

# Holzbau II

259.383 Holzbau 2 WS13 | VU 3.0h, 4ECTS

Übung 2  
Zusammengesetzte Querschnitte  
Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

Bemessung nach ÖNormEN 1995-1-1 (EC 5)

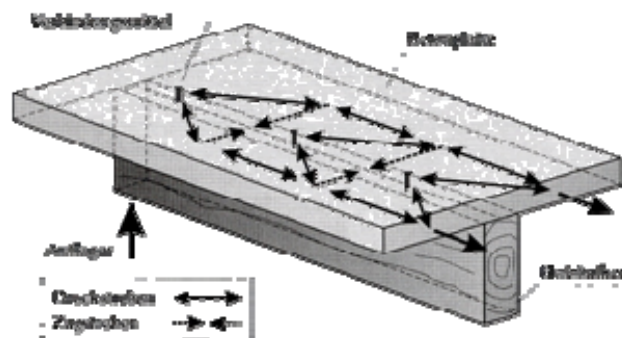
Dr. Alireza Fadai



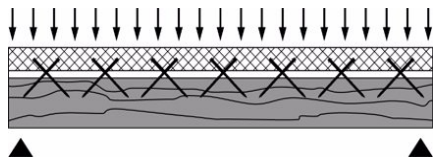


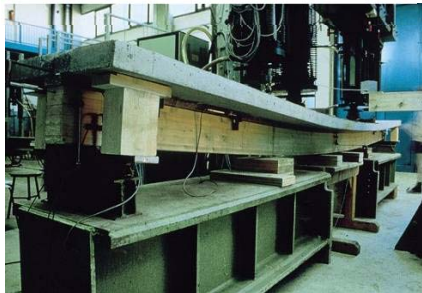
Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Institut für Architekturwissenschaften  
Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau  
o.Univ.-Prof. DDI Wolfgang Winter

## Aufbau von HBV - Anforderungen Beton




## Funktionsweise


- Beton wirkt als Druckplatte
- Holzbalken ist auf Zug beansprucht
- Schubkräfte werden über Geometrie oder Verbindungsmittel übertragen

Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen 

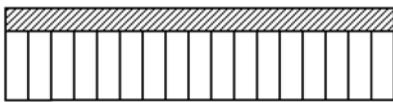
## Holz-Beton-Verbundsysteme

setzen sich aus Holzbalken oder einer Holzplatte und einer Betonschicht zusammen.



a)


a) Holzbalken - Beton - Verbunddecke



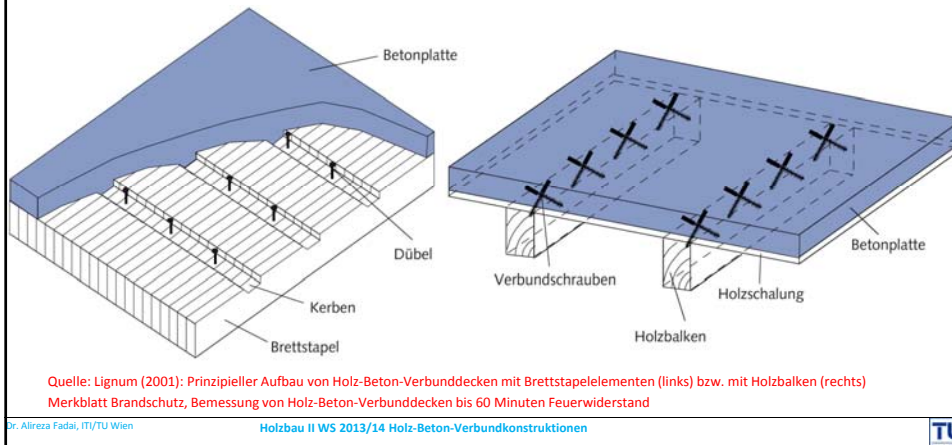
b)

b) Holzplatten - Beton - Verbunddecke

Quelle: Trummer, A.; Pock, K.: Holzbetonverbund Konstruktion - Bemessung – Überprüfung, <http://www.holz-tragwerk.at/backend/files/upload/download/org/1193341352.pdf> (stand: 07.01.2013)

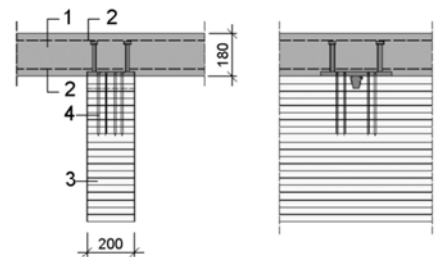
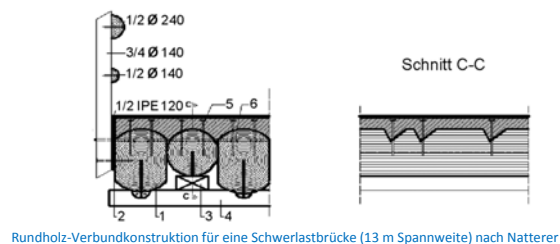
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen 

- Ab 1970 vermehrte Forschungstätigkeiten
  - Schubverbindungen
  - Berechnungsmethoden
- Brettstapel-Beton-Verbundkonstruktionen ab den 1990er Jahren populär  
→ Entwicklung des Systems mit Kerben von Prof. Natterer
- Inzwischen zahlreiche Arten an Verbindungsmitteln und Berechnungsmethoden



## HBV-Systeme

- Verbindungen mit Formschluss
- Verbindungen ohne Formschluss
  - Mechanische Verbindung
  - Geklebte Verbindung

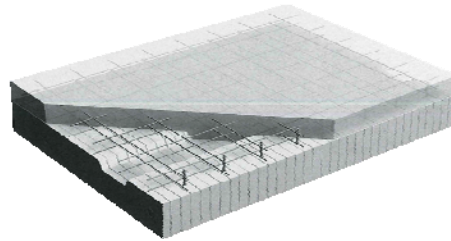
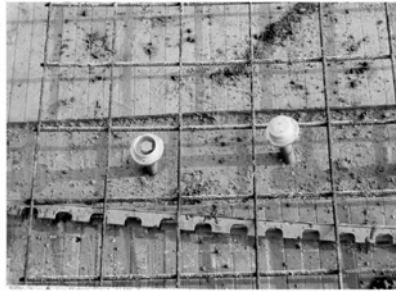


König, G., Holschemacher, K. und Dehn, F.: Holz-Beton-Verbund, Innovationen im Bauwesen, Beiträge aus Praxis und Wissenschaft, Bauwerk-Verlag, 2004  
Gerold, M.: Holzbrücken am Weg, Bruderverlag Karlsruhe, 2001  
Krattinger, M.: Crestawaldbrücke bei Sufers, Eine Verbindung mit der Zukunft, Mikado (1997) H. 9, S.50-54.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

## HBV-Systeme mit Formschluss

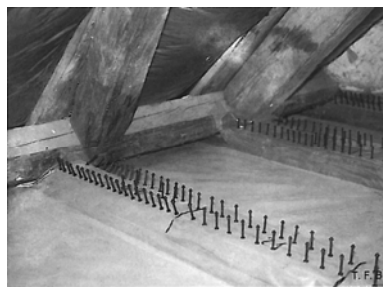
Kerven mit Holzbauschrauben



Kuhlmann U., Schänzlin J. (2004): Berechnung von Holz-Beton-Verbunddecken - Neuere Entwicklungen, Kolb J. (2010): Holzbau mit System

## HBV-Systeme - Mechanische Verbindung

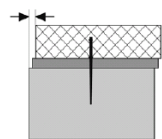
SFS Verbundschraube



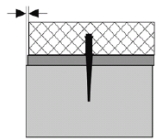
Stadler Verbundelement VB-48-6,5x100 mm, 1990



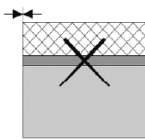
SFS Verbundelement VB-48-7,5x100 mm, gekreuzt, ab 1993



Verbundelement senkrecht kleiner Durchmesser



Verbundelement senkrecht grosser Durchmesser



Verbundelement geneigt  $\pm 45^\circ$  (45°/135°) kleiner Durchmesser



## HBV-Systeme - Mechanische Verbindung

**Betonplatte**  
**evtl. Schalung**  
**VB-Befestiger**  
**Holzträger**

- Holzbalken
- Holzplatte
- Brettstapel

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien      Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen      TU

## Schubübertragung System VB

Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien      Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen      TU

## Holz-Beton-Verbundsystem VB

Systemsicherheit durch gekreuzte Anordnung der Verbinder.

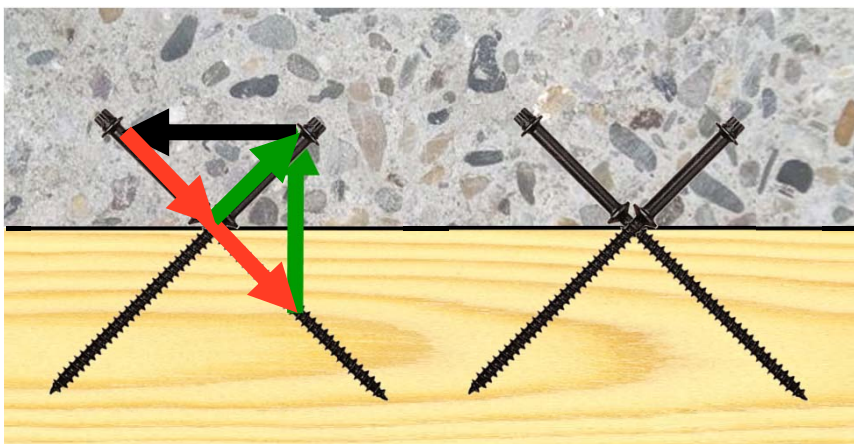


Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Wirkungsweise Holzbetonverbunddecke

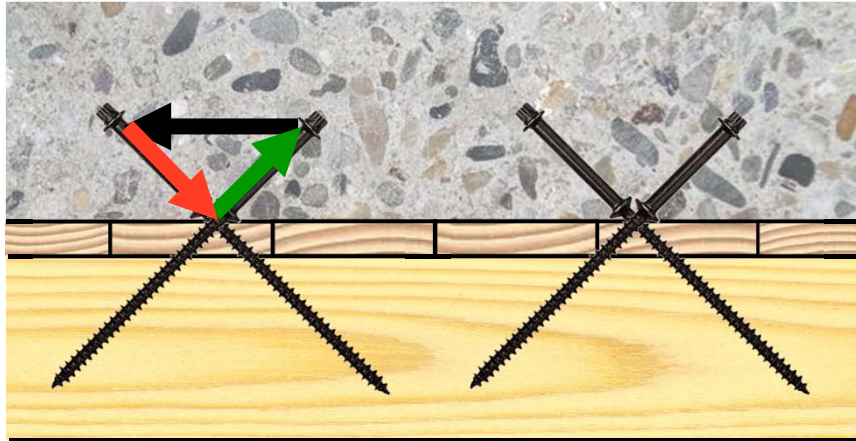


Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Wirkungsweise Holzbetonverbunddecke mit Schalung als Zwischenschicht



Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Einsatzbereiche

- Altbausanierung
- Dachgeschossausbauten (Erdbebennachweis)
- Verstärkung von Holzbalkendecken auch für grosse Spannweiten
- Gebäudeaufstockung
- Lastverteilende Decke für das Dachgeschoss
- Neubauten: hochtragfähige Holz-Beton-Verbund-Strukturen

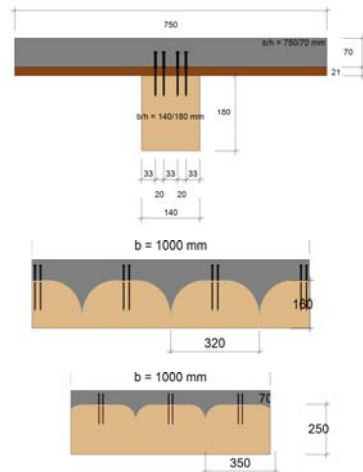
Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Deckentypen



- Tramdecke:
- Schalung obenliegend
  - Schalung abgesetzt
  - Schalung eingetütet

Dippelbaumdecke

Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

## Dippelbaumdecke



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

**1. Kontrolle der Bausubstanz**

Fundamente, Auflager und bestehende Holzdecke prüfen, schadhafte Teile ersetzen.

**2. Berechnung**

u. a. mit der Systemsoftware berechnen.

**3. Vorbereitung und Setzvorgang**

PE-Folie auf Schalung auslegen und die VB-Verbundelemente gemäss der statischen Berechnung in gekreuzter Anordnung setzen.



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Wenige Schritte zum Ziel

**4. Bewehren und betonieren**

Erforderliche Bewehrung verlegen, Beton einbringen und verdichten, Oberfläche abziehen.

**5. Innenausbau**

Auf der trockenen Betondecke kann der weitere Bodenaufbau erfolgen.



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## Weiterentwicklung System VB

- Zulassung/Technische Grenzen
- Software [www.ancon.at](http://www.ancon.at)



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Verbesserung Befestiger



- Leistungssteigerung je nach Schalungsdicke 9 % bis 71 %
- Länge 100, wenn keine/dünne Schalung und/oder bei dünnen Balken (wo Länge 165 zu lang)
- Länge 165 ab 20 mm Schalungsdicke und wenn höchste Leistungsfähigkeit gefordert

Schubtragfähigkeit  $T_k$  für ein Paar VB in kN

Schalung	Schubtragfähigkeit $T_k$ für ein Paar VB in kN		Steigerung
	L = 100	L = 165	
0 mm	16,6	18,1	9 %
10 mm	14,6	18,1	24 %
20 mm	12,6	18,1	44 %
30 mm	10,6	18,1	71 %
40 mm	-	17,1	
50 mm	-	15,1	

Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## Neue Zulassung - Neue Möglichkeiten

- Leistungssteigerung durch neue Befestigerlänge
- Brettsperrholz
- Mehrfeldträger
- Nutzungsklasse 2
- Reduzierter Zwischenabstand bei 2 gekreuzten Paaren nebeneinander, Anordnung in Querrichtung abwechselnd
- Zwischenlage max. 50 mm dick



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

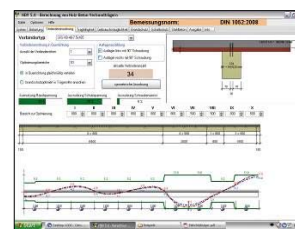
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Software

- Bisher:
  - Alle wichtigen Nachweise für Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit
- Neu zusätzlich:
  - Befestigerlänge 165 mm
  - neue Systemgrenzen (Mehrfeldträger, etc.)
  - Brandschutzbemessung
  - Schallschutzbemessung



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



Nordbahnstrasse 50, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



Nordbahnstrasse 50, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

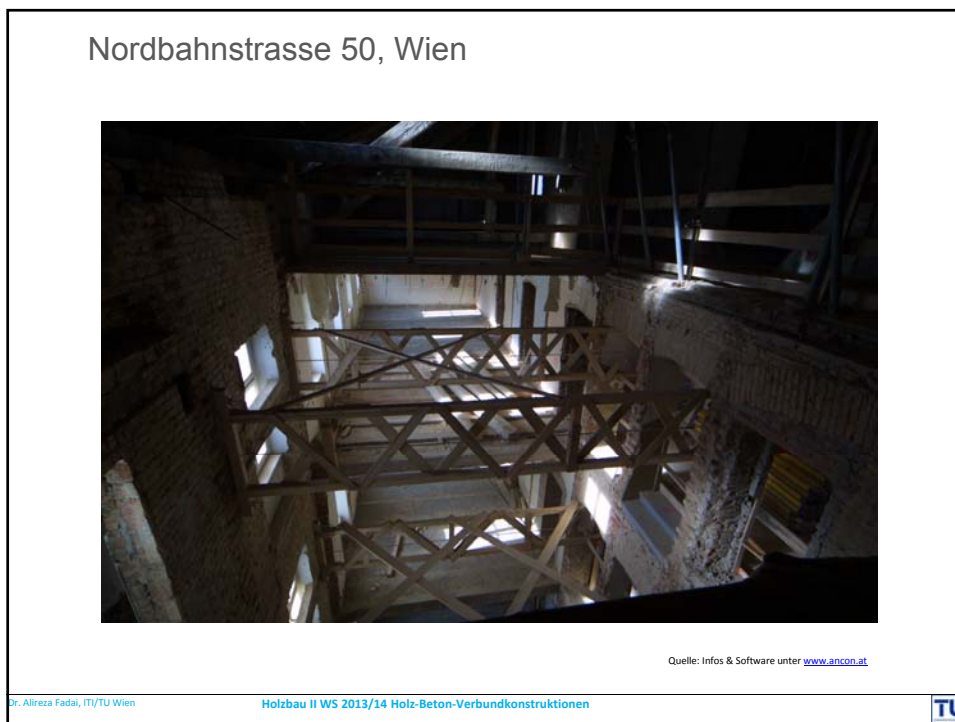


Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





### FH Francisco Josefinum, Wieselburg



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Palais Coburg, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## Wagramerstrasse, Wien

- Tragwerk: KLH-Elemente mit 10cm Aufbeton, hauptsächlich als 3-Feld-Träger ausgeführt.
- Anzahl VB: 70.000 Stk.
- Type: 7,5x100mm
- Statik: RWT+ Wien
- Konstruktiver Wohnbau mit Holzelementen.  
6 Geschosse



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Wagramerstrasse, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





### Wagramerstrasse, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Wagramerstrasse, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Wagramerstrasse, Wien



Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

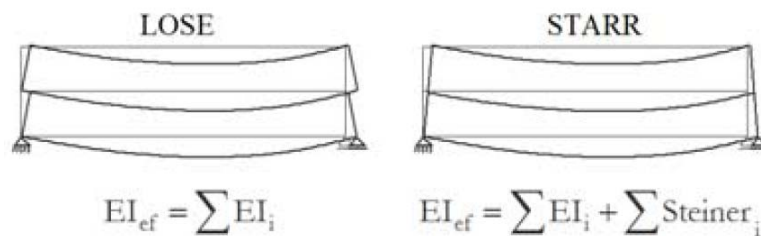
Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Zwischen dem **lose** übereinander gelagerten und dem **starr** verleimten mehrteiligen Biegeträger herrscht hinsichtlich des Tragverhaltens ein extremer Unterschied. Sind die Einzelquerschnitte vernagelt oder durch andere mechanische Verbindungsmittel **schubweich** verbunden, nennt man bei entsprechender Beanspruchung das Gesamtsystem einen **nachgiebig verbundenen Biegeträger**. Sein Tragverhalten liegt zwischen den dargelegten Extremen.



Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## HBV-Systeme

$\tau$   $\sigma_f$   $\gamma = 0$   $I_{\text{eff}} = \frac{b h^3}{6}$

$\delta_2$

$2h$   $\delta_1 = 0$   $\gamma = 1$   $I = 4 \frac{b h^3}{6}$

$h$   $h$   $a_1$   $\delta_3 < \delta_2$   $0 < \gamma < 1$   $I_{\text{eff}} = \Sigma I_i + \gamma \Sigma a_i^2 A_i$

Kuhlmann U., Schänzlin J. (2004): Berechnung von Holz-Beton-Verbunddecken - Neuere Entwicklungen

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## Bemessung der zusammengesetzten Querschnitte nach ÖNormEN 1995-1-1 (EC 5)

### Beispiel

Institut für Architekturwissenschaften  
 Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau  
 o.Univ.Prof. DOI Wolfgang Wirtler

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## Eurocode 5 -1: Vorschläge zur Bemessung von nachgiebig verbundenen Querschnitten

### Das $\gamma$ -Verfahren

Gemeinsam mit den Zulassungsunterlagen des Verbindungsmittelhersteller ist es möglich Aussagen zum Verhalten des Bauteils zum Zeitpunkt  $t = 0$  und zum Zeitpunkt  $t = \infty$  zu machen.

Zur Ermittlung des Tragverhaltens wird in diesem Näherungsverfahren, ausgehend von der ideellen Steifigkeit des starren Verbundes, eine wirksame Steifigkeit des elastischen Verbundes durch Abminderung des Steineranteiles des Trägheitsmomentes mit dem Nachgiebigkeitsfaktor  $\gamma$  zugrunde gelegt.

Der Faktor  $\gamma$  beinhaltet das Verhältnis der Biegesteifigkeit des anzuschließenden Bauteils und die Federsteifigkeit des Verbindungsmittels.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

In der Holzbaubemessung wird zur Ermittlung der wirksamen Biegesteifigkeit das  $\gamma$ -Nährungs-Verfahren verwendet.

$\gamma$  ist hierbei der Abminderungsbeiwert für den steinerschen Biegesteifigkeitsanteil und resultiert aus der geschlossenen Lösung eines das Tragverhalten beschreibenden Differentialgleichungssystems.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

DGL I:  $\frac{d^2(-E_i A_i \varepsilon_i(x))}{dx^2} = k_{i,i+1} \cdot (a_{i,i+1} \cdot w''(x) - \varepsilon_i(x) + \varepsilon_{i+1}(x)) - k_{i-1,i} \cdot (a_{i-1,i} \cdot w''(x) - \varepsilon_{i-1}(x) + \varepsilon_i(x))$

DGL II:  $-M(x) = \sum_{i=1}^n EI_i \cdot w''(x) + \sum_{i=1}^n E_i A_i \cdot \varepsilon_i(x) \cdot a_i$

mit:

- $k$  =  $K/s$  = Fugensteifigkeit
- $w$  = Durchbiegung
- $\varepsilon$  = Einzelquerschnittsdehnung
- $M$  = äußeres Moment

W. Schelling: Zur Berechnung nachgiebig zusammengesetzter Biegeträger aus beliebigen Einzelquerschnitten. In: Ingenieurholzbau in Forschung und Praxis, Brüderverlag, Karlsruhe, 1982

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien
Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen
TU

## Bemessungsmethoden elastischer Verbund

Gamma Verfahren nach  
ÖNormEN 1995-1-1 Anhang B  
Nachgiebig verbundene Biegestäbe

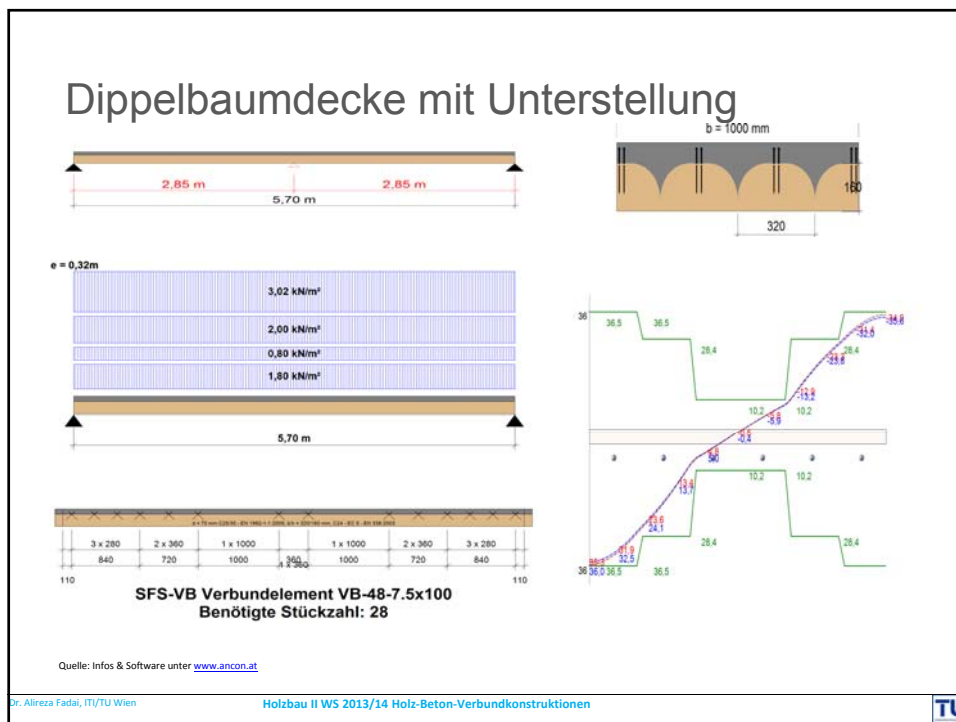
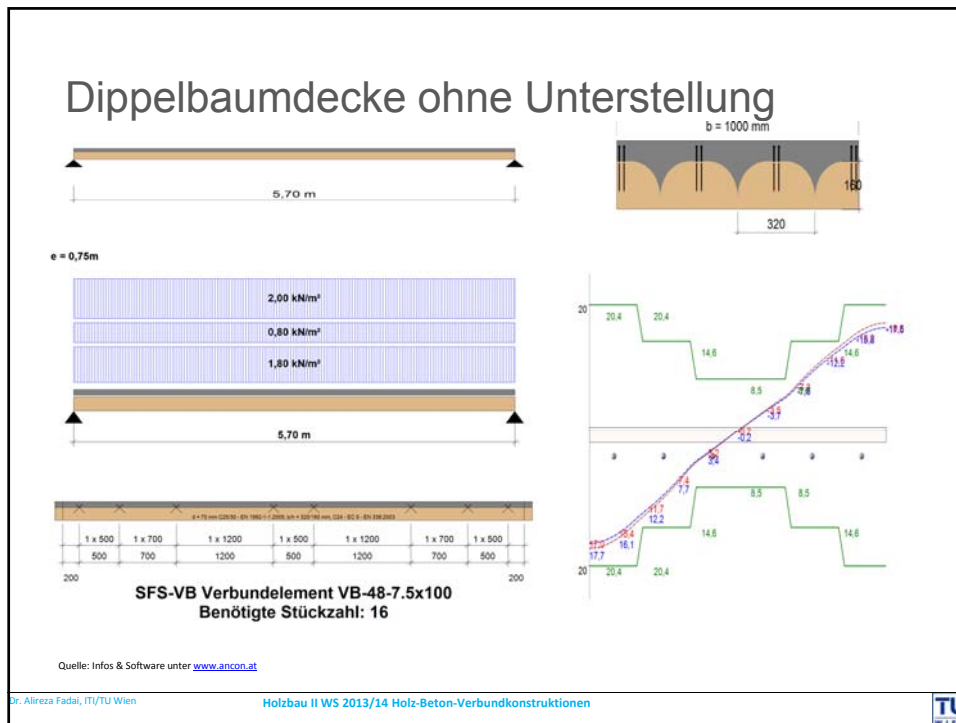
**SFS-VB Verbundelement VB-48-7.5x100**  
Benötigte Stückzahl: 28

Differenzialgleichung elast. Verbund

**SFS-VB Verbundelement VB-48-7.5x100**  
Benötigte Stückzahl: 16

Quelle: Infos & Software unter [www.ancon.at](http://www.ancon.at)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien
Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen
TU





## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Die  $\gamma$ -Nährungs-Methode hat ihren Namen von der Hilfsgrösse  $\gamma$  in der Eurocode 5, in der sie als vereinfachte Methode der Berechnung von Holz-Holz Verbundtragwerken festgeschrieben ist.

Diese Berechnungsmethode kann - durch Einsetzen der entsprechenden Materialkenngrößen - für die Berechnung von Holz-Beton-Verbundtragwerken verwendet werden.

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Die  $\gamma$ -Nährungs-Methode - Die Voraussetzung für deren Verwendung sind:

1. Belastung des Tragwerkes durch gleichmäßig verteilte Last
2. keine Querschnittsänderungen über die ganze Spannweite (Aussparungen, Ausschnitte für Treppen, ungleiche Dicke der Betonplatte etc.)

Die  $\gamma$ -Methode beruht auf der Annahme einer sinusförmigen Last auf den homogenen Einfeldträger.

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Die Eurocode 5 sieht auch die Anwendung der **γ-Methode** für Durchlaufträger und Kragarme vor.

Die Spannweite - von der die Verbundquerschnitte abhängig sind - wird dann zu 0.8 x der größten Spannweite im Mehrfeldsystem angenommen.

Die wesentliche Vereinfachung dieser Methode gegenüber der Wirklichkeit ist die Annahme über die Spannweite konstanter Querschnittswerte.

Die **γ-Nährungs-Methode** liefert Näherungsergebnisse auf der **sicheren Seite**, vorausgesetzt, dass die in der Eurocode 5 beschriebenen Bedingungen eingehalten werden.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Vereinfachte Berechnungsmethode (γ-Verfahren)

Für Einfeldträger unter gleichmäßig verteilter Belastung oder unter mehreren Einzellasten mit zweiteiligem einachsensymmetrischem Verbundquerschnitt gemäss Bild 4 dürfen die Schnittgrössen mit der vereinfachten Berechnungsmethode (γ-Verfahren) ermittelt werden.

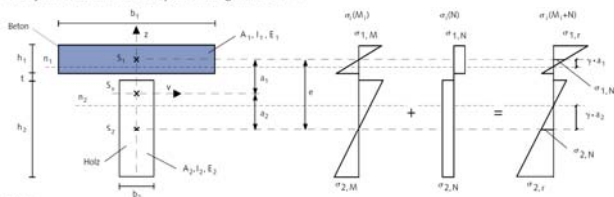


Bild 4 Spannungsverteilung für den zweiteiligen Verbundquerschnitt

Die wirksame Biegesteifigkeit darf wie folgt berechnet werden:

$$EI_{ef} = E_2 \cdot I_{ef} = E_2 \cdot \left( n \cdot I_1 + I_2 + \gamma \cdot \frac{n \cdot A_1 \cdot A_2}{n \cdot A_1 + A_2} \cdot e^2 \right) \quad (9)$$

Mit

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{n^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot \bar{a}_1}{K/s \cdot I_1^2 \cdot e}} \quad e = \frac{h_1}{2} + t + \frac{h_2}{2} \quad (10)$$

$$\bar{a}_1 = \frac{A_2 \cdot e}{n \cdot A_1 + A_2} \quad \bar{a}_2 = \frac{n \cdot A_1 \cdot e}{n \cdot A_1 + A_2} \quad (11)$$

- K/s Steifigkeit der Verbundfuge
- K Verschiebungsmodul der Verbindungsmittel
- s Abstand zwischen den Verbindungsmitteln
- l Stützweite des Verbundträgers
- n Wertigkeit:  $n = E_1/E_2$
- E E-Modul der Teilschnitte
- A Fläche der Teilschnitte
- I Trägheitsmoment der Teilschnitte
- S<sub>i</sub> Schwerpunkt der Teilschnitte

Die Bemessungswerte der Normalspannungen gemäss Bild 4 werden folgendermassen berechnet:

$$\sigma_{1,N,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} \cdot n \cdot \gamma \cdot \bar{a}_1 \quad \sigma_{1,M,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} \cdot n \cdot \frac{h_1}{2} \quad (12)$$

$$\sigma_{2,N,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} \cdot \gamma \cdot \bar{a}_2 \quad \sigma_{2,M,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} \cdot \frac{h_2}{2} \quad (13)$$

Quelle: Merkblatt Brandschutz Deckensysteme Holz-Beton-Verbund mit 60 Minuten Feuerwiderstand © 2001 by Lignum Schweizerische Holzwirtschaftskonferenz, Zürich

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



Die grössten Schubspannungen der Teilquerschnitte ergeben sich jeweils in der Spannungsnullebene. Der Bemessungswert der grössten Schubspannung im Holzquerschnitt ergibt sich zu:

$$\tau_{2,d,max} = \frac{V_d}{2 \cdot I_{ef}} \cdot \left( \gamma \cdot a_2 + \frac{h_2}{2} \right)^2 \quad (14)$$

Der Bemessungswert des Schubflusses  $t_d$  und der daraus resultierende Bemessungswert der Beanspruchung  $T_d$  des Verbindungsmittels lassen sich wie folgt berechnen:

$$t_d = V_d \cdot \frac{n \cdot \gamma \cdot a_1 \cdot A_1}{I_{ef}} \quad T_d = t_d \cdot s \quad (15)$$

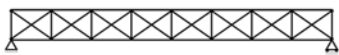
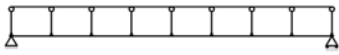
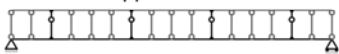
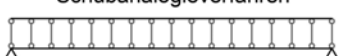
Werden die Verbindungsmittelabstände entsprechend der Querkraftlinie zwischen  $s_{min}$  und  $s_{max}$  abgestuft, darf für die Berechnung der wirksamen Biegesteifigkeit der folgende effektive Verbindungsmittelabstand  $s_{ef}$  verwendet werden:

$$s_{ef} = 0.75 \cdot s_{min} + 0.25 \cdot s_{max} \quad \text{mit} \quad s_{max} \leq 4 \cdot s_{min} \quad (16)$$

Quelle: Merkblatt Brandschutz Deckensysteme Holz-Beton-Verbund mit 60 Minuten Feuerwiderstand © 2001 by Lignum Schweizerische Holzwirtschaftskonferenz, Zürich

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

## Stabwerksmodelle

System	Literatur	Berücksichtigung der Steifigkeit der Verbindungsmittel als
Fachwerk 	[Kneidl, Hartmann 1995]	Dehn- bzw. Federsteifigkeit der Diagonalen
Vierendelrahmen 	[Bergfelder 1974]	fiktives Trägheitsmoment der Pfosten
Koppelstabwerk 	[Rautenstrauch u. a. 2004]	fiktives Trägheitsmoment der Kragarme mit Endgelenk in der Verbundfuge
Schubanalogieverfahren 	[Kreuzinger 1999]	Anteil an der Schubsteifigkeit eines Teilträgers (Gurtstab)

**Schubanalogie, nach DIN EN 1995-1-1/NA Abs.5.6**

Quelle: Simon, A.: (2008): Analyse zum Trag- und Verformungsverhalten von Straßenbrücken in Holz-Beton-Verbundbauweise

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

## Bemessungsbeispiel

eine einachsig gespannte Brettstapel-Beton-Verbunddecke mit den Abmessungen  $h_b/h_{st} = 10/18$  cm mit einer Spannweite von  $l = 6,80$  m

Zur Herstellung des Schubverbundes wurden jeweils drei Schubverbundelemente je Auflager angeordnet, wobei es sich dabei entweder um Flachstahlschlösser nach Zulassung Z-9.1-473 oder Kerbverbindungen handeln sollte.

Der Verschiebungsmodul wurde aufgrund mangelnder Forschungsergebnisse mit  $K_s = 539$  kN/mm angenommen.

Quelle: GROSSE, M., HARTNACK, R., LEHMANN, ST. Und RAUTENSTRAUCH, K.: Modellierung von diskontinuierlich verbundenen Holz-Beton-Verbunddecken. Teil 1: Kurzzeitverhalten. In: Bautechnik 80 (2003), Heft 8. Berlin: Ernst & Sohn Verlag.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## Bemessