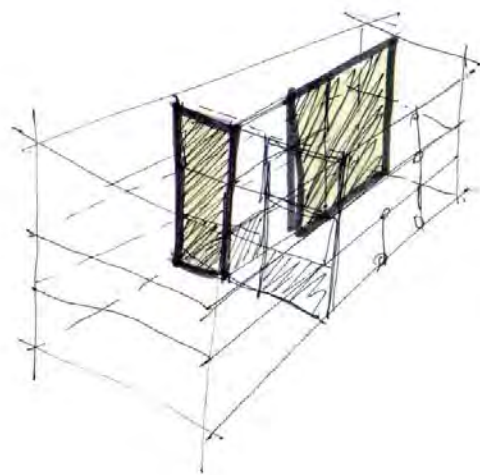


Lastableitungs- und Aussteifungskonzept

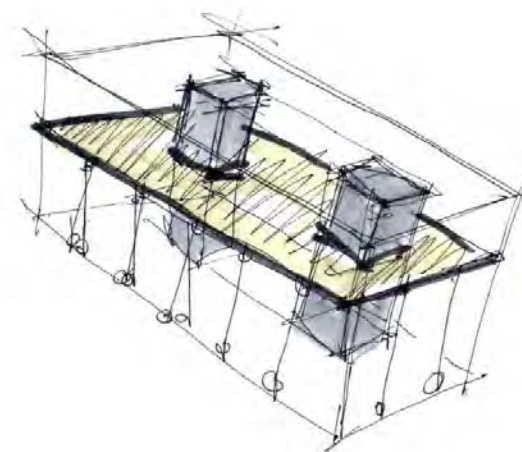


zwei Aussteifungskonzepte

aussteifende (Versorgungs-) Kerne,
aussteifende Deckenscheiben

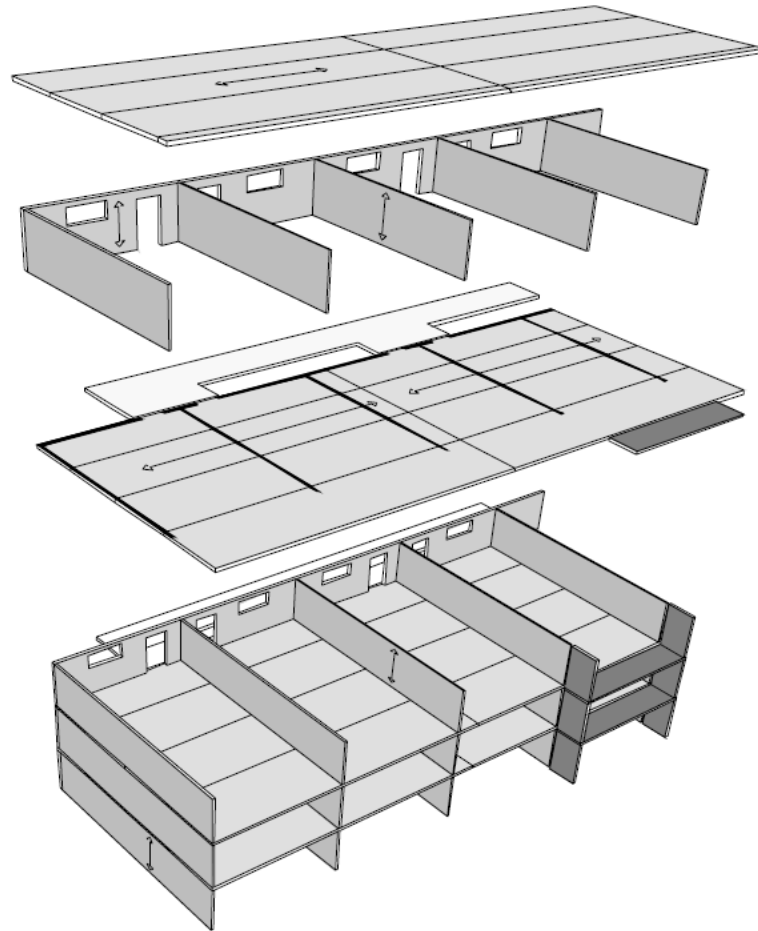


aussteifende Wandscheiben,
verteilende Deckenscheiben,
Außenwände als *Pendelstützen*



