Lehrgang

GDF - Qualitätsbeauftragter

Fachwissen:

Holztragwerke nach DIN EN 1995 (Eurocode 5)

Dipl.-Ing. (FH) Michael Bendig

Dipl.-Ing. Matthias Gerold

Gliederung des Vortrages:

1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

1. Vorstellung

Vita Dipl.-Ing. (FH) Michael Bendig

1997 bis 2000	Ausbildung Zimmerer
2003 bis 2008	Studium Bauingenieurwesen an der Hochschule für Technik in Stuttgart, Schwerpunkt: Konstruktiver Ingenieurbau
2008 bis 2009	Projektingenieur
2009 bis 2012	Tragwerksplaner
seit 2013	Projektleiter bei Harrer Ingenieure, Niederlassung Ostfildern

1. Vorstellung

Kompetenz

aus <u>einer</u> Hand.

Gegründet 1960,

seit 1992 als GmbH geführt

70 festangestellte Mitarbeiter

Karlsruhe / Ostfildern / Baden-Baden

www.harrer-ing.net

Organigramm

Zweigbüro Ostfildern
innerhalb der Bürogemeinschaft
Kuhlmann · Gerold · Eisele

Zweigbüro Baden-Baden
Gutenbergstraße 14
76532 Baden-Baden

Hochbau Ingenieurbau

- Beratung
- Tragwerksplanung auf allen Gebieten des Hochbaus
- Bautechnische Prüfungen
- Gerichts- und Privatgutachten

Brückenbau Grundbau

- Entwurf
- Genehmigungs- und Ausführungsplanung
- Objektüberwachung
- Prüfung von Brücken-, Tunnel- und Tiefbau-projekten

Industriebau Gewerbebau

- Planung
- Erhaltung
- Instandsetzung

von Bauwerken auch im Kraftwerksbau sowie in der Energiever-sorgungswirtschaft

Generalplanung Projektmanagement

- Gesamtplanungen
- Projektsteuerung
- Objektüberwachung
- Ausschreibung und Vergabe
- Sicherheits- und Gesundheitsschutz-koordination

Sonder-konstruktionen

- Internationale Projekte
- Hochhäuser
- Baudynamik / Erdbeben
- Rückbaumaßnahmen
- Risk Management

Harrer Ingenieure

Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH

Hoch- und Ingenieurbau
Brückenbau, Grundbau
Industrie- und Gewerbebau
Generalplanung
Sonderkonstruktionen

Beratung
Planung
Management

Geschäftsführung
Dipl.-Ing. Matthias Gerold
(Prüfingenieur für Bautechnik VPI)
Dipl.-Ing. Rudi Lehnert
Dipl.-Ing. Harald Augenstein
Dr.-Ing. Slobodan Kasic
Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sommer

Reinhold-Frank-Straße 48b
D-76133 Karlsruhe
Amtsgericht Mannheim HRB 106227
Tel.: +49 (0) 721/18 19-0
Fax: +49 (0) 721/18 19-290
www.harrer-ing.net

Wir arbeiten mit allen Materialen und vielen Bauweisen …

KA300 - Pavillon

Wohnbebauung Hofgarten-Karree, Karlsruhe

DBK David + Bader GmbH, Rülzheim

Brücke Haßmersheim über den Necker

Metropol parasol, Sevilla

Quartier Sonnengrün, KA-Gartenstadt

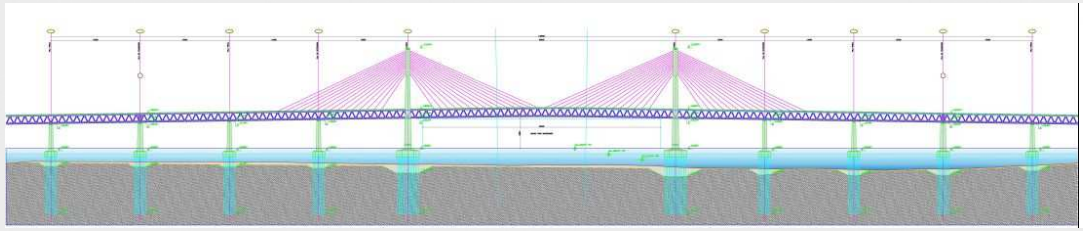
… von der Projektentwicklung bis zur Schlüsselübergabe

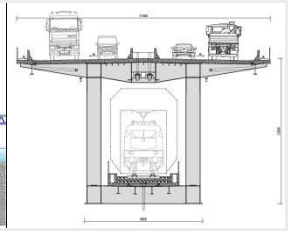
Baumhotels 'Oase',
Weil im Schönbuch

Mitautoren
M. Gerold,
F. Kümmerle

Mercedes-Benz,
Niederlassung
München

Tunnelbohrmaschine
U-Strab, KA





3. Orinoco-Brücke in Venezuela

Natur- und Erlebnis-Baumwipfelpfad, Waldbröl

Gliederung des Vortrages:

1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

Regelwerke:

Eurocode 0 (DIN EN 1990)	Grundlagen der TWP
Eurocode 1 (DIN EN 1991)	Einwirkungen auf Tragwerke
Eurocode 5 (DIN EN 1995)	Bemessung u. Konstruktion von Holzbauten
DIN 4149	Erdbeben

Auszug Eurocode 0

2 Anforderungen

2.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Ein Tragwerk ist so zu planen und auszuführen, dass es während der Errichtung und in der vorgesehenen Nutzungszeit mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit

— den möglichen Einwirkungen und Einflüssen standhält und

— [A1⟩ *gestrichener Text* ⟨A1] [A1⟩ die geforderten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks oder eines Bauteils erfüllt.

Tragfähigkeit

Einwirkung $\leq$ **Widerstand**

$E_d \leq R_d$

(i.d.R. Spannung)

Gebrauchstauglichkeit

Einwirkung $\leq$ **(Gebrauchstauglichkeits-) Kriterium**

$E_d \leq C_d$

(z.B. Verformung, Frequenz,…)

Einwirkungen auf das Tragwerk

- **ständige Einwirkungen G**

  (z.B. Eigengewicht,...)

- **veränderliche Einwirkungen Q**

  (z.B. Nutzlasten, Schnee, Wind,…)

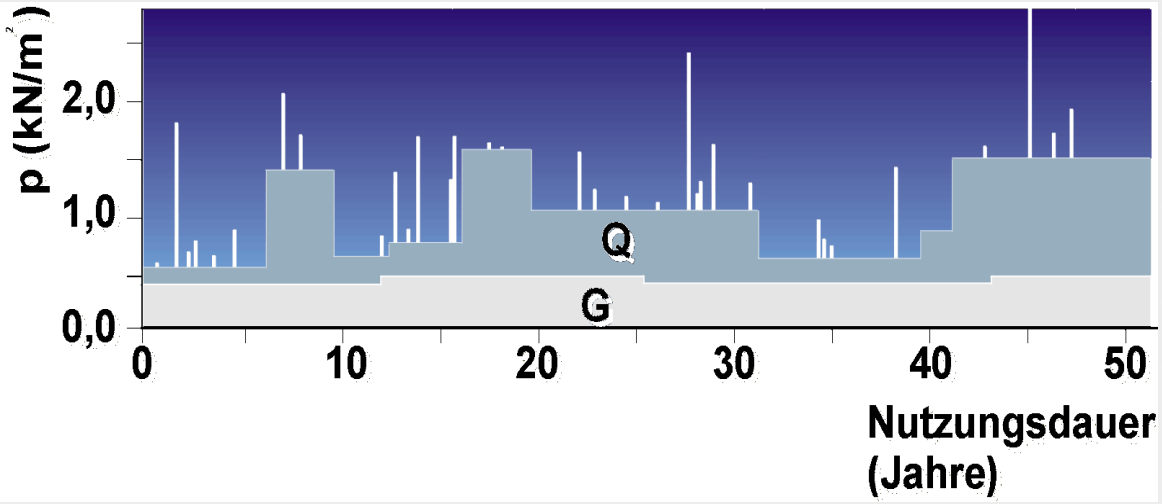
- **außergewöhnliche Einwirkungen A**

  (z.B. Brand, Erdbeben, Anprall,...)

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

ständige Einwirkungen (G): keine zeitliche Veränderlichkeit

veränderliche Einwirkungen (Q): Einwirkungsdauern lang / mittel / kurz / sehr kurz



2. Einwirkungen auf das Tragwerk

Einwirkung	Klasse der Lasteinwirkungsdauer (**KLED**)
Eigenlasten	**ständig**
Lotrechte **Verkehrslasten** Versammlungsstätten im Allgemeinen in Lagerräumen	 kurz **mittel** **lang**
Windlasten	kurz / sehr kurz
Schnee- und Eislasten H $\leq$ 1000 m H > 1000 m	 **kurz** mittel
Außergewöhnliche Einwirkungen	**sehr kurz**

Eigengewicht:

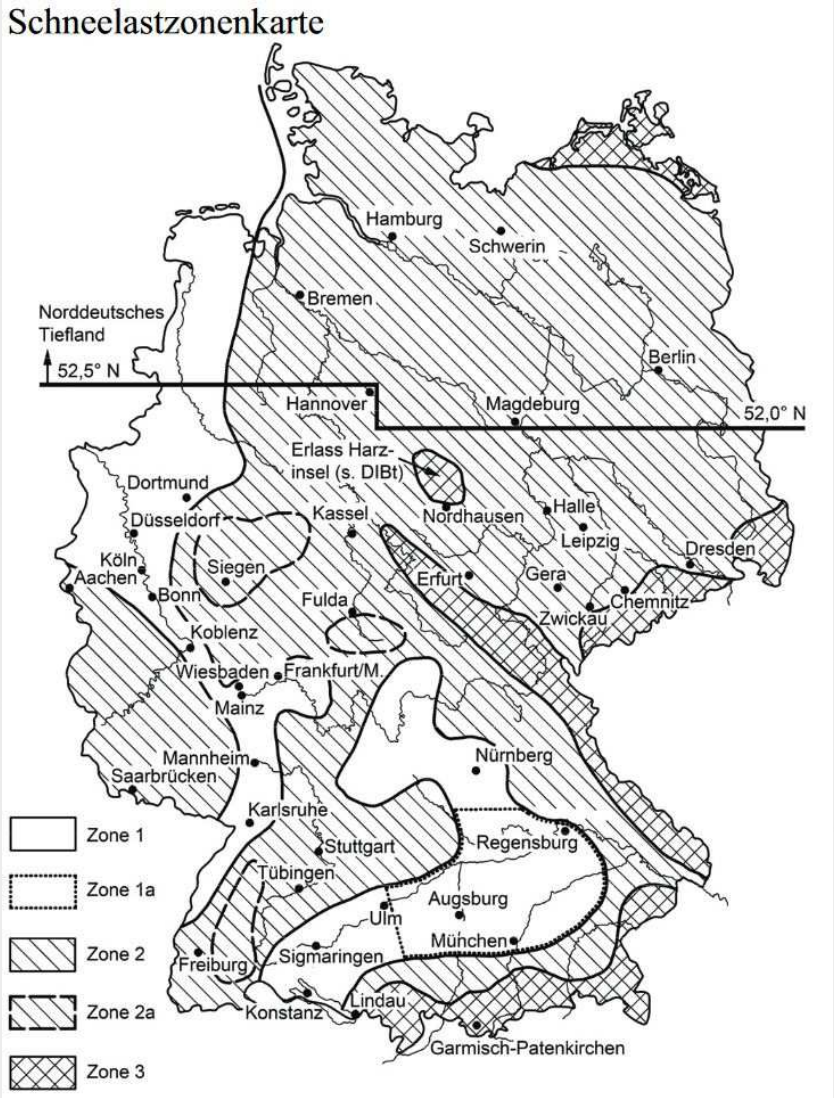
Deckungen aus Dachziegeln, Dachsteinen und Glasdeckstoffen

Gegenstand	Flächenlast[1)] in kN/m²
Dachsteine aus Beton mit mehrfacher Fußverrippung u. hochliegendem Längsfalz	
▪ bis 10 Stück/m²	0,50
▪ über 10 Stück/m²	0,55
Dachsteine aus Beton mit mehrfacher Fußverrippung u. tief liegendem Längsfalz	
▪ bis 10 Stück/m²	0,60
▪ über 10 Stück/m²	0,65
Biberschwanzziegel 155 mm x 375 mm und 180 mm x 380 mm und ebene Dachsteine aus Beton im Biberformat	
▪ Spließdach (einschließlich Schindeln)	0,60
▪ Doppeldach und Kronendach	0,75
Falzziegel, Reformpfannen, Falzpfannen, Flachdachpfannen	0,55

Nutzlasten:

Nutzungsart		Kategorie	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]
Wohnflächen		A		
Wohngebäude, Hotels, Heime etc.	Decken	A1	2,0	2,0
	Treppen	A1	3,0	2,0
	Balkone	A1	4,0	2,0
Nicht ausbaubare, begehbare Dachböden		A2	1,5	2,0
Büroflächen		B		
Büroflächen in bestehenden Gebäuden		B1	2,0	2,0
Büroräume in Bürogebäuden		B2	3,0	3,0
Flächen mit Personenansammlungen		C		
Flächen mit Tischen, Schulen, Restaurants		C1	3,0	3,0
Flächen mit fester Bestuhlung, Kirchen, Theater, Kinos		C2	3,0	4,0
Flächen mit mäßiger Personenfrequenz, Treppen in Bürogebäuden		C3.1	4,0	4,0
Schulen, Kasernen, Gaststätten, Verkaufsgebäude etc.		C3.2	5,0	5,0
Flächen mit möglichen körperlichen Aktivitäten, Bühnen, Turnsaal		C4	5,0	4,0
Flächen mit Menschenansammlungen	Decken	C5	5,0	4,0
	Treppen	C5	6,0	4,0
	Balkone	C5	6,0	4,0
Verkaufsflächen		D		
in Einzelhandelsgeschäften		D1	4,0	4,0
in Kaufhäusern		D2	5,0	5,0

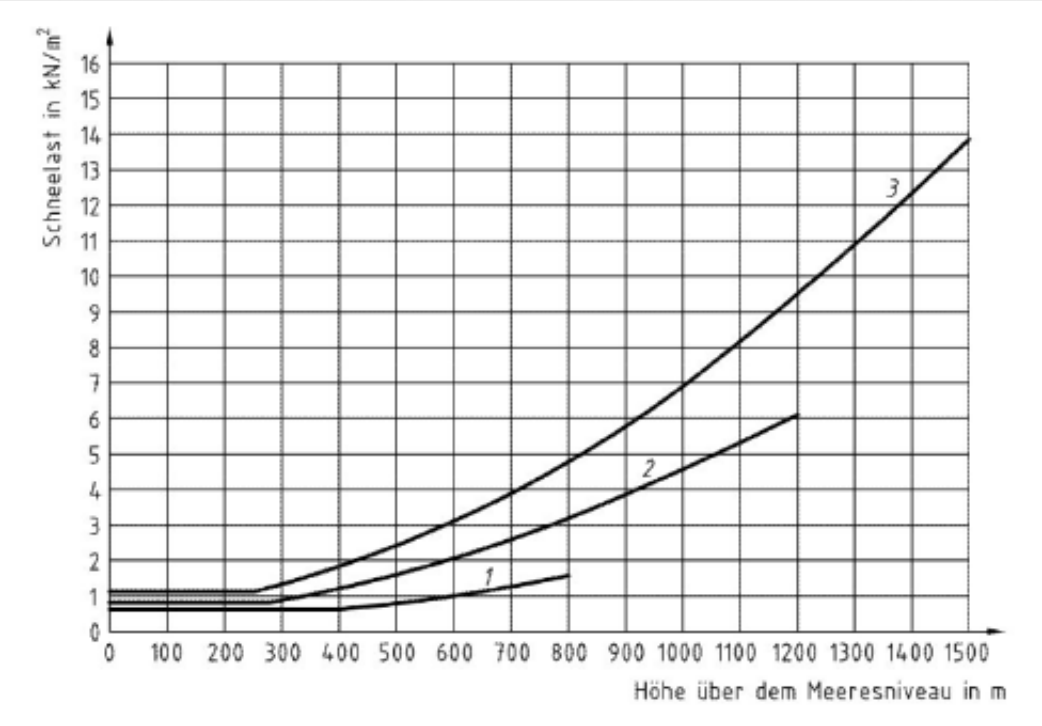
Schneelasten:



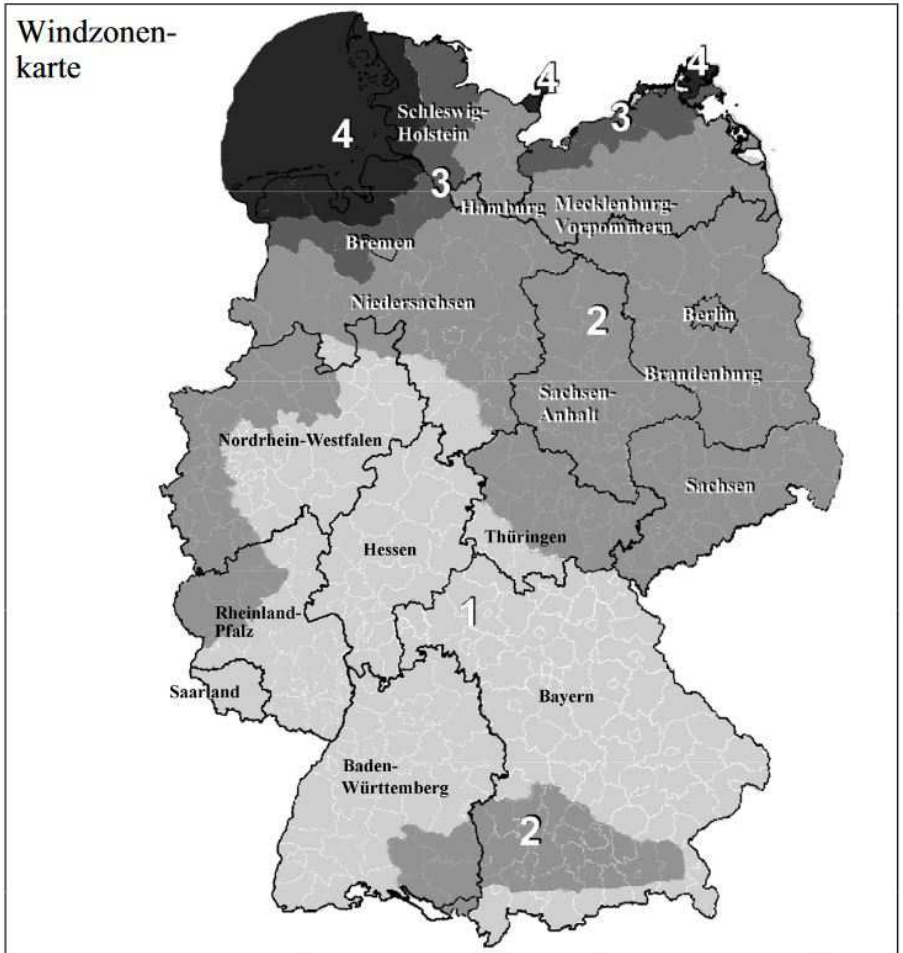
Schneelastzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

Schneelast in Abhängigkeit von der Höhe über dem Meeresspiegel



Windlasten:



Windzone	v_{ref} in m/s	q_{ref} in kN/m^2
1	22,5	0,32
2	25,0	0,39
3	27,5	0,47
4	30,0	0,56

Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

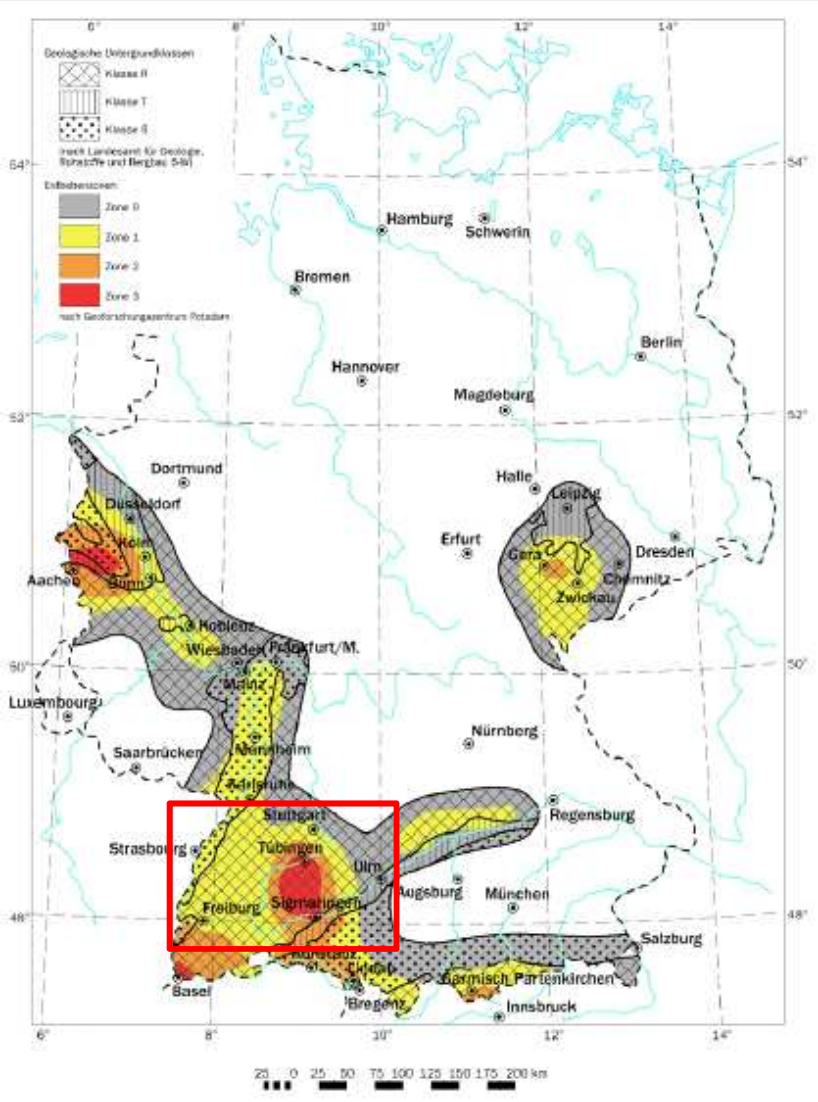
Geländekategorien

I/II Mischprofil Küste

II/III Mischprofil Binnenland

Geländekategorie I Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, flaches Land ohne Hindernisse Rauigkeitslänge $z_0 = 0{,}01$ m Profilexponent $\alpha = 0{,}12$	
Geländekategorie II Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet Rauigkeitslänge $z_0 = 0{,}05$ m Profilexponent $\alpha = 0{,}16$	
Geländekategorie III Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder Rauigkeitslänge $z_0 = 0{,}30$ m Profilexponent $\alpha = 0{,}22$	
Geländekategorie IV Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet Rauigkeitslänge $z_0 = 1{,}05$ m Profilexponent $\alpha = 0{,}30$	

Erdbeben:



Erdbebenzonenkarte

für das Gebiet der

Bundesrepublik Deutschland

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

http://www.gfz-potsdam.de/DIN4149_Erdbebenzonenabfrage

Wir unterscheiden

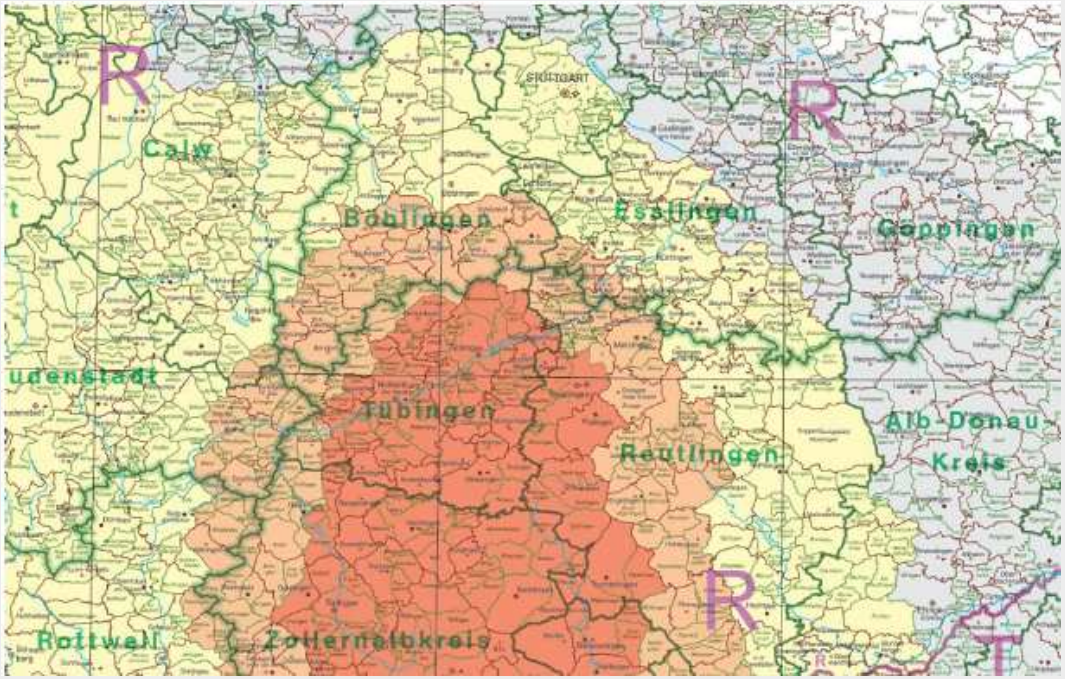
- oberflächennahe Baugrundklassen:

  A, B und C

- Untergrundklassen:

  R (rock), S (Sediment)

  und T (Übergang)



Auszug aus der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg

Bedeutungskategorien

I z.B. Scheunen, Kulturgewächshäuser

II z.B. kleinere Wohn- und Bürogebäude, Werkstätten

III z.B. große Wohnanlagen, Schulen, Versammlungsräume, Kaufhäuser

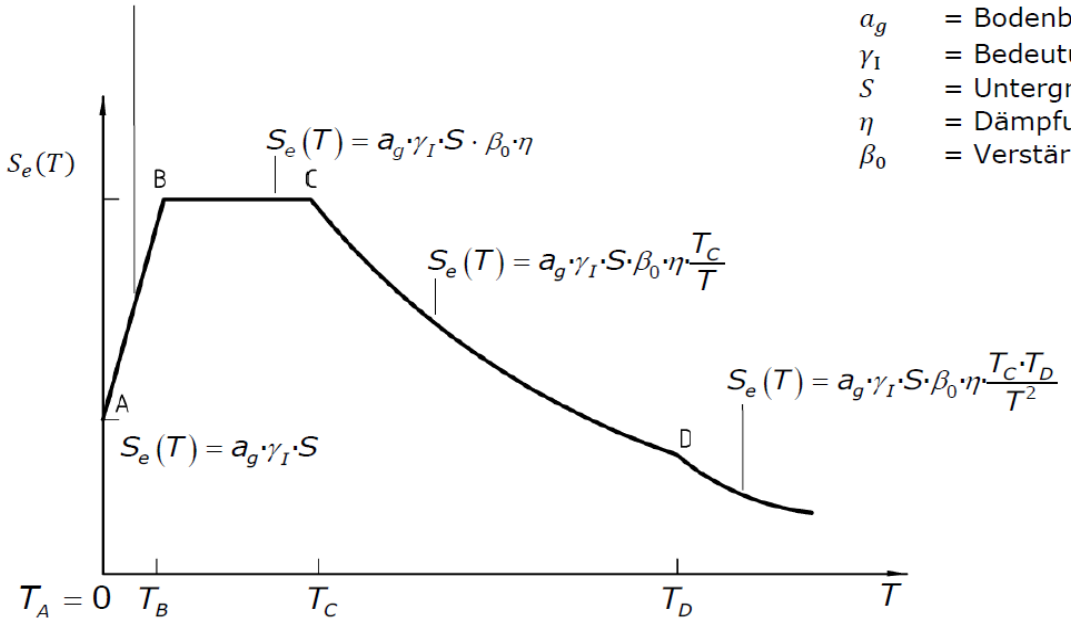
IV z.B. Krankenhäuser, wichtige Einrichtungen des Katastrophenschutzes, der Feuerwehr und der Sicherheitskräfte

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

Bemessungsbeschleunigung

$$S_e = a_g \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \eta \cdot \beta_0$$

$$S_e(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\beta_0 \cdot \eta - 1)\right]$$



Legende:

$S_e(T)$	= Bemessungsbeschleunigung
T	= Grundschwingzeit
a_g	= Bodenbeschleunigung
γ_I	= Bedeutungsbeiwert
S	= Untergrundparameter
η	= Dämpfungskorrekturbeiwert
β_0	= Verstärkungsbeiwert

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

Erdbebenzone 1 und 3 im Vergleich:

Zone 1: S_e= 0,4 x 1,5 x 1,0 x 1,0 x 2,5 = 1,5

Zone 3: S_e= 0,8 x 1,5 x 1,0 x 1,0 x 2,5 = 3,0

Erdbebenersatzlast für eine Gebäude mit einer Masse von 100 to

Zone 1: 1,5 x 100 to = 150 kN (15 to) horizontale Ersatzlast

Zone 3: 3,0 x 100 to = 300 kN (30 to) horizontale Ersatzlast

Diese Last ist mit der Windlast zu vergleichen,

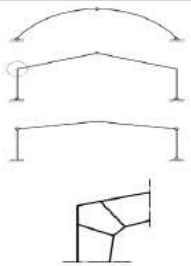
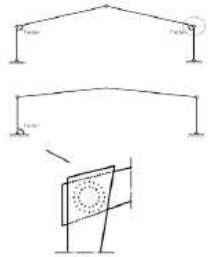
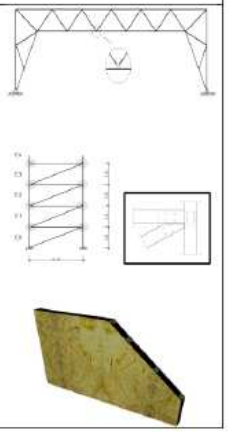
um herauszufinden,

welche Bemessungssituation für das Gebäude relevant wird!!

2. Einwirkungen auf das Tragwerk

Harrer Ingenieure

Für die Bauteilbemessung ist dann noch der Duktilitätsbeiwert entscheidend.

Duktilitätsklasse	Duktilität	max. Verhaltensbeiwert q	Zuordnung	Beispiele	
1	klein	**q = 1,5**	Keine nachgiebigen Verbindungen	• Dreigelenkbögen mit Keilzinkenstößen in den Rahmenecken • Stützen-Binder-Tragwerke mit starr eingespannten Stützenfüßen • Bogentragwerke	
2	mittel	**q = 2,5**	Mittleres Energiedissipationsvermögen	• Stützen-Binder-Tragwerke mit halbstarren (mittels Dübelverbindungen) eingespannte Stützen • Zwei- und Dreigelenkrahmen mit Dübelverbindungen in den Rahmenecken • Geklebte Holztafeln die untereinander aber mit mechanischen Verbindungsmitteln verbunden sind	
3	groß	**q = 4,0**	Tragwerke mit vielen gleichmäßig verteilten dissipativen Bereichen	• Rahmen und Stützen-Binder-Tragwerke mit Dübelverbindungen zwischen allen Bauteilen • Skelettbauten mit mechanischen Verbindungsmittel in den Kontenpunkten und/oder Stahlzugdiagonalen als Horizontalaussteifung • Holztafelbauten, bei denen der Anschluss von Beplankung und Rippen sowie der der einzelnen Tafeln untereinander ausschließlich mit mechanischen Verbindungsmitteln erfolgt	

Einwirkungen:

Unterscheidung zwischen vertikalen und horizontalen Lasten

– Vertikale Lasten: Eigengewicht, Schnee, Nutzlasten

– Horizontale Lasten: Wind, Erdbeben, Imperfektionen (Schiefstellung)

Für den Abtrag der Horizontallasten sind Aussteifungselemente erforderlich

Gliederung des Vortrages:

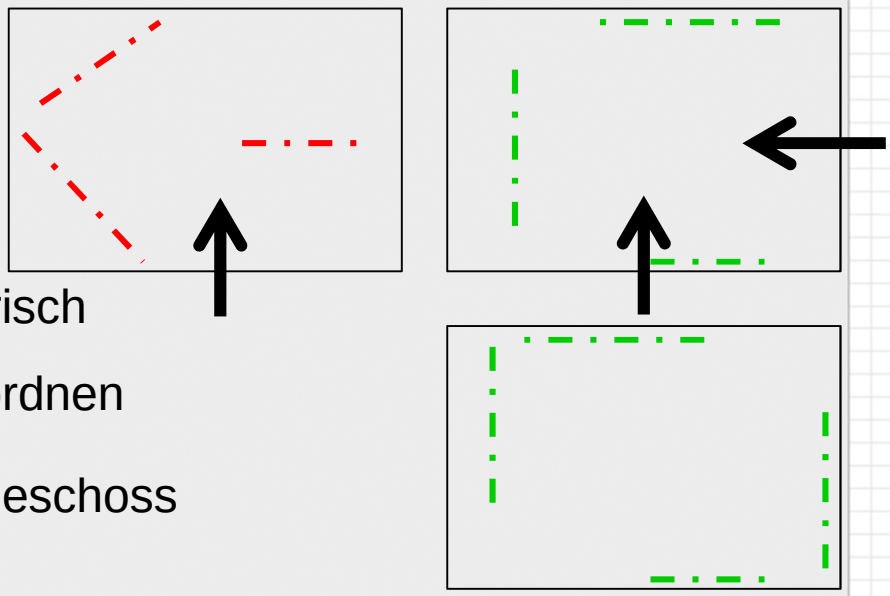
1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

Harrer Ingenieure

Warum benötigen wir eine Aussteifung?

Grundsätze Aussteifung (Wind, Erdbeben, Schiefstellungen)

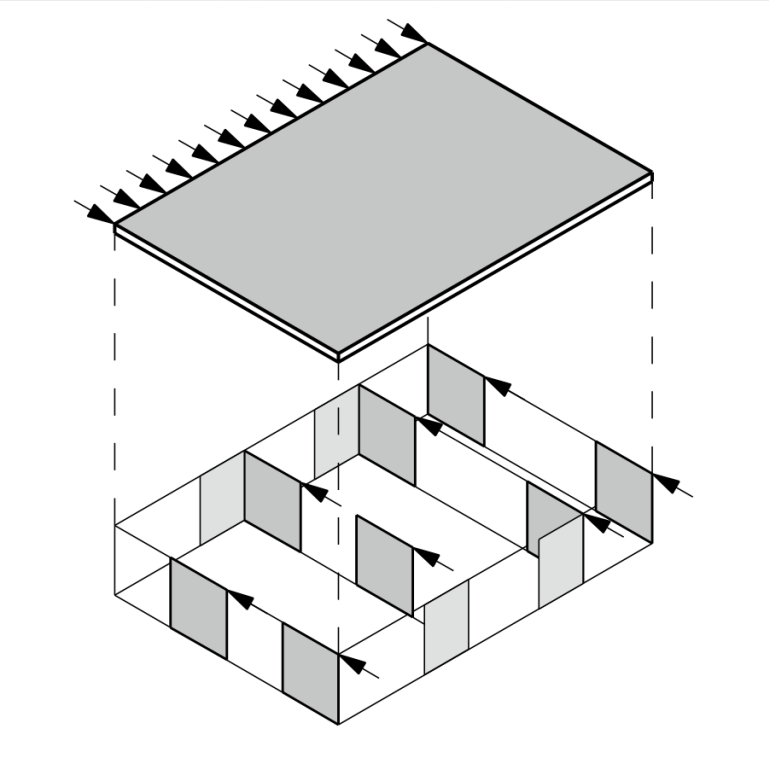
- Mindestens 3 Wandscheiben, deren Wirkungslinien sich nicht in einem Punkt treffen



- Aussteifungselemente möglichst symmetrisch und im Grundriss gleichmäßig verteilt anordnen
- Aussteifungselemente sollten vom Untergeschoss über alle Geschosse durchgehen
- Steifigkeiten sollten wenn dann nur nach oben abnehmen (Idealfall Pyramide)

Kräfteverlauf

Deckenscheibe/ Wände



Aussteifungselemente früher:

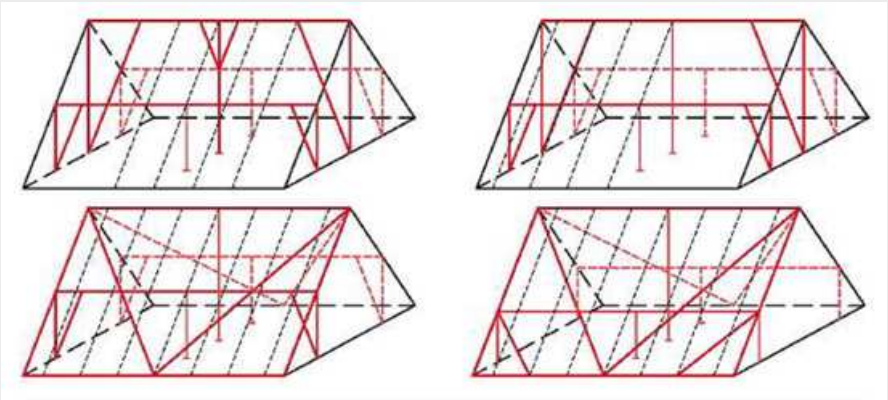
- Kopfbänder (Büge)
- Fachwerkdiagonalen (Streben)

Aussteifungselemente heute:

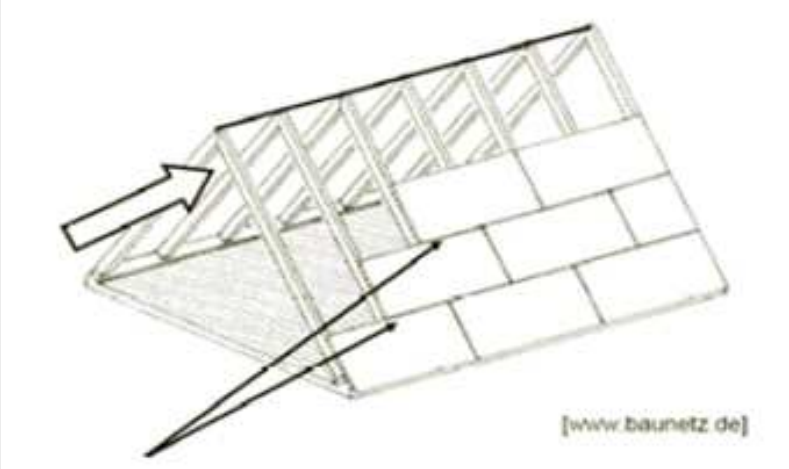
- Windrispenbänder
- Holztafelelemente
- Eingespannte Stützen (Holz, Stahl, Beton)
- etc. …

Möglichkeiten der Aussteifung von Satteldächern

zimmermannsmäßig



mit Tafeln als Scheibe



durchgehende Stöße

3. Aussteifung

zimmermannsmäßig

3. Aussteifung

zimmermannsmäßig

3. Aussteifung

zimmermannsmäßig

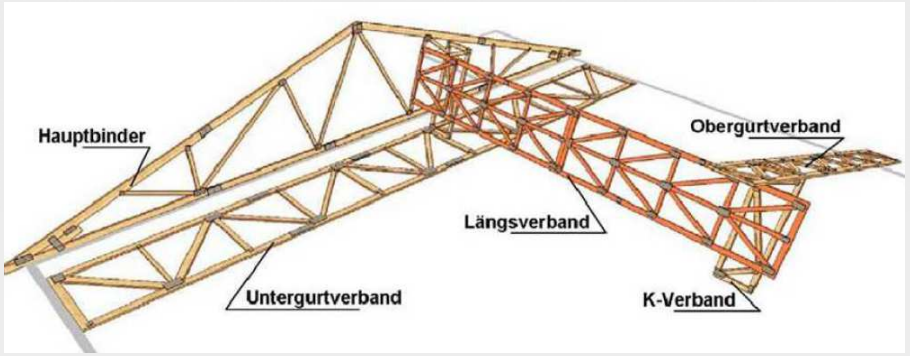
3. Aussteifung

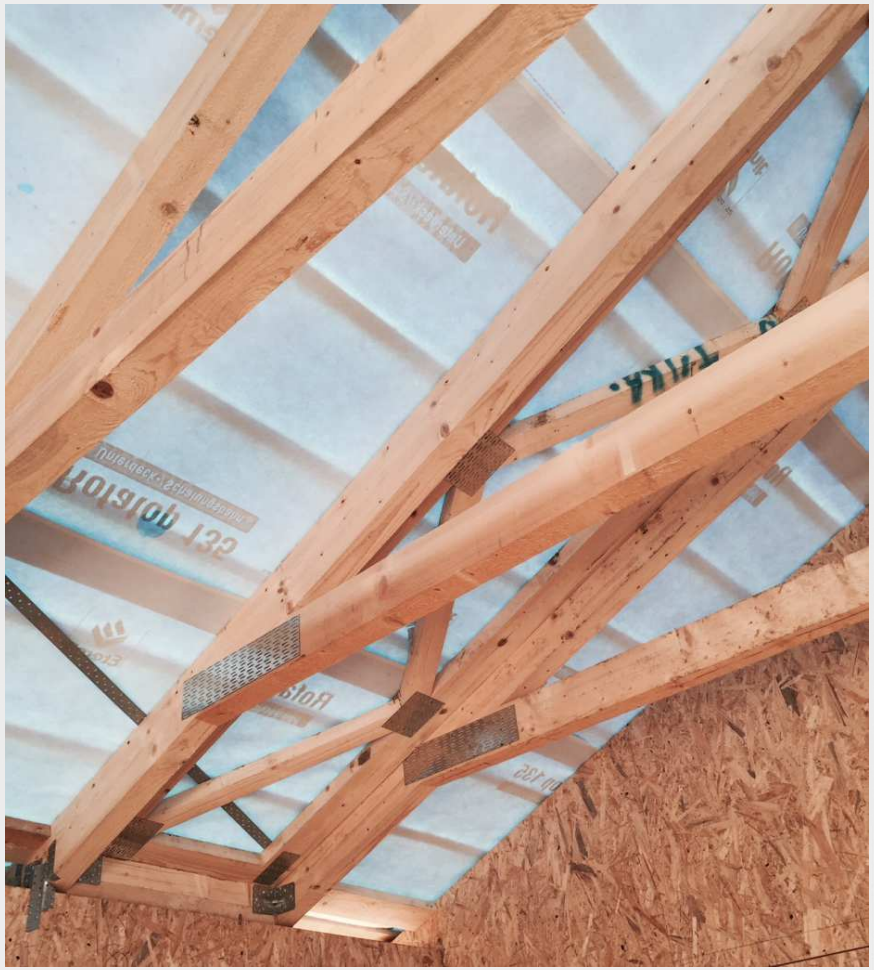
Windrispenbänder

und

Obergurtverbände

(Nagelplattenbinder)





3. Aussteifung

Biegesteife Rahmenecke, Streben

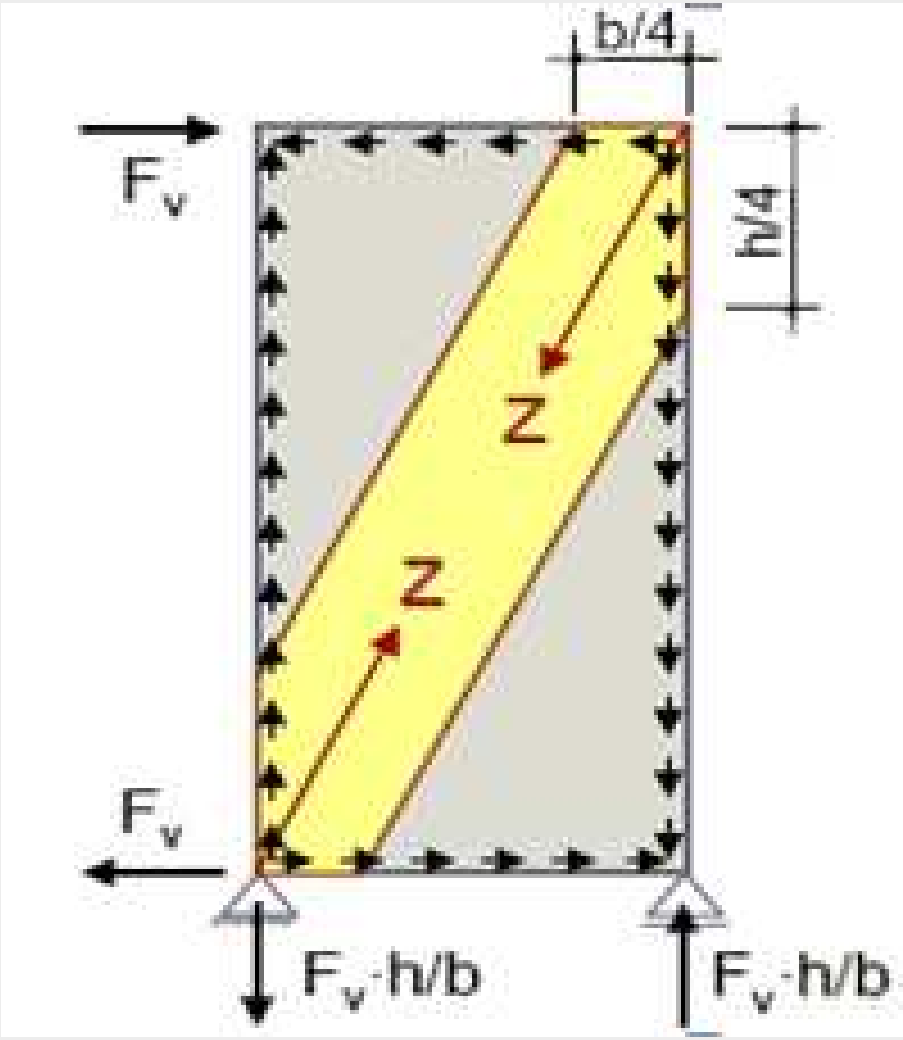
Mit Tafeln als Scheibe

3. Aussteifung

Funktionsweise

Holztafelelement

früher

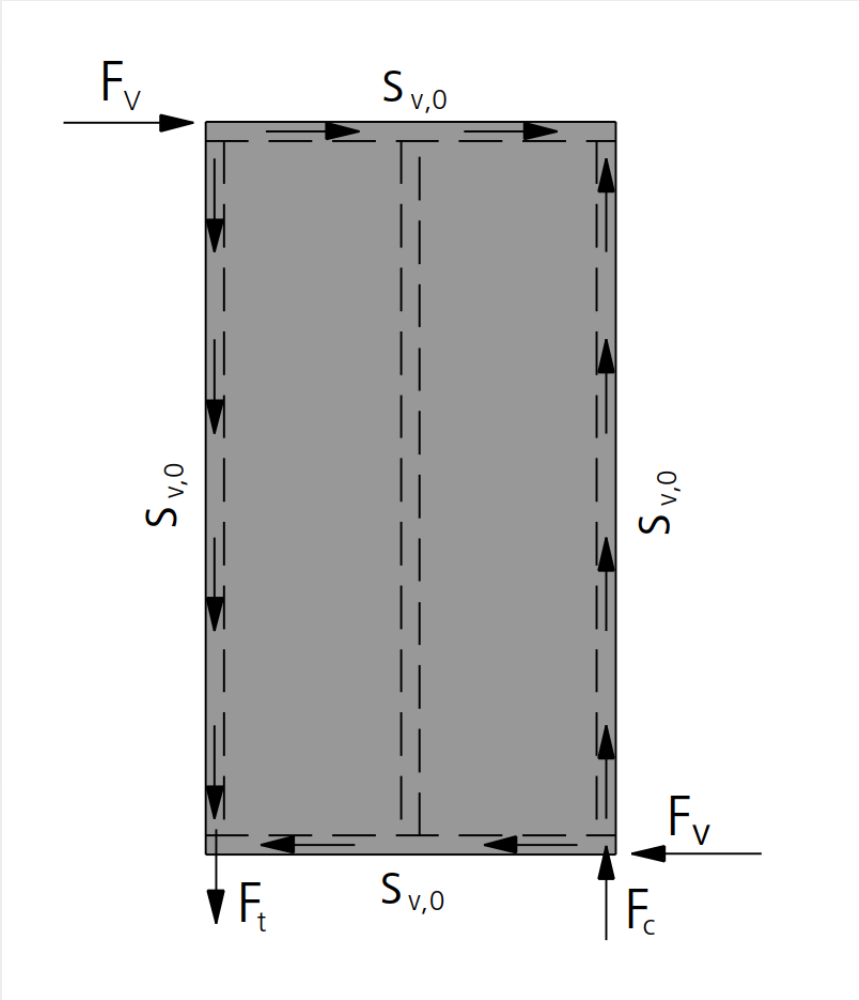


Funktionsweise

Holztafelelement

heute

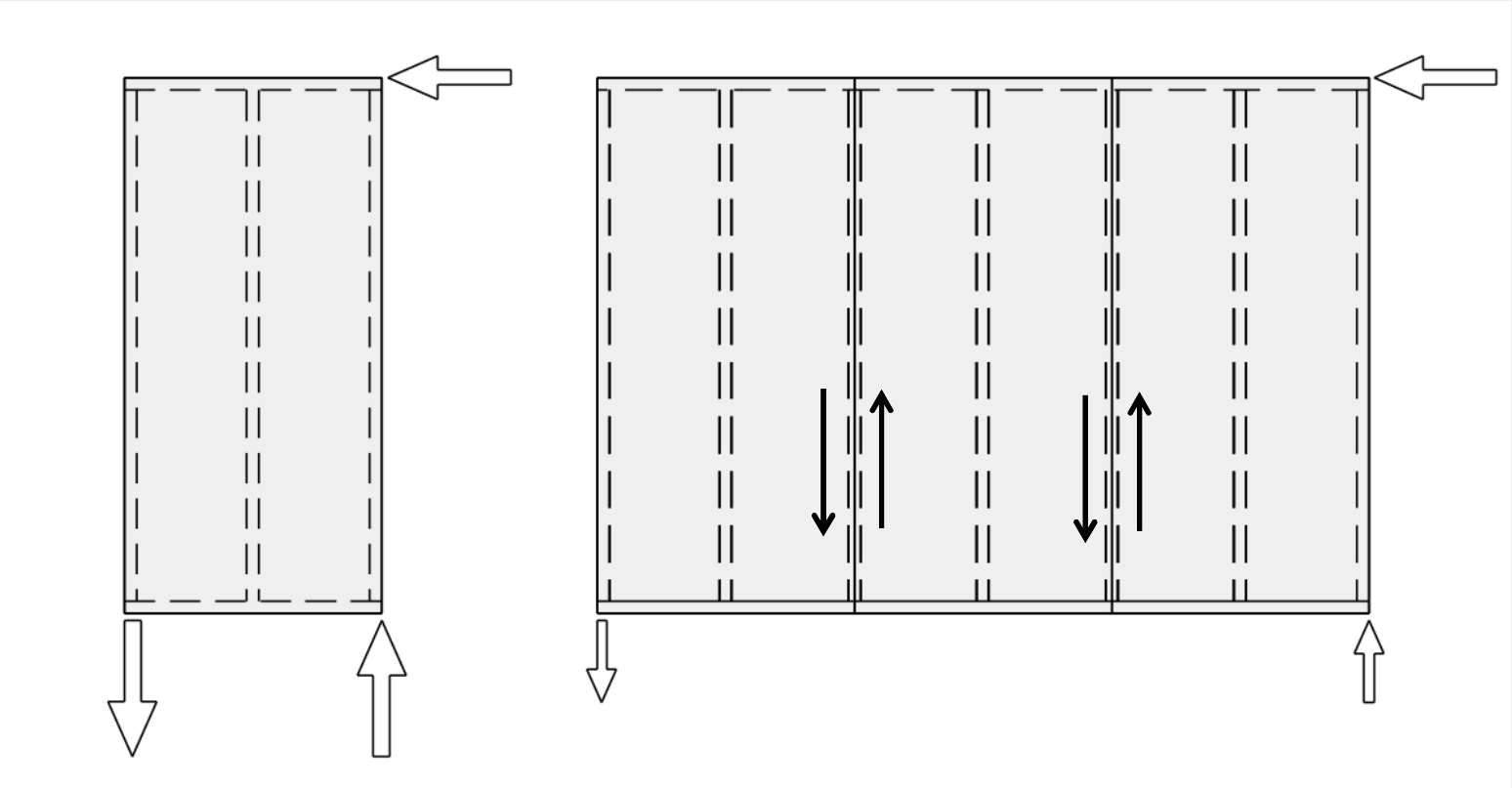
(Schubfeldtheorie)



3. Aussteifung

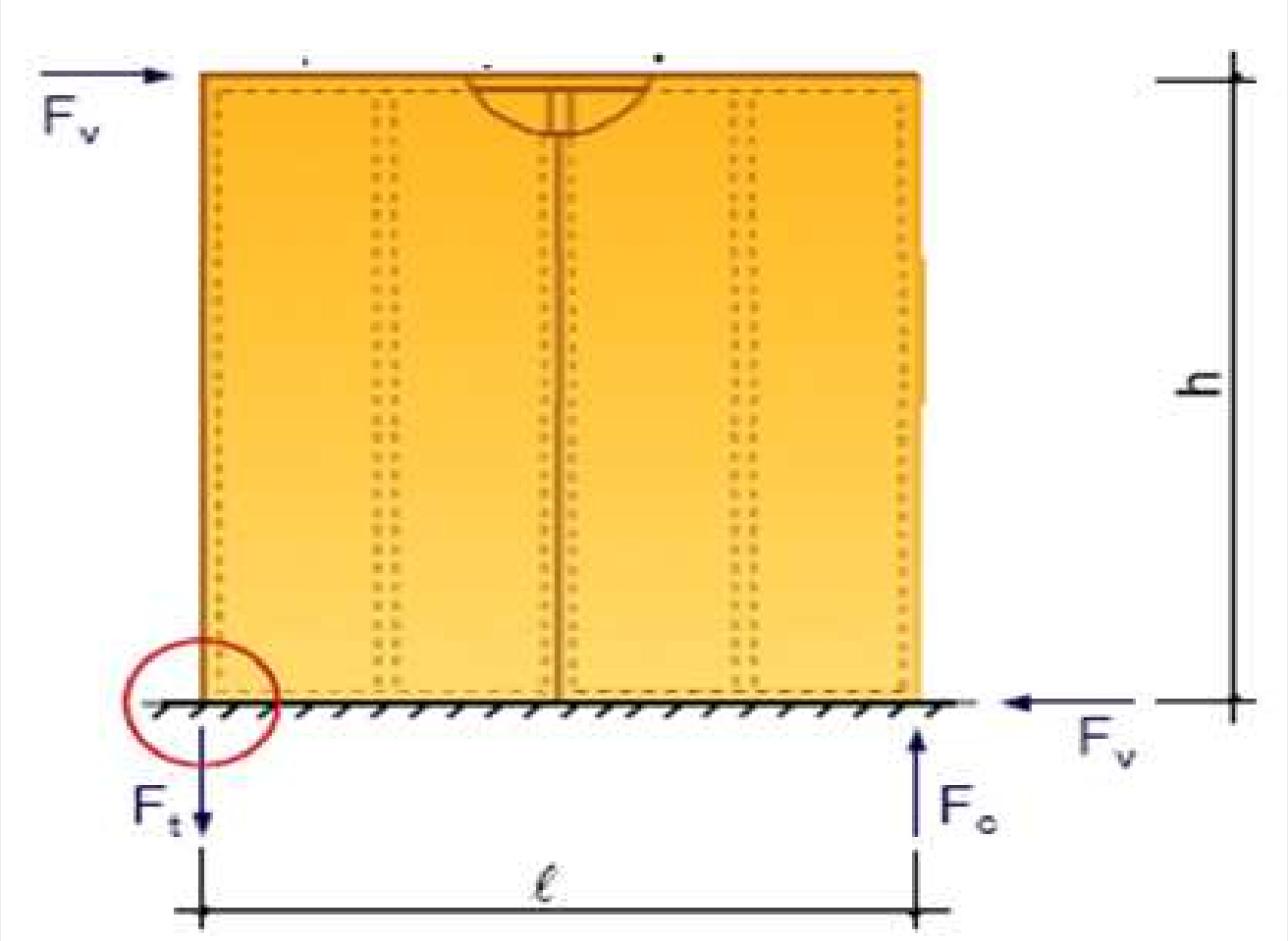
Beispiel:

Funktionsweise mehrerer Holztafelelemente



Kräfte heben sich an den Plattenstößen auf!

Zugverankerung Wandelement



Beispiel: Zugverankerung Wandelement

Falsch!!

Beispiel Zugverankerung Wandelement

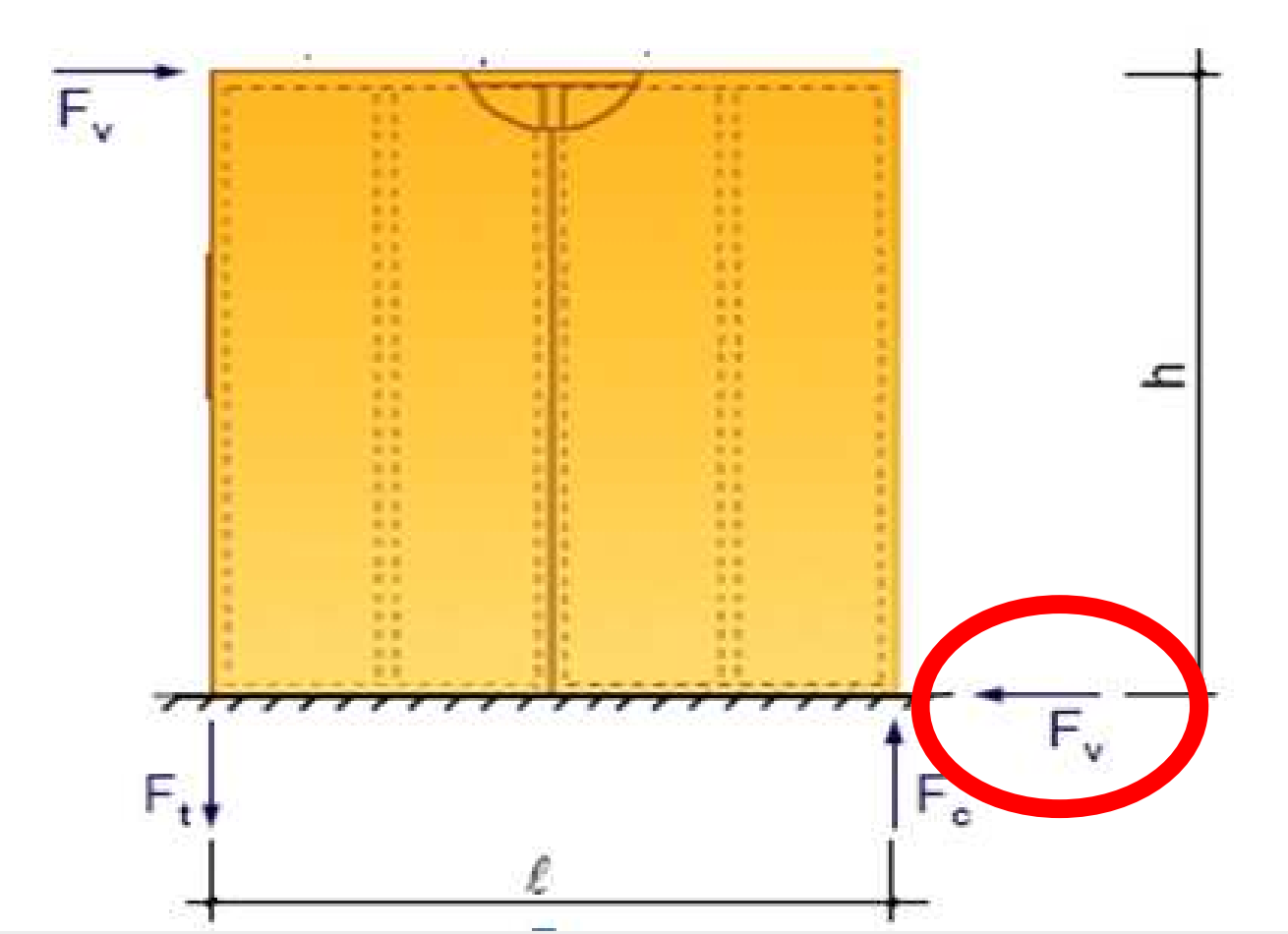
RICHTIG

FALSCH

Harrer Ingenieure

Beispiel Zugverankerung Wandelement

Schubverankerung Wandelement



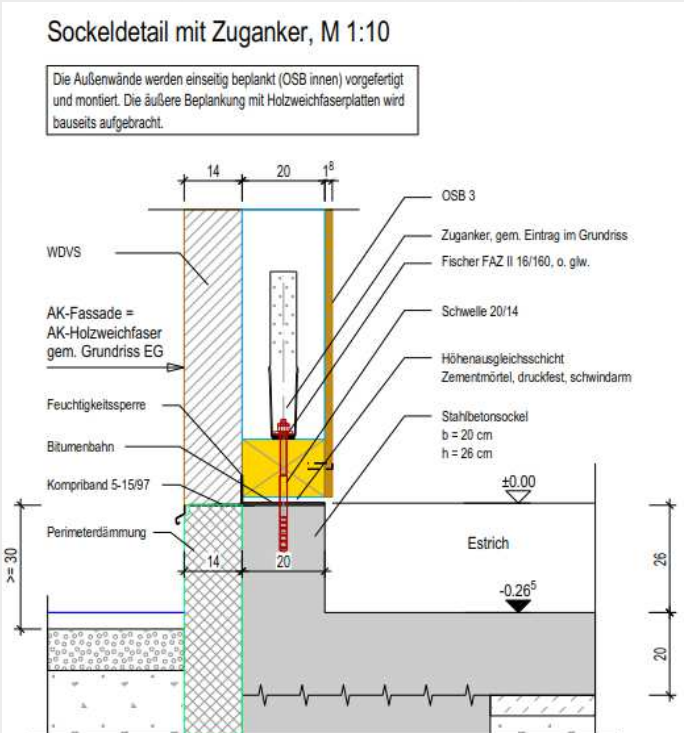
Schubverankerung Wandelement

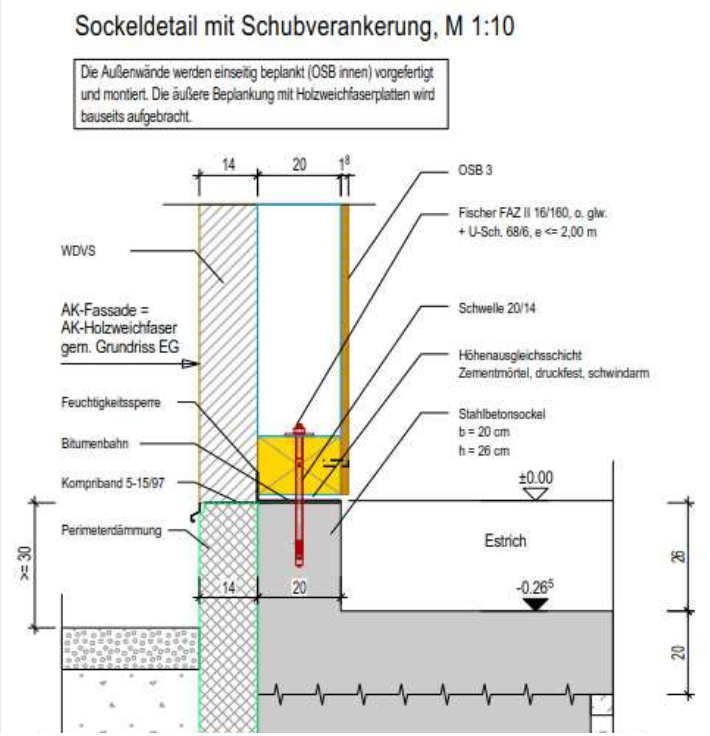
Statische Nachweise erforderlich für

Gurte	- Nachweis des Verbundes von Gurt und Beplankung
(Rähm und Schwelle)	- Nachweis der Schwellenpressung
Rippen (Pfosten)	- Druck und Knicken aus der Tafelebene (Biegung aus Wind rechtw. zur Tafelebene berücks.)
Beplankung	- Schubtragfähigkeit - Beulnachweis
Verbindungsmittel	- Schubfluss aus Verbund zwischen Beplankung und Rippen - Schubwinkel bzw. Schraubanker für F_v und - Zuganker für F_t auf Decke bzw. Bodenplatte

Beispiel zweigeschossige KiTa:

Zug- u. Schubverankerung bei werksseitig einseitig aufgebrachter Beplankung





Beachte: Bei Einsatz von Klammern mit Durchmesser > 1,5 mm und

bei vertikalen Plattenstößen können keine 6er Holz-Ständer verwendet werden.

Alternative:

Zug- und Schubverankerung bei beidseitig beplankt vorgefertigter Elemente

Sockeldetail mit Zuganker, M 1:10

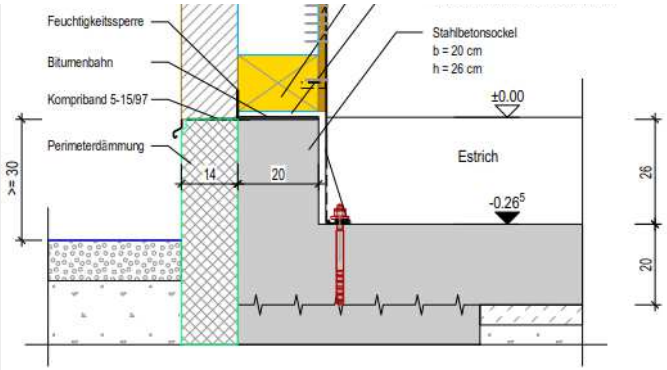
Die Außenwände werden beidseitig beplankt (OSB innen, Holzweichfaser außen) vorgefertigt und montiert.

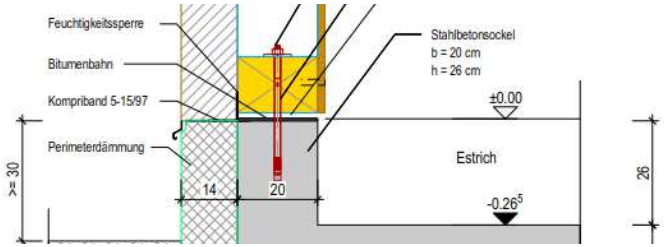
üblich: 15 mm

Sockeldetail mit Schubverankerung, M 1:10

Die Außenwände werden beidseitig beplankt (OSB innen, Holzweichfaser außen) vorgefertigt und montiert.

Nachteil: Der Anschluss der Luftdichtung an die Betonkonstruktion ist nachträglich ohne Behinderung kaum ausführbar.





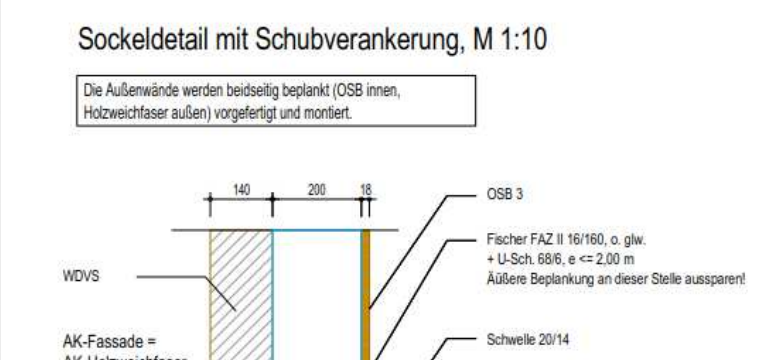
„Loch“ muss groß genug sein;

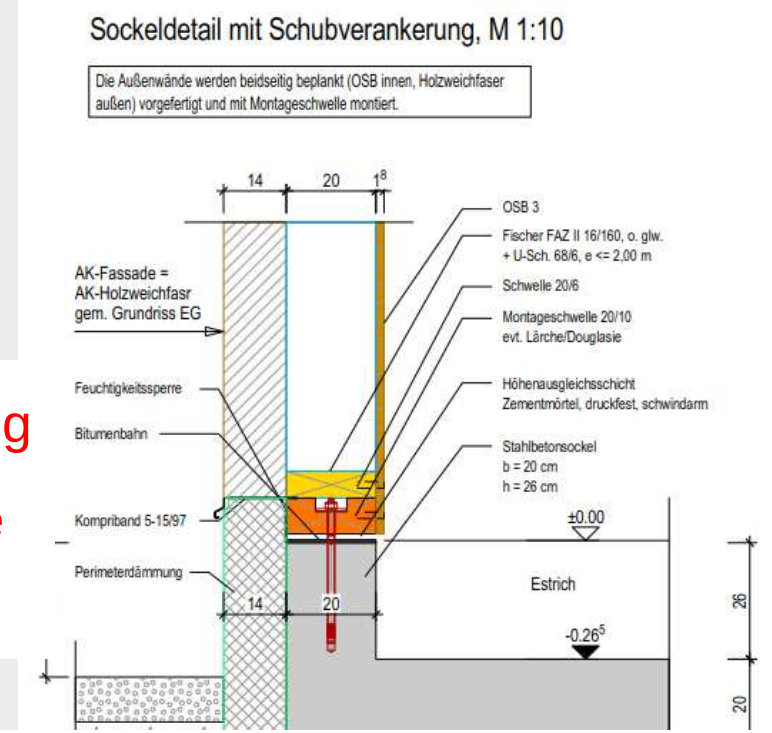
Bei Vorfertigung geschlossener Wände

Einsatz Montageschwelle sinnvoll?!

3. Aussteifung

Beachte bei Einsatz Montageschwelle (rechts): OSB-Platte steht unten über und ist empfindlich gegen Beschädigung und umständlicher beim Verladen.





Statisch wichtig: Nachweis Verklammerung der OSB-Platte mit der Montageschwelle für Schubkräfte!!!

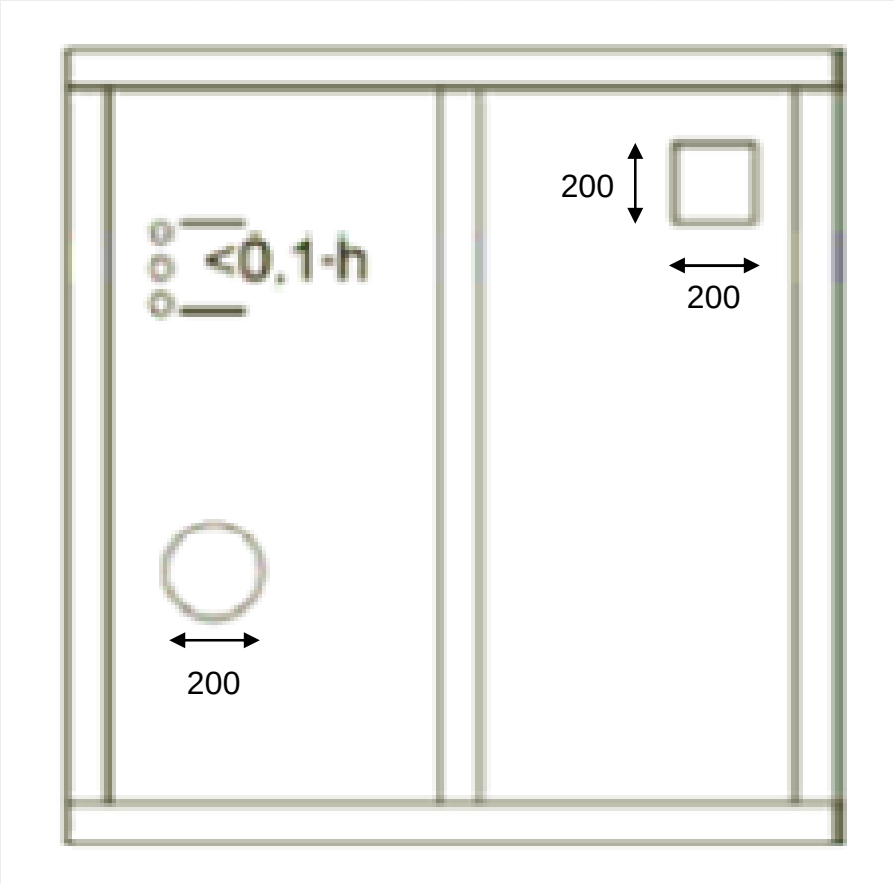
→ Bei Vorfertigung geschlossener Wände zusätzliche Holzklötze erforderlich

Öffnungen ohne Nachweis

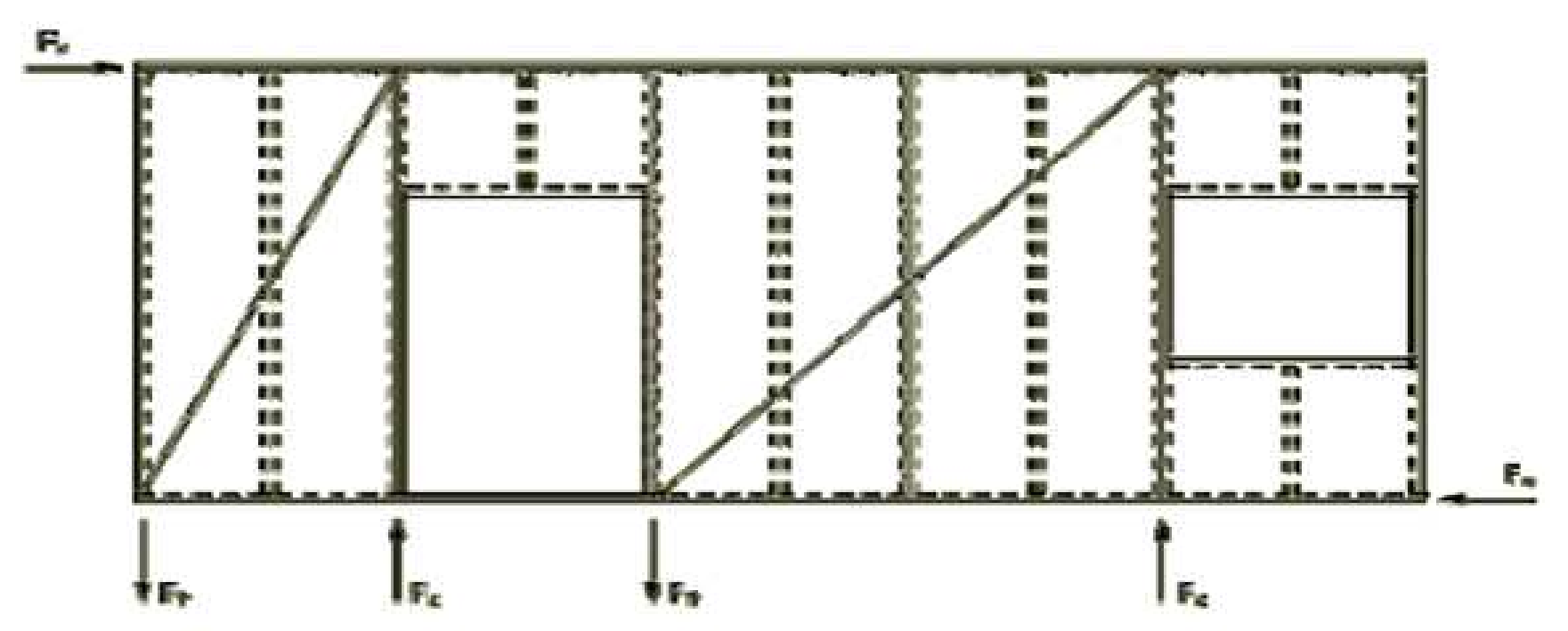
nach DIN EN 1995-1-1/NA:

NCI zu 9.2.4.2

- Öffnungen < 200 mm x 200 mm
- mehrere Öffnungen < 0,1 h bzw. 0,1 ℓ



Tür- und Fensteröffnungen



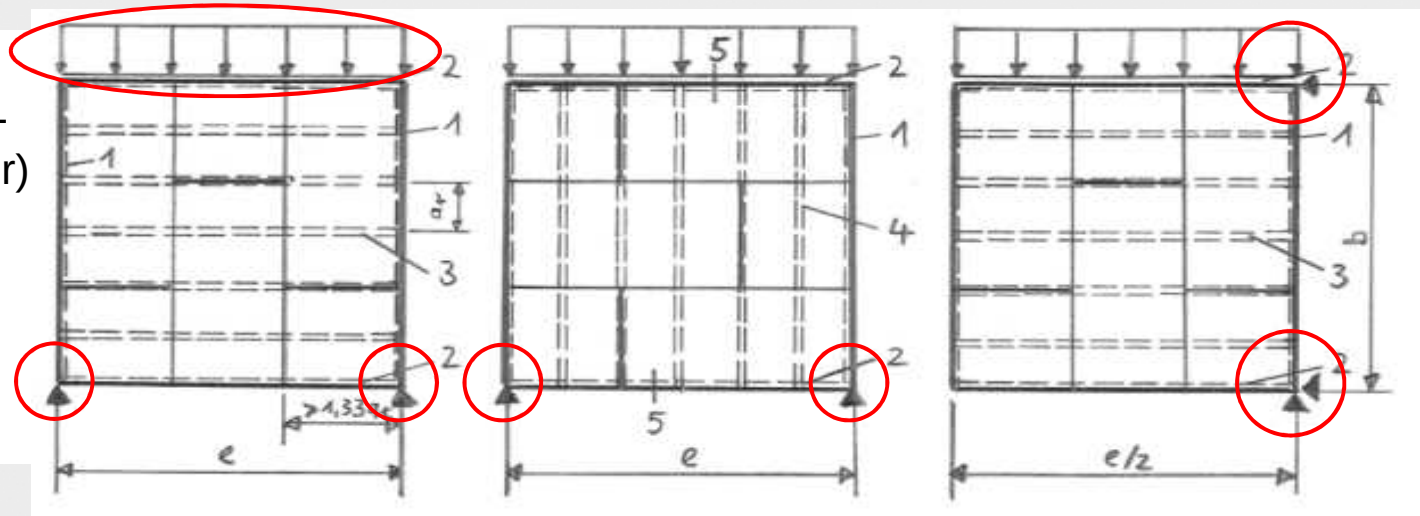
- Wandbereiche mit Tür- und Fensteröffnungen werden i.d.R. nicht berücksichtigt
- Betrachtung ungestörter Bereiche als einzelne Tafeln (Einraster, Zweiraster)
- Jede Tafel ist für sich zu verankern

Konstruktionshinweise:

- Anordnung der Platten parallel oder senkrecht zu durchlaufenden Rippen
- Plattenstöße in einer Richtung immer auf den Rippen
- freie Plattenränder der anderen Richtung sind zu versetzen (bzw. zu vermeiden)
- nicht versetzte Plattenstöße nur bei schubsteifen Verbindungen (Stoßhölzer)

Statische Systeme einer Deckenscheibe

Legende:
1 seitliche Rand-rippen (Verteiler)
2 Gurte
3 Innenrippen
4 Mittelrippe als Verteiler
5 Gurtstöße



Lagerung	a) Seitliche Randrippen	b) Seitliche Randrippen	c) Eine seitliche Randrippe und Gurte
Lasteinleitung	über einen Gurt	über Verteiler	über einen Gurt

Dach- und Deckenscheiben

Gliederung des Vortrages:

1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

Nachweis:

$$E_K \cdot \gamma_F = E_d \quad \leq \quad R_d = R_K / \gamma_M$$

oder

$$\eta = E_d / R_d \quad \leq 1$$

Index:

k = charakteristischer Wert

d = Design-/Bemessungswert, d.h. um die Sicherheit γ erhöhter bzw. verringerter charakteristischer Wert

Bemessungswert der Einwirkungen E_d

z. B. für ständige und vorübergehende Bemessungssituation:

$$E_d = (\gamma_G = 1{,}35) \cdot G_k + (\gamma_Q = 1{,}5) \cdot [\, Q_{k,1} + \psi_{0,2} \cdot Q_{k,2} + \ldots \,]$$

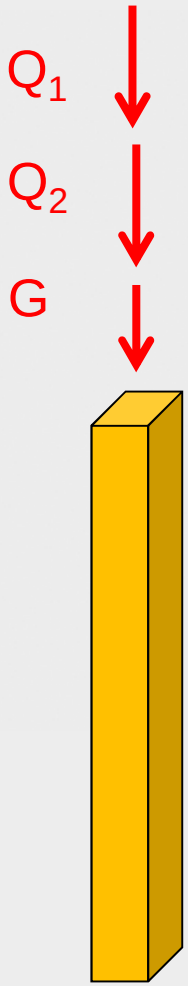
mit

Ψ_0 Kombinationsbeiwert

Beispiel Holzstütze Nadelholz C24:

Normalkraft N_d

$$E_d = (\gamma_G = 1{,}35) \cdot G_k + (\gamma_Q = 1{,}5) \cdot [\, Q_{k,1} + \psi_{0,2} \cdot Q_{k,2} + \ldots\ldots \,]$$



$G = 4.000$ N; $Q_1 = 5.000$ N; $Q_2 = 3.000$ N

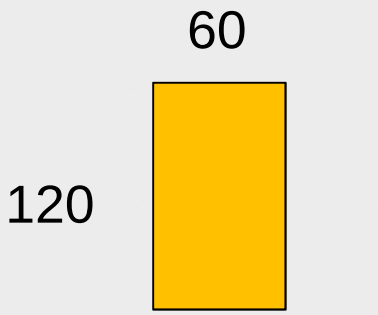
$$E_d = 1{,}35 \cdot 4.000 + 1{,}5 \cdot [5.000 + 0{,}5 \cdot 3.000] = 15.150 \text{ N}$$

Spannung σ_d

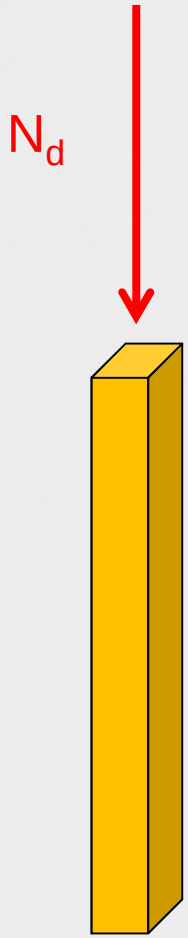
$\sigma_d = N_d / A$

$= 15.150 \text{ N} / 7.200 \text{mm}^2$

$= \underline{2{,}10 \text{ N/mm}^2}$



Querschnitt [mm]



mit

$N_d = 15.150$ N Bemessungsnormalkraft

$A = 7.200$ mm² Querschnittsfläche

Bemessungswert des Widerstands R_d im Holzbau

$$R_d = R_K \times k_{mod} / \gamma_M$$

Mit

γ_M Teilsicherheitsbeiwert - abhängig von den verwendeten Materialien

k_{mod} Modifikationsfaktor - abhängig von der Dauer der Lasteinwirkung und der Umgebungsfeuchte

Feuchteabhängigkeit

- **Nutzungsklasse 1**

  Feuchtegehalt bei Klima 20°C und 65% rel. Luftfeuchte (rLF)

  Beispiel: In geschlossenen, konstant geheizten Räumen

- **Nutzungsklasse 2**

  Feuchtegehalt bei Klima 20°C und 85% rLF

  Beispiel: Geschützte Bauteile

- **Nutzungsklasse 3**

  Feuchtegehalt bei Klima 20°C und mehr als 85% rLF

  Beispiel: Ungeschützte Bauteile

4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)

Einwirkung	Klasse der Lasteinwirkungsdauer (**KLED**)	für NKL 1 + 2 für VH, BSH, … k_{mod}
Eigenlasten	**ständig**	**0,6**
Lotrechte **Verkehrslasten** Versammlungsstätten im Allgemeinen in Lagerräumen	kurz **mittel** **lang**	0,9 **0,8** **0,7**
Windlasten	kurz / sehr kurz	i.M. 1,0
Schnee- und Eislasten H ≤ 1000 m H > 1000 m	**kurz** mittel	**0,9** 0,8
Außergewöhnliche Einwirkungen	**sehr kurz**	**1,1**

Bemessungswert der Druckfestigkeit für Nadelholz C24

$R_d = R_K \cdot k_{mod} / \gamma_M$

Standardfall: NKL 1 oder 2 KLED mittel

$$f_{c,0,d} = \frac{21\ N/mm^2 \cdot 0{,}8}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$$

mit

$f_{c,0,k}$	$= 21\ N/mm^2$	char. Druckfestigkeit Nadelholz C24, parallel zur Faser
k_{mod}	$= 0{,}8$	Modifikationsbeiwert (Nutzungsklasse und Lastdauer)
γ_M	$= 1{,}3$	Teilsicherheitsbeiwert Holz, Holzwerkstoffe

Ausnutzungsgrad

$$\eta = E_d/R_d \leq 1$$

$$\eta = \frac{\sigma_d}{f_{c,0,d}} = \frac{2{,}1\ \text{N/mm}^2}{12{,}9\ \text{N/mm}^2} = \underline{0{,}16 < 1}$$

Nachweis erfüllt!

Stabilität:

Versagensformen

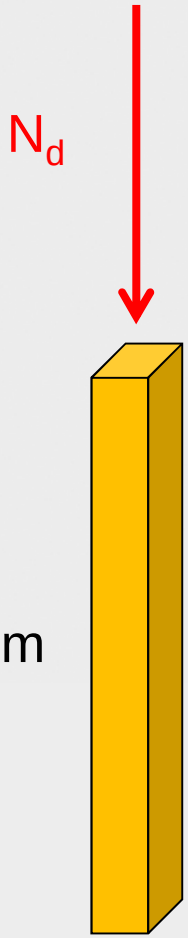
- Knicken
- Biegedrillknicken (Kippen)
- Beulen

Stabilitätsnachweis: Knicken

$$\eta = \sigma_d / k_c \cdot f_{c,0,d}$$

$$\eta_1 = \frac{2{,}1}{0{,}15 \cdot 12{,}9} = 1{,}08$$ Nachweis nicht erfüllt!

$$\eta_2 = \frac{2{,}1}{0{,}51 \cdot 12{,}9} = 0{,}32$$ Nachweis erfüllt!



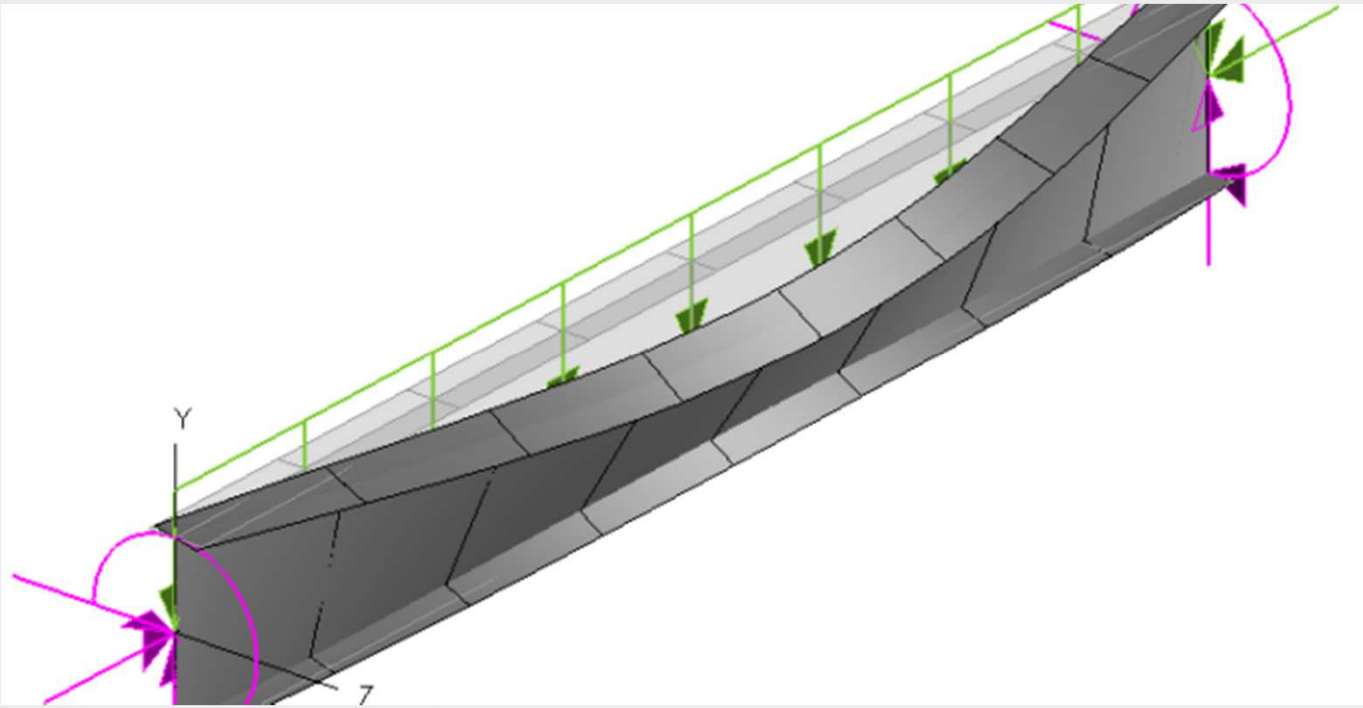
mit

$k_{c,z}$ = 0,15 Knickbeiwert schwache Achse

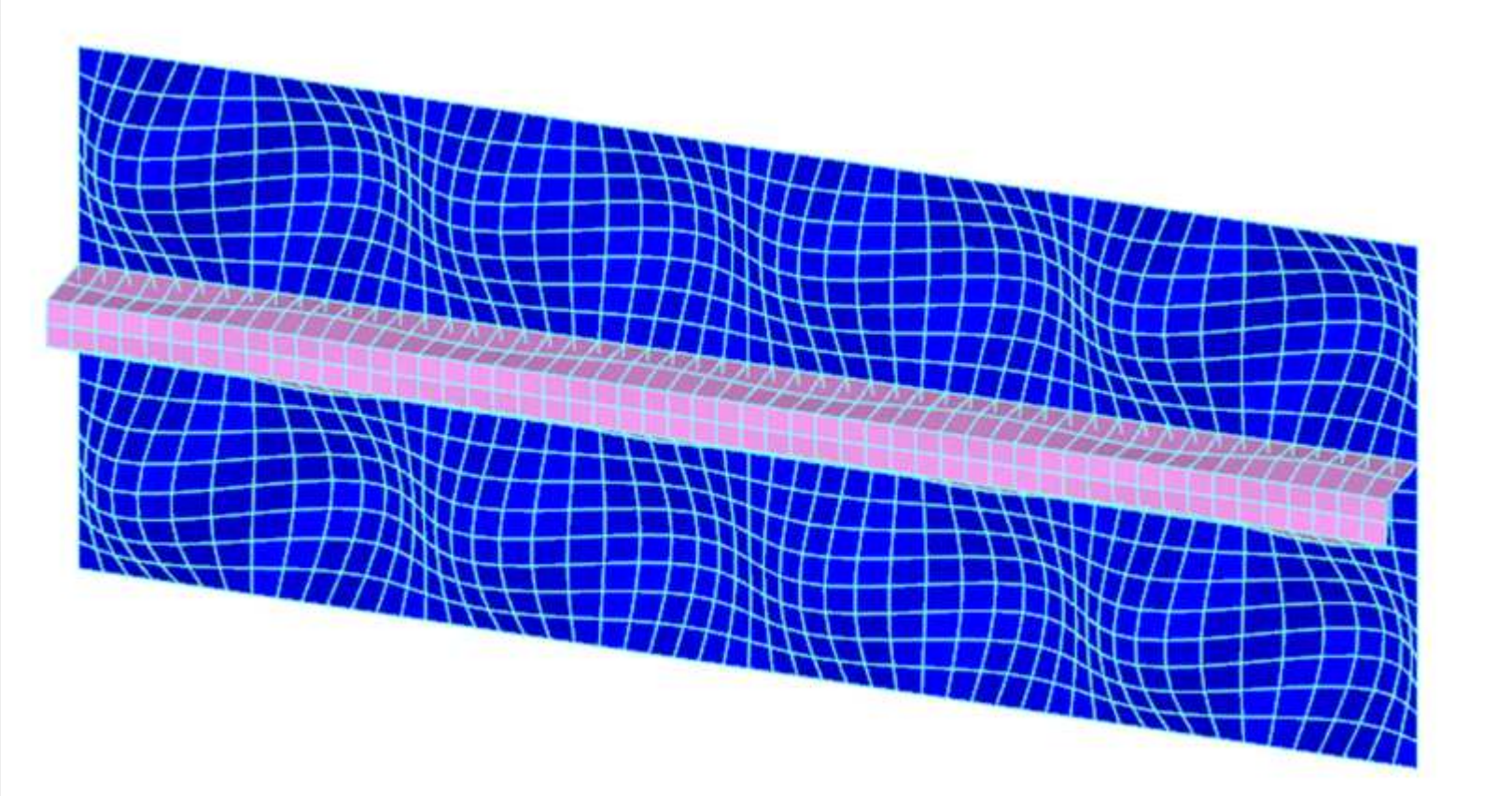
$k_{c,y}$ = 0,51 Knickbeiwert starke Achse

abhängig von Stablänge, stat. System und Verhältnis Breite zu Höhe

Biegedrillknicken



Beulen



Gliederung des Vortrages:

1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

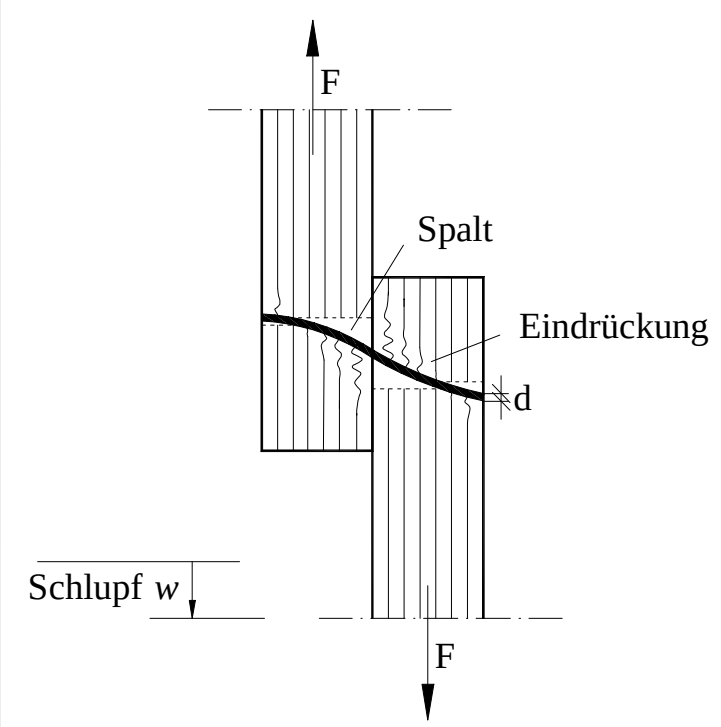
Mechanische Verbindungen

z.B.: Nägel, Stabdübel und Dübel besonderer Bauart

Charakteristisch:

Nachgiebigkeit (Schlupf)

- Eindrückungen im Holz
- Verformungen der Verbindungsmittel

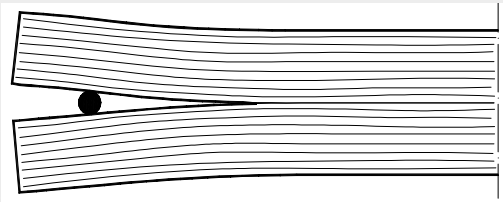


Mindestabstände

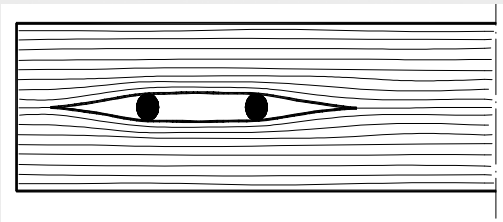
Eintreiben eines Stiftes
⇒ Spaltgefahr

Beanspruchung
⇒ zusätzliche Spaltwirkung

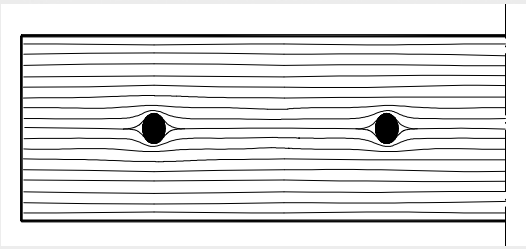
Ausreichende Abstände, ggfs. Vorbohren



unzureichender Abstand zum Hirnholz

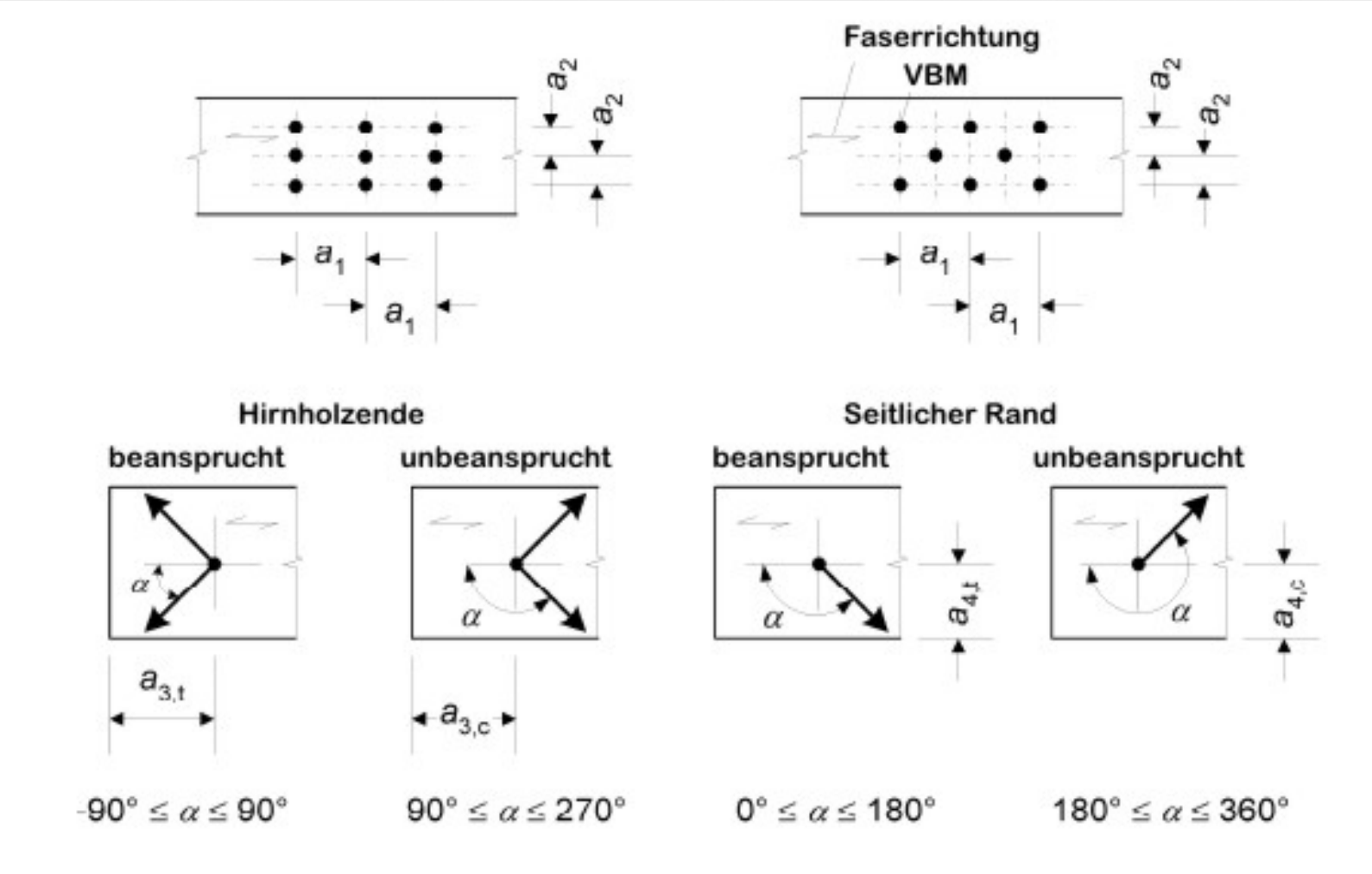


unzureichender Abstand untereinander

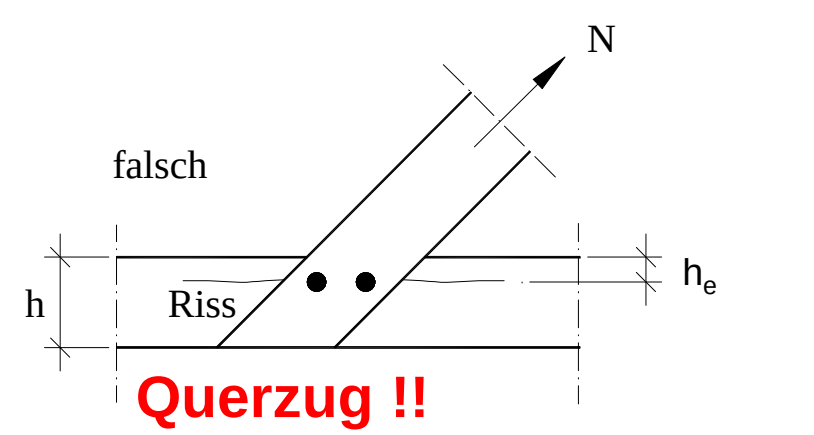


ausreichende Abstände

Mindestabstände



Schräg zur Faserrichtung angreifende Kräfte



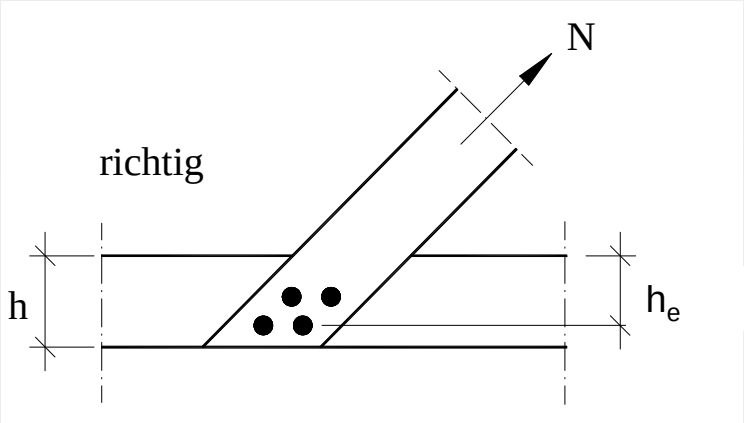
$h_e/h < 0{,}2$ nur

zulässig bei Einwirkungen

mit KLED kurz

kein Nachweis

bei $h_e/h > 0{,}7$



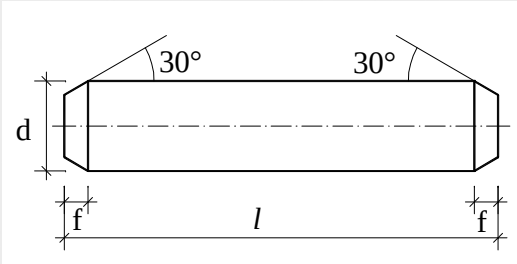
Stabdübel- und Bolzenverbindungen

Stabdübel

glattschaftiger Metallstab

Löcher im Holz = d

Löcher im Stahl = d+2mm



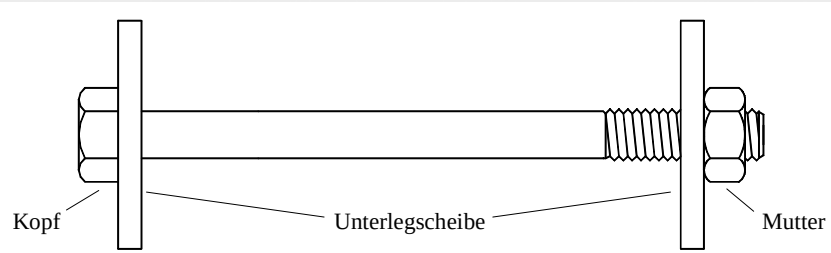
Bolzen

Metallstäbe mit Schraubengewinde

Kopf/Mutter mit Unterlegscheibe

Löcher im Holz = d+2mm

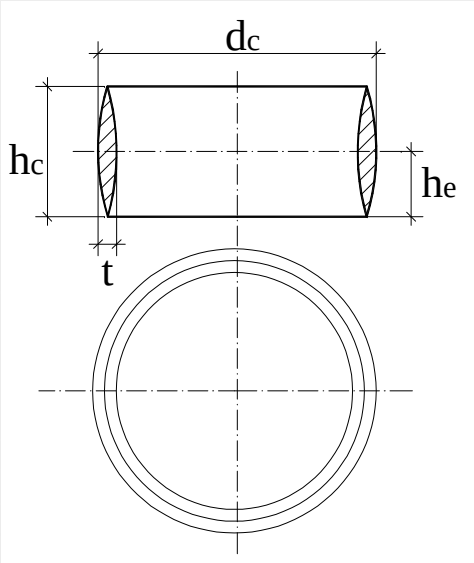
⇨ Schlupf, Nachgiebigkeit

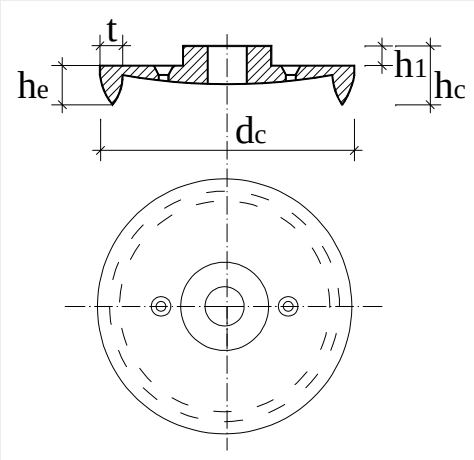


Dübel besonderer Bauart

Typ A1/B1 (Appel):

- sehr steif ⇒ Kraft wird vollständig vom Dübel übertragen
- Geringe Verformungen
- ⇒ **kein Beitrag des Bolzens**





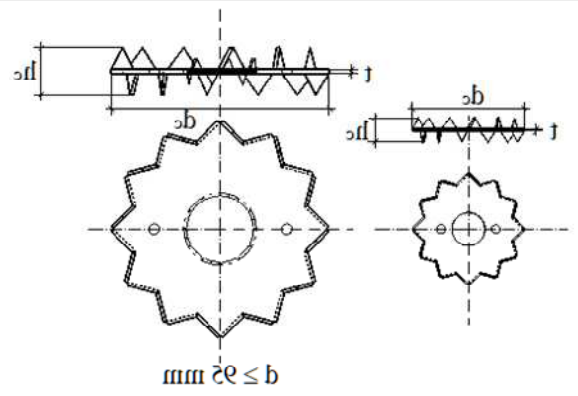
Dübel besonderer Bauart

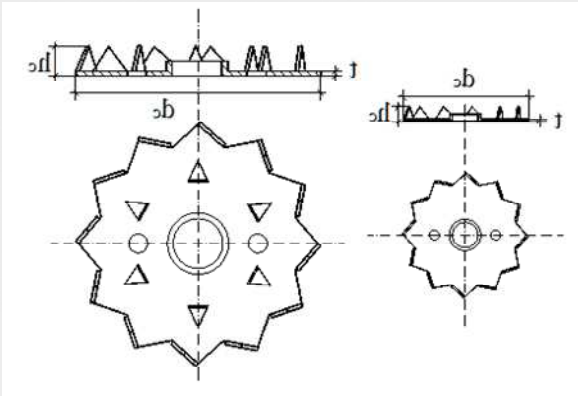
Typ C1/C2 (Bulldog), C10/C11 (Geka):

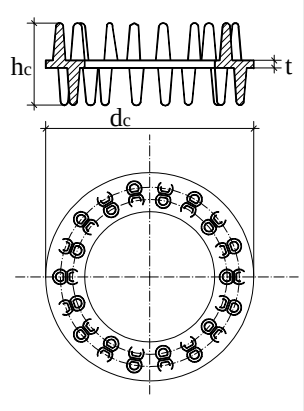
- Größere Verformungen wegen Nachgiebigkeit der Zähne / Dorne

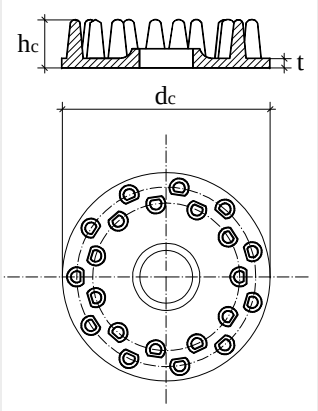
  ⇒ **Bolzen trägt mit**

  Addition zweier Therme





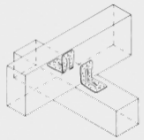




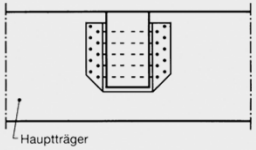
Anschluss von Nebenträgern an Hauptträger

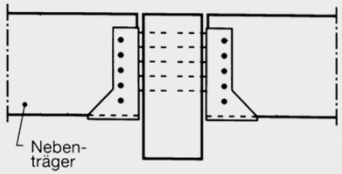
Stahlblechformteile abZ / ETA beachten - Anwendungsgebiete verschieden

a) Winkelverbinder



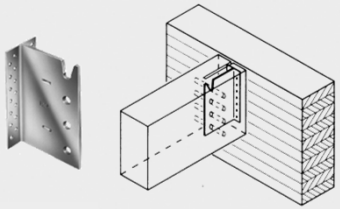
b) Balkenschuhe



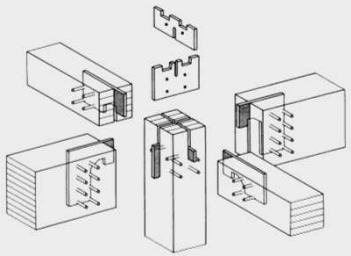


c) Integralverbinder (GH) bzw.

Balkenträger (BMF)

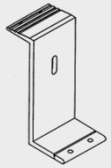


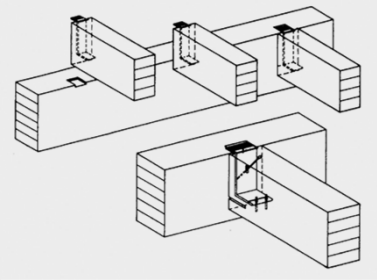
d) Hakenplatten (z.B. JANEBO)



5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)

e) Balken-Z-Profil (z.B. BOZETT)





f) Merk-NHT-Verbinder

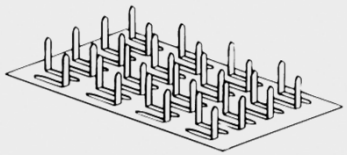
g) Schwalbenschwanzverbindung

Ist statisch nachzuweisen !!!

Querzugverstärkung erforderlich

bei Anordnung Schwalbenschwanzverbindung nahe Hirnholz

h) Nagelplatten (i.W. Knotenverbindungen)

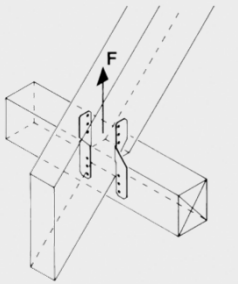


5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)

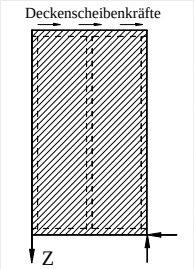
i) Sparren-Pfetten-Anker

Aufnahme von Windsoglasten

Anordnung liegend und stehend

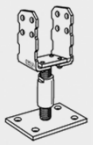


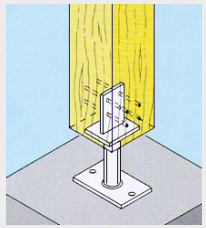
k) Zugverankerung von Wandscheiben



l) Stützenfüße

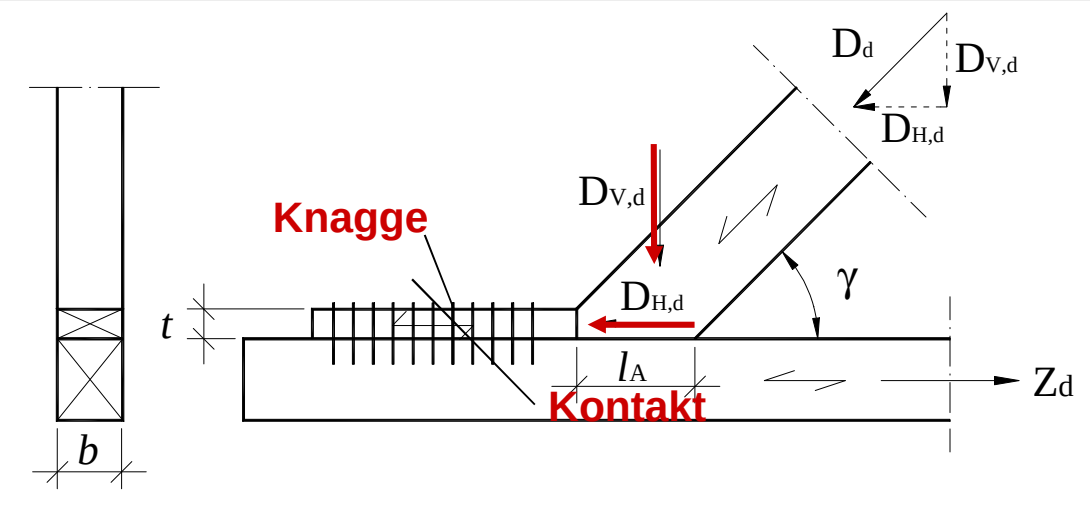
→ Spritzwasserfreiheit ≥ 30 cm



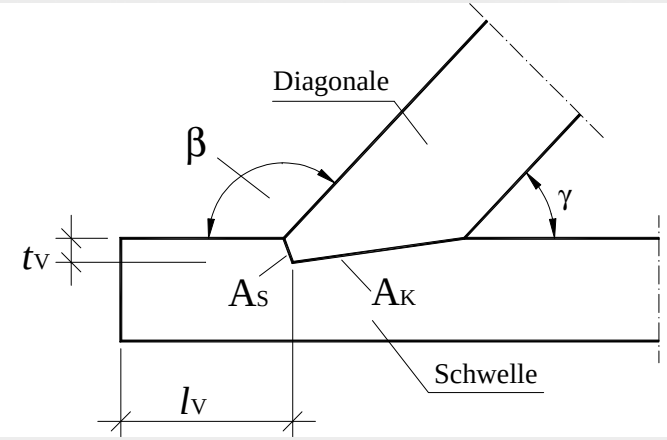


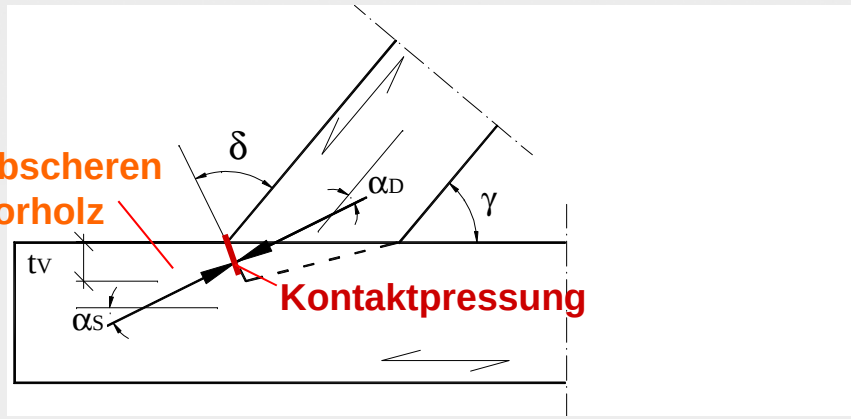
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)

m) Knaggenanschlüsse



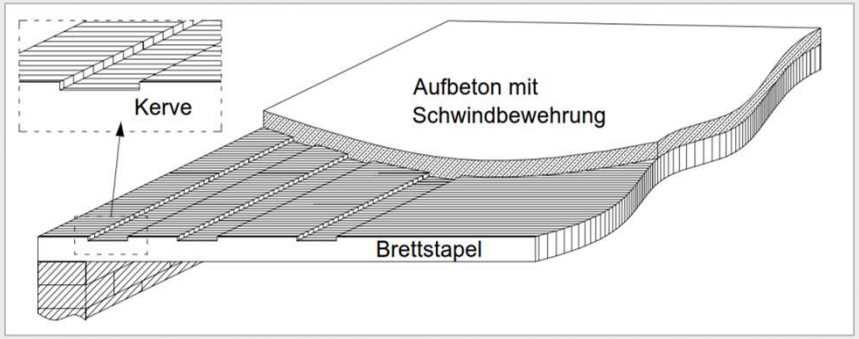
n) Versatz



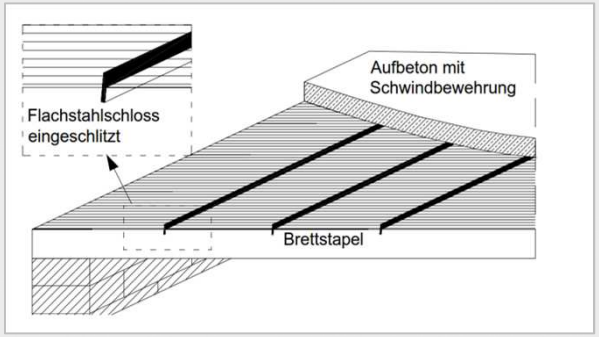


o) Holz-Beton-Verbund (HBV)

Verbundmittel: eingefräste Kerven oder Spezialformteile



Brettstapel-Beton-Verbunddecke mit eingefrästen Kerven (Michelfelder 2006)



Brettstapel-Beton-Verbunddecke mit Flachstahlschlösser (Michelfelder 2006)

Brettstapelelement (brettstapel)

Brettsperrholz-Element (proHolz)

Leim-/ Klebeverbindungen

Die vorgesehenen Leimverbindungen dürfen nur von einem Unternehmer hergestellt werden, dessen Fachkompetenz und die Erfüllung der Anforderungen an die Ausrüstung im Zuge der Erstprüfung durch die notifizierte Stelle überprüft wurde.

Für Brettschichtholz nach DIN EN 14080:2013-09 und
keilgezinktes Vollholz nach DIN EN 15497:2014-07
sind dem Bauherrn und dem Prüfingenieur jeweils die Leistungserklärung und CE-Kennzeichnung nach Bauproduktenverordnung in Kopie vorzulegen.

Gliederung des Vortrages:

1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Begrenzung von

- Verformungen und Durchbiegungen
- Schwingungen

Bemessungswert der Einwirkungen E_d

z. B. für seltene Einwirkungskombination:

$$E_d = G_k + Q_{k,1} + \psi_{0,2} \cdot Q_{k,2} + \ldots$$

mit

Ψ_0 Kombinationsbeiwert

Elastische Anfangsverformung u_{inst}

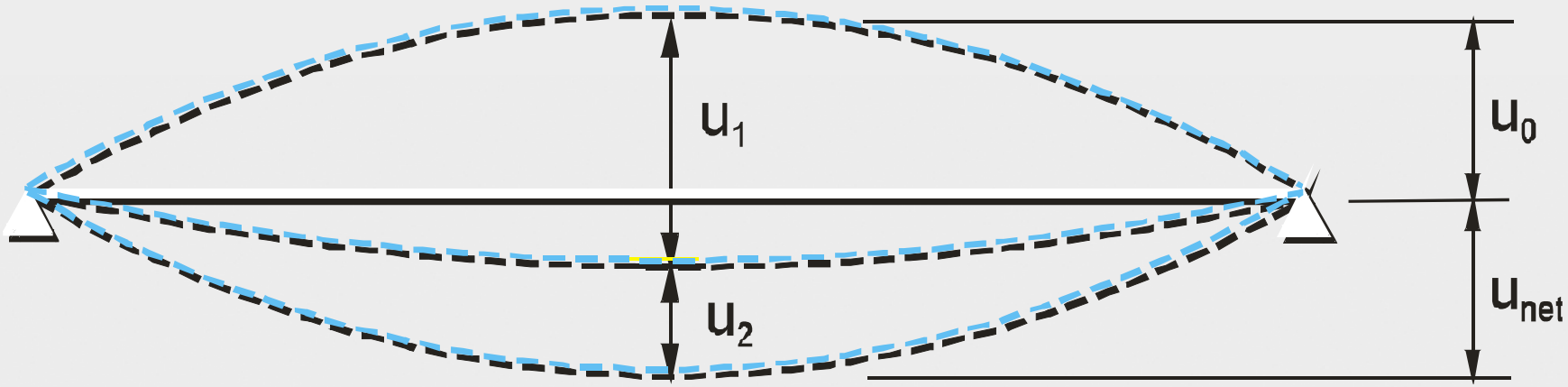
Endverformung u_{fin}

$$u_{fin} = u_{inst} \cdot (1 + k_{def})$$

mit

k_{def} Verformungsbeiwert in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse zur Berücksichtigung des Kriechens

6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit



Verformung eines Biegeträgers:

u_0 Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)

u_{inst} Durchbiegung infolge elastische Verformung

u_{creep} Durchbiegung infolge Kriechen (k_{def})

U_{fin} gesamte Durchbiegung $= u_{inst} + u_{creep}$ (ohne Überhöhung)

$U_{net,fin}$ gesamte Durchbiegung $= u_{inst} + u_{creep} - u_0$

Empfohlene Grenzwerte

$u_{inst} \leq l/300$ (Kragträger l_k / 150)

$u_{fin} \leq l/200$ (Kragträger l_k / 100)

$u_{net,fin} \leq l/300$ (Kragträger l_k / 150)

mit

l Spannweite des Trägers

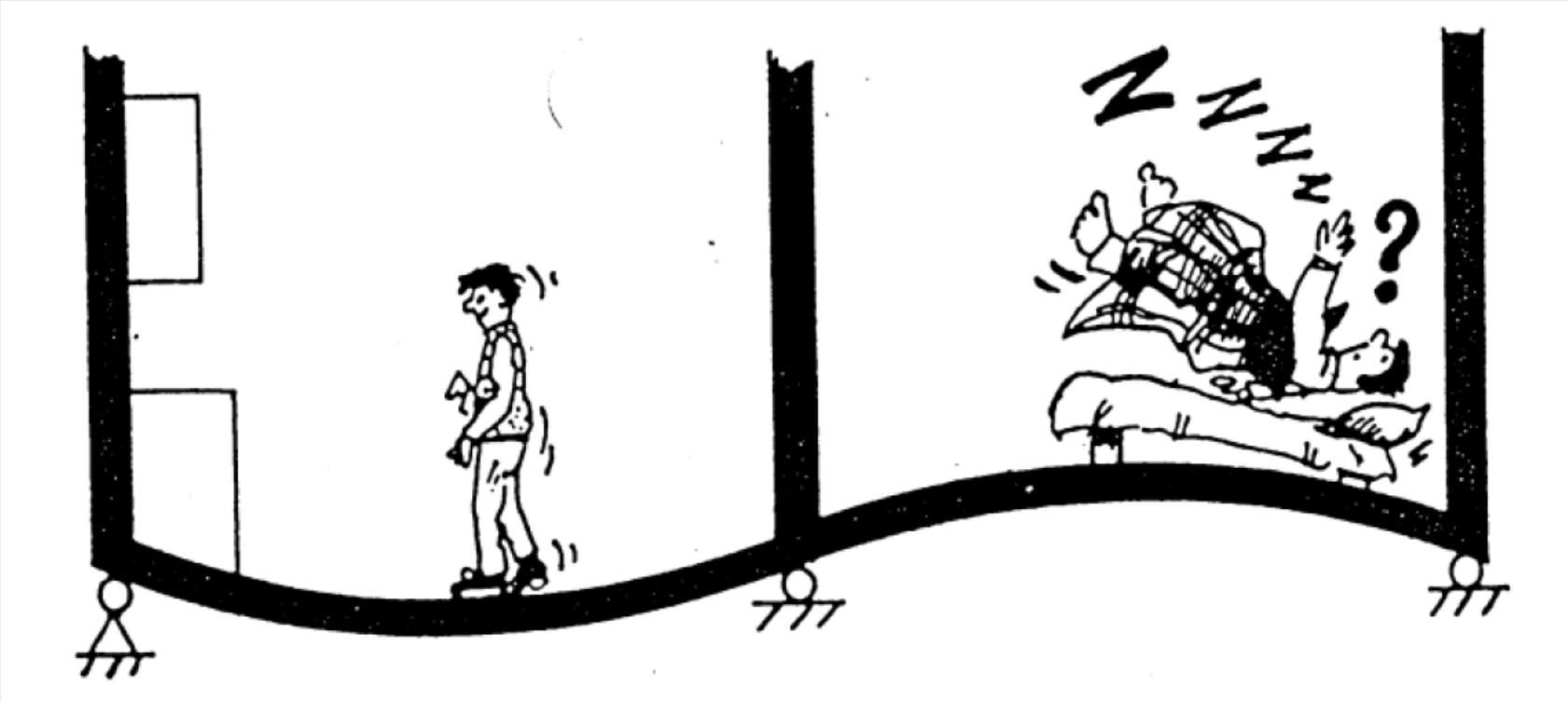
l_k Länge des Kragträgers

$u_{net,fin}$ Enddurchbiegung abzgl. Überhöhung

in jedem Fall Vereinbarung mit Bauherrschaft erforderlich

Für untergeordnete und überhöhte Bauteile gelten geringere Grenzwerte.

Schwingungsverhalten



Schwingungsverhalten

Ziel: - Vermeidung von Schäden am Bauwerk, Beeinträchtigung Funktion

- Unbehagen bei Nutzern vorbeugen

Nachweis: Erregerfrequenzen < Eigenfrequenzen + Sicherheitsabstand

z.B. Gehen 3,2 Hz - " - f_1 sollte über 8 Hertz (Hz) liegen

Walken 4,5 Hz

6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Liegt die erste Eigenfrequenz f_1 unter 8 Hz, sind besondere Untersuchungen durchzuführen.

z.B.:

– Einheitsimpulsgeschwindigkeitsreaktion infolge eines Fersenauftritts

– Beschleunigung bzw. Resonanzanregung der Decke

Gliederung des Vortrages:

1. Vorstellung
2. Einwirkungen auf das Tragwerk
3. Aussteifung
4. Nachweis der Tragfähigkeit (Querschnitte)
5. Nachweis der Tragfähigkeit (Verbindungsmittel)
6. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
7. Zusammenfassung

Zusammenfassung

Was muss die statische Berechnung (für ein Wohnhaus) beinhalten, um das Haus standsicher errichten zu können - ohne die Verantwortung für Details Anderer zu übernehmen?

- Kurze Beschreibung Bauvorhaben mit Grundriss(e) + Ansichten
- Zugrunde gelegte Normen mit Ausgabedatum
- Inhaltsangabe (zumindest Hauptkapitel)
- Allgemeine Angaben zu Lasten wie
  - Nutzlasten
  - Höhe üNN, Schneelastzone, mögliche Schneeanhäufungen
  - Windzone, Geländekategorie
  - Außergewöhnliche Einwirkungen
  - Erdbebenzone, Bedeutungskategorie

7. Zusammenfassung

Was muss die statische Berechnung (für ein Wohnhaus) beinhalten, um das Haus stand-sicher errichten zu können - ohne die Verantwortung für Details Anderer zu übernehmen?

- Brandschutzanforderungen
- Dezidierte Angaben zu Wand- und Deckenaufbauten (Plattenwerkstoff, Verbindungsmittel, -abstände, Rahmenhölzer, …)
- Grundriss- und Positionspläne
- Nachweis Haupttragglieder
  - Holzdachkonstruktion
  - Deckenträger, Stürze, Unterzüge
  - Stützen
  - Gründung
  - Wände
  - …

7. Zusammenfassung

Was muss die statische Berechnung (für ein Wohnhaus) beinhalten, um das Haus stand-sicher errichten zu können - ohne die Verantwortung für Details Anderer zu übernehmen?

- Wind- und Aussteifungsberechnung; ggfs. Erdbebennachweis
- Verankerung mit Details, wo diese anzubringen ist (auf Stiel oder OSB), Menge
- Ausführung der Decken- / Wandscheiben sowie der Verbindung untereinander, Stöße in der Plattenebene
- Verformungen / Deckendurchbiegung
- Schwingungsnachweis
- Weitere Dinge bezogen auf das jeweilige Bauvorhaben

Bauen wir so wie geplant?

→ Klärung mit Aufsteller erforderlich bei z.B. folgenden Fragen:

- eines des vorgenannten Kapitel / Überschrift fehlt
- die angegebene Holzwerkstoffplatte ist nicht im Sortiment
- andere Wandaufbauten üblich
- Verwendung Klammern anderer Geometrien (z.B. Haubold/Paslode)
- Bohrer für angegebene Bohrlochdurchmesser nicht vorhanden
- …

Die Kommunikation zwischen der ausführenden Firma und dem Tragwerksplaner ist unerlässlich!!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Harrer Ingenieure

Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH

Hoch- und Ingenieurbau
Brückenbau, Grundbau
Industrie- und Gewerbebau
Generalplanung
Sonderkonstruktionen

Beratung
Planung
Management

Karlsruhe / Ostfildern / Baden-Baden

www. harrer-ing.net