Außenwände als *Pendelstützen*

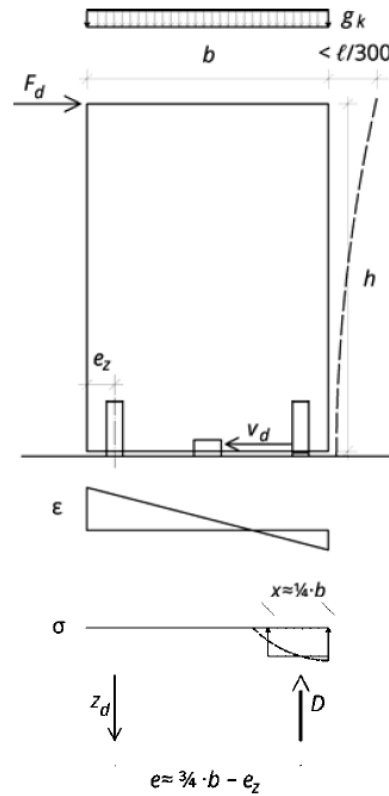
Aussteifungskonzept
Holzmassivbauweise (BSP)

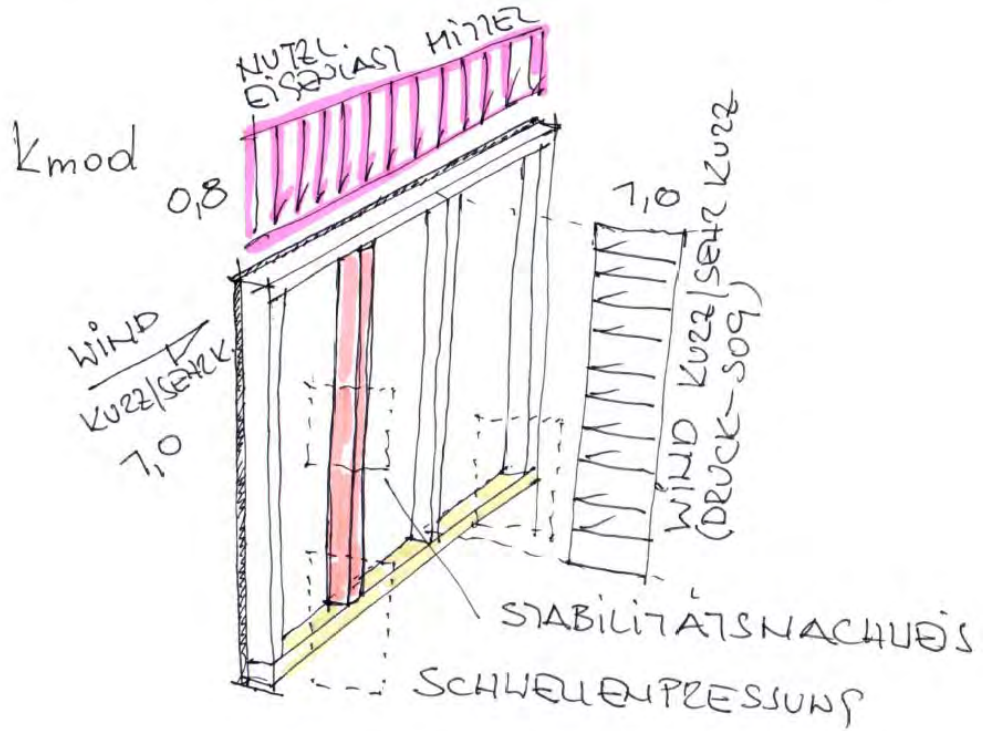


Riebenbauer HHT 2008

Wandscheiben

Wandscheibe Holzmassivbauwand nach [1]





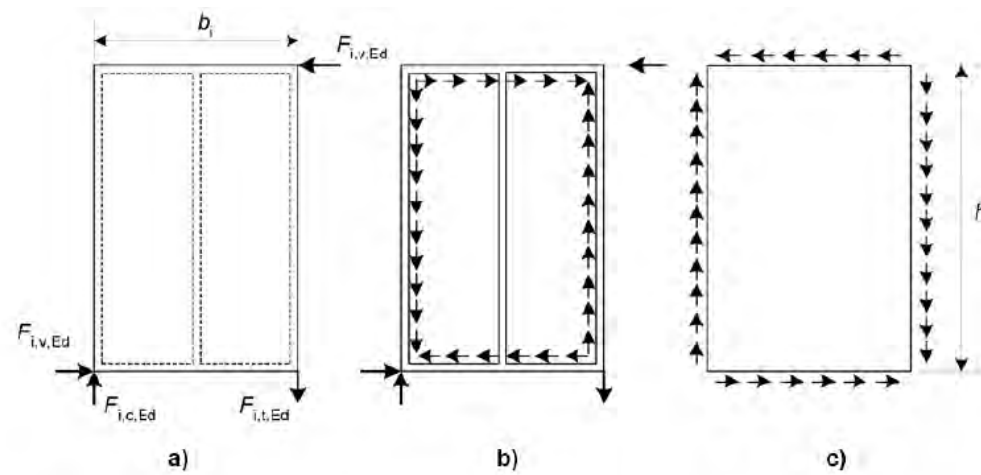


Bild 9.5 — Einwirkende Kräfte auf: a) Wandscheibe; b) Stabwerk; c) Beplankung

Verteilung der Einwirkungen auf die Wandscheiben

Formeln

Scheibensteifigkeit:

Bei Annahme $B \sim \ell^{1,5}$:

$$B_{x,i} = \ell^{1,5} = |x_E - x_A|^{1,5} \quad (10.11)$$

$$B_{y,i} = \ell^{1,5} = |y_E - y_A|^{1,5} \quad (10.12)$$

Scheibenmitte:

$$x_i = \frac{x_A + x_E}{2} \quad (10.13)$$

$$y_i = \frac{y_A + y_E}{2} \quad (10.14)$$

2. Schwerpunktslage ermitteln

$$x_S = \frac{\sum B_{y,i} \cdot x_i}{\sum B_{y,i}} \quad (10.15)$$

$$y_S = \frac{\sum B_{x,i} \cdot y_i}{\sum B_{x,i}} \quad (10.16)$$

3. Moment aus Exzentrizität der einwirkenden Kräfte zum Schwerpunkt bestimmen

$$M = H_x \cdot (y_H - y_S) + H_y \cdot (x_H - x_S) \quad (10.17)$$

4. Verteilung der Einwirkungen auf die einzelnen Wandscheiben berechnen

$$I_p = \sum B_{x,i} \cdot s_y^2 + \sum B_{y,i} \cdot s_x^2 \quad (10.18)$$

$$F_{x,i} = H_x \cdot \frac{B_{x,i}}{\sum B_{x,i}} + M \cdot \frac{s_y \cdot B_{x,i}}{I_p} \quad (10.19)$$

$$F_{y,i} = H_y \cdot \frac{B_{y,i}}{\sum B_{y,i}} + M \cdot \frac{s_x \cdot B_{y,i}}{I_p} \quad (10.20)$$

Holzrahmenbau

Scheibensteifigkeit $B = I^1$

Brettsperrholz

Scheibensteifigkeit $B \sim I^{1,5}$

Vorschlag in Brettsperrholz Bemessung [1] unter 10.5.2

Vergleich

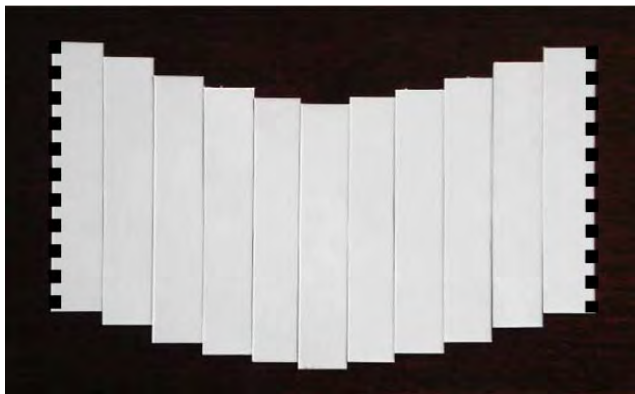
Betonbau

Scheibensteifigkeit $B = I^3$

Deckenscheiben

Deckenscheibe

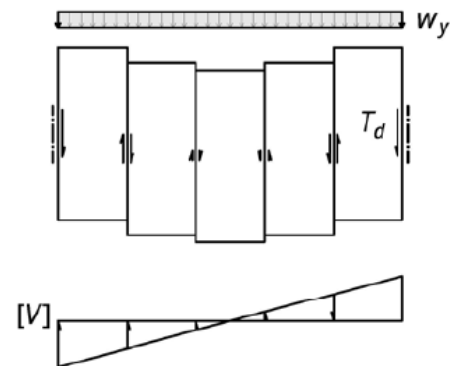
Versagensmechanismen von Deckenscheiben durch Schub und Biegebelastung



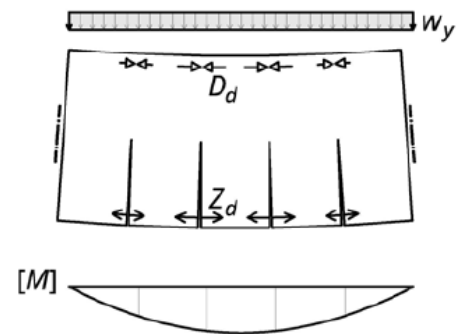
Darstellung der Verformung nicht gekoppelter Elemente



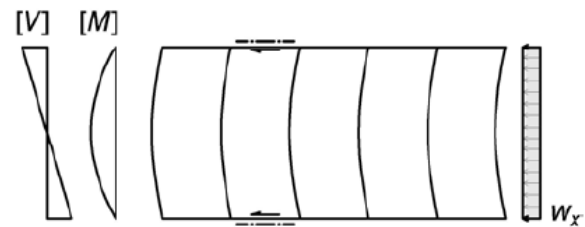
a) Schub entlang der Fugen



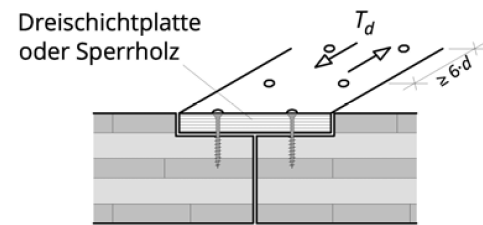
b) Gurtkräfte am Scheibenrand



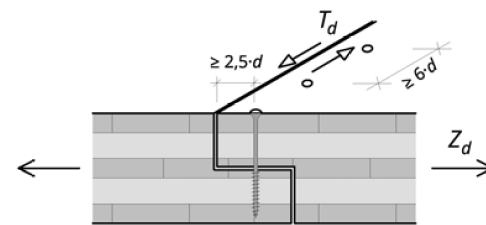
c) Beanspruchung der Scheibe als liegender Träger



a) eingelassene Decklage



b) Stufenfalz



Decken Brettsper Holz

$$h = \frac{l}{28} - \frac{l}{24}$$

Unterzüge Holz

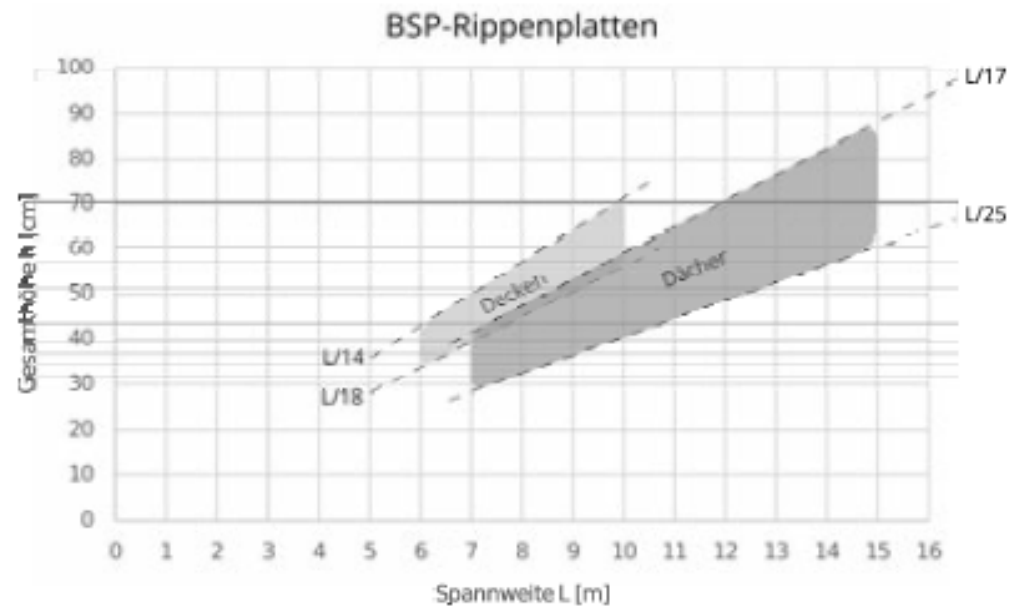
$$h = \frac{l}{10}$$

Unterzüge Stahl (HEB)

$$h = \frac{l}{20}$$

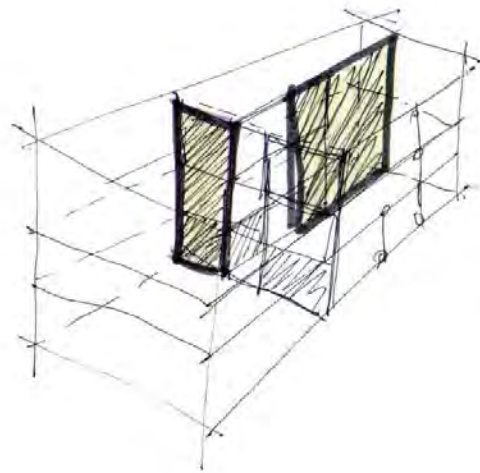


Flipchart



[2] Wallner-Novak M., Augustin J., Koppelhuber J., Pock K.
Brettsperrholz Bemessung Band II, Pro Holz 2018

Beispiele



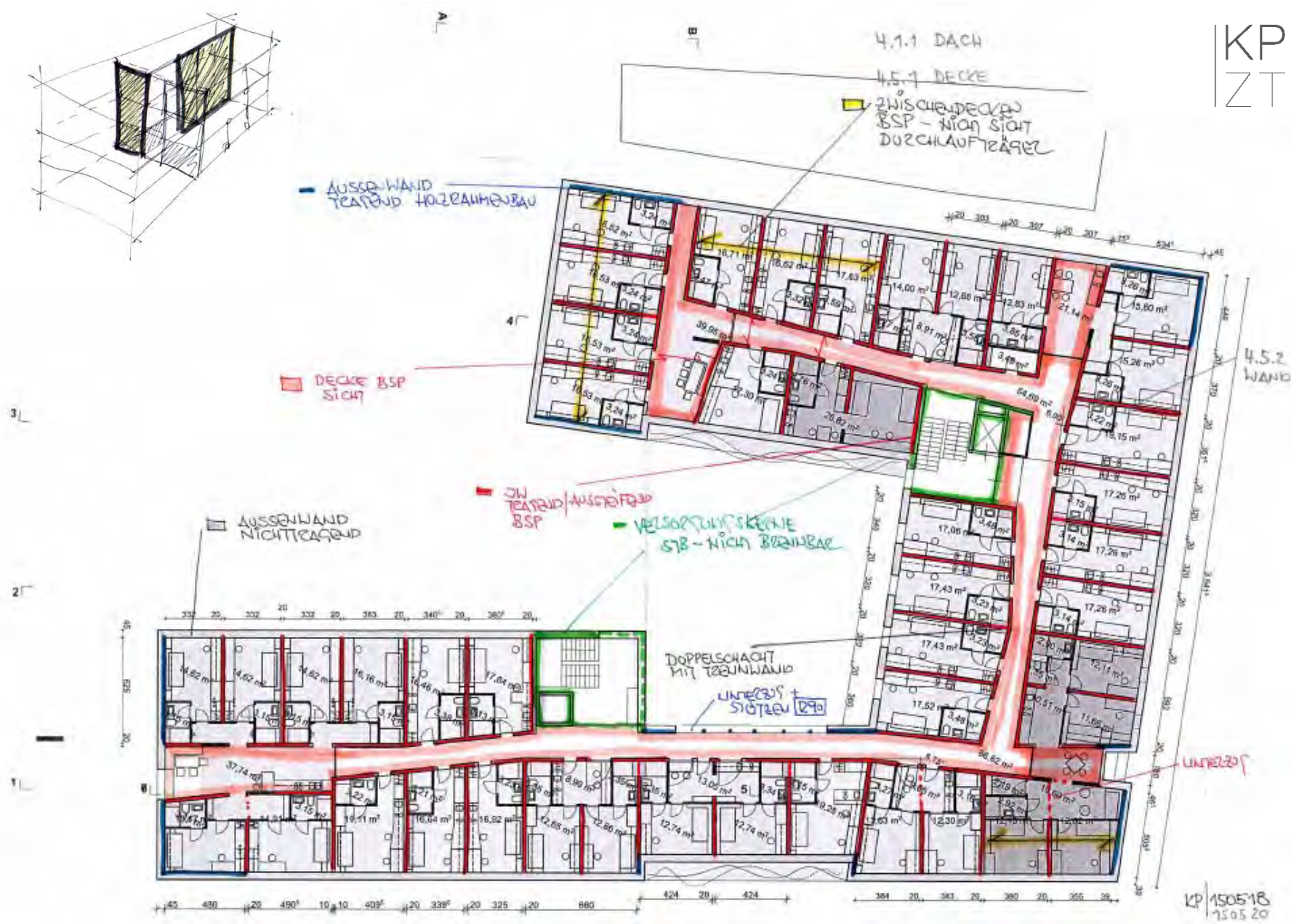
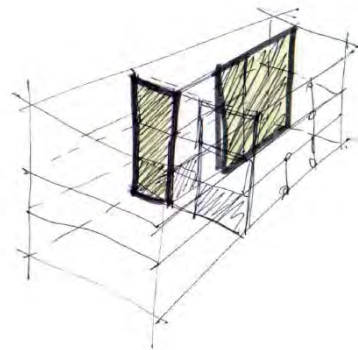
aussteifende Wandscheiben,
verteilende Deckenscheiben,
Außenwände als *Pendelstützen*

mineroom Leoben Generalübernehmerwettbewerb Studierendenheim

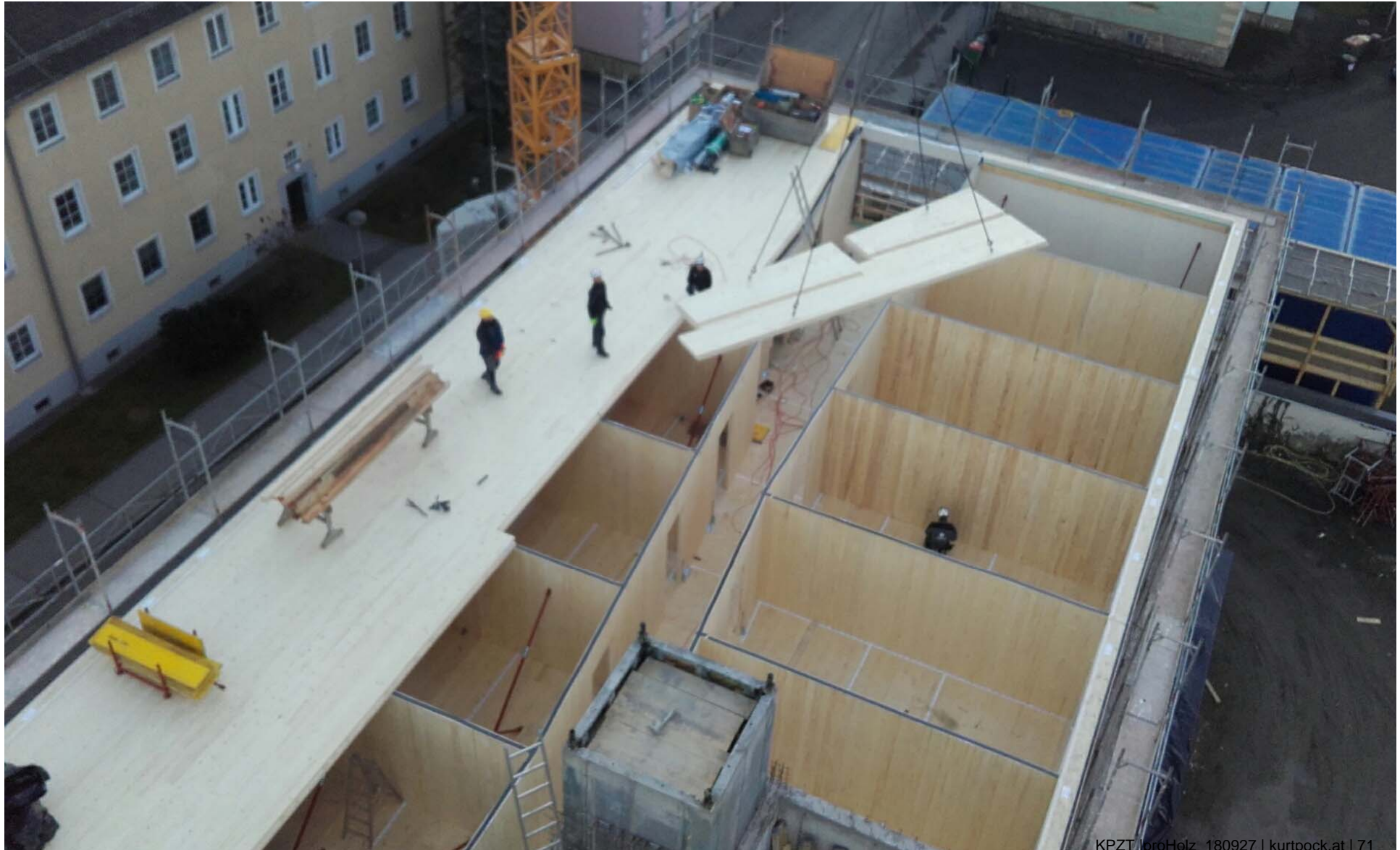
A | aap architekten H | Weissenseer Swietelsky T | KPZT

KP
ZT





mineroom Leoben Studierendenheim
Montage Deckenelemente



mineroom Leoben Studierendenheim
tragende Struktur Erdgeschoß Montage Unterzüge

KP
ZT

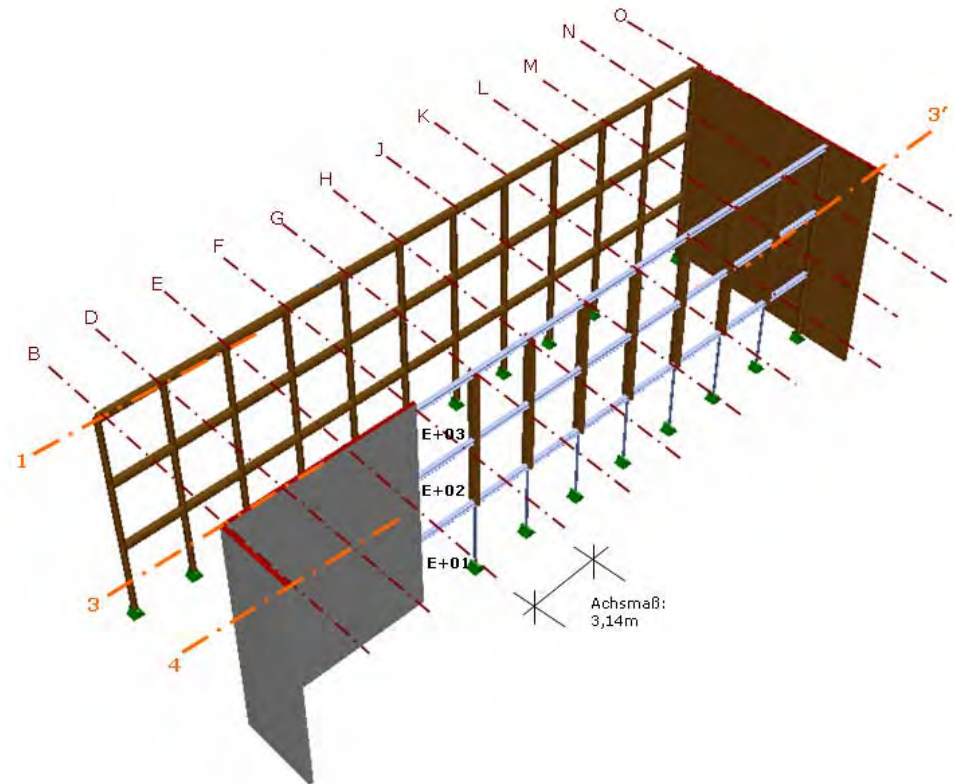


mineroom Leoben Studierendenheim
Montage Wandelemente



mineroom Leoben Studierendenheim
HRB Außenwände Werksfertigung WWSB | Weissenseer





Aussteifungskonzepte
Campus Kuchl A | Dietrich Untertrifaller T | KPZT





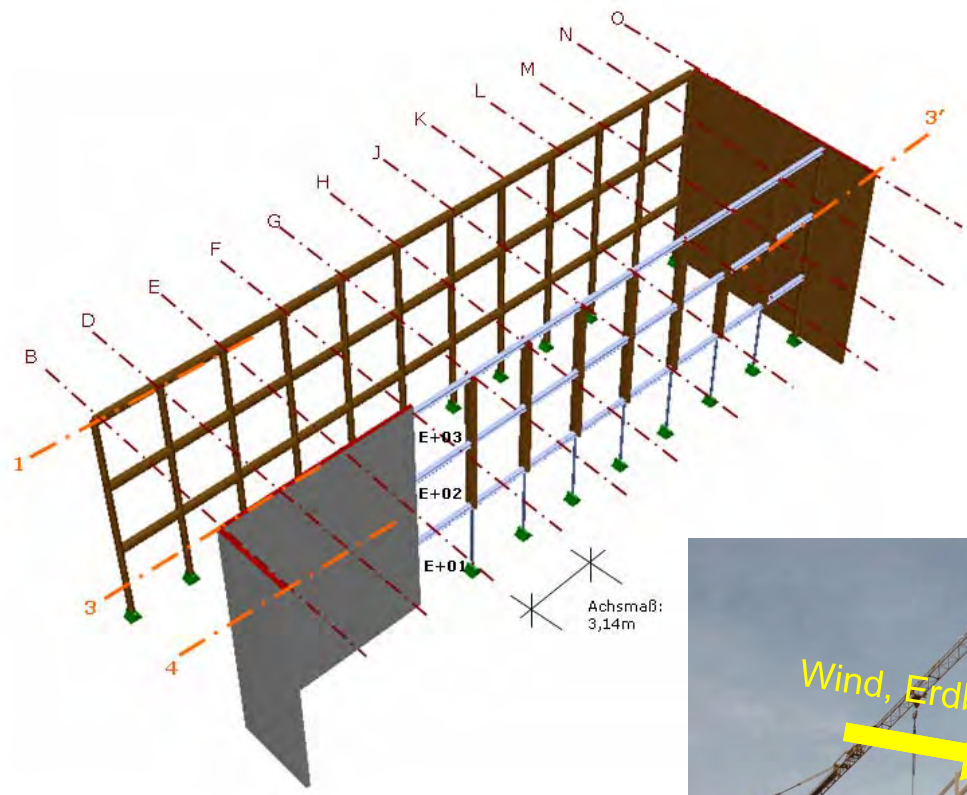
Aussteifende BSP Wand

Versorgungskern (STB)

Campus Kuchl
A| Dietrich | Untertrifaller T| KPZT



Campus Kuchl
Aussteifungskonzept



Campus Kuchl

Zugverankerung BSP Scheibe KLH 162 5s – SFS WS-T 7/153



Campus Kuchl
Schubverankerung



Schubverankerung
beispielhafte Möglichkeiten



TITAN - Scherwinkel Holz-Beton



TITAN - Scherwinkel Holz-Holz



Zugverankerung

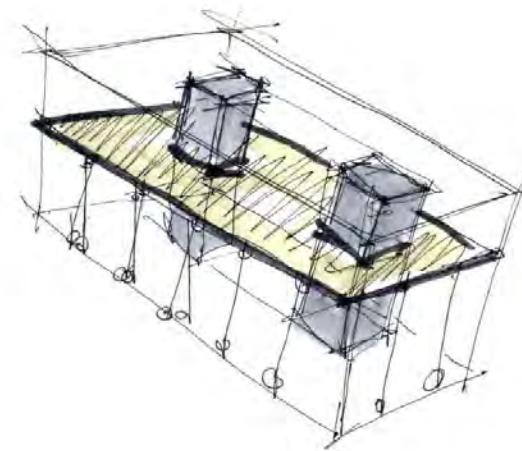
hochbelasteter Anschluss auf Stahlbeton Nagelplatte + Schweißgrund







aussteifende (Versorgungs-) Kerne,
aussteifende Deckenscheiben

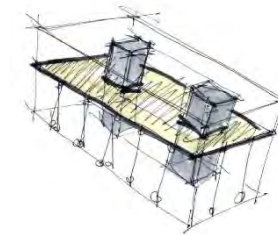


Aussteifungskonzepte

Gleis 21, Wien Bahnhofsviertel

A | einzueins architekten

T | GG Ingenieure + KPZT



Aussteifende STB Kerne,
 Holz Beton Verbunddecken (HBV) Holz Sicht
 Holzrahmenbauwände als Skelettstruktur



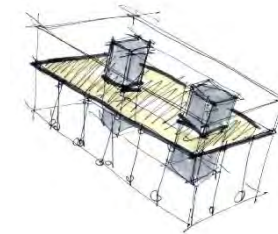
KP
ZT

Aussteifungskonzepte

Gleis 21, Wien Bahnhofsviertel

A | einzueins architekten

T | GG Ingenieure + KPZT



Aussteifende STB Kerne,
Holz Beton Verbunddecken (HBV) Holz Sicht
Holzrahmenbauwände als Skelettstruktur

Foto: Jansen | WHSB | weissenseer.com

Aussteifungskonzepte
Gleis 21, Wien Bahnhofsviertel

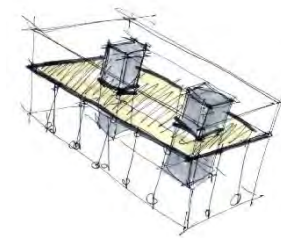


Aussteifungskonzepte
Gleis 21, Wien Bahnhofsviertel

KP
| ZT



Aussteifungskonzepte
Gleis 21, Wien Bahnhofsviertel



Aussteifende STB Kerne,
Holz Beton Verbunddecken (HBV) Holz Sicht
Holzrahmenbauwände als Skelettstruktur

Foto: Jansen | WHSB | weissenseer.com

Aussteifungskonzepte
Gleis 21, Wien Bahnhofsviertel

KP
ZT



Sporthalle und Mehrzweckgebäude der Mittelschule Klaus -Weiler-Fraxern
A | Dietrich Untertrifaller T | KPZT



Sporthalle und Mehrzweckgebäude der Mittelschule Klaus -Weiler-Fraxern

A | Dietrich Untertrifaller T | KPZT

KP
ZT



Deckenscheibe
Sporthalle und Mehrzweckgebäude Klaus



Deckenscheibe

BSP auf Träger | eingelassene Decklage (Holzwerkstoffplatte) „Falzbrett“



Deckenscheibe

eingelassene Decklage (Holzwerkstoffplatte) „Falzbrett“





Sporthalle und Mehrzweckgebäude der Mittelschule Klaus -Weiler-Fraxern

A | Dietrich Untertrifaller T | KPZT

KP
ZT



Sporthalle und Mehrzweckgebäude der Mittelschule Klaus -Weiler-Fraxern

A | Dietrich Untertrifaller T | KPZT

KP
ZT



Sporthalle und Mehrzweckgebäude der Mittelschule Klaus -Weiler-Fraxern

A | Dietrich Untertrifaller T | KPZT



kurtpock.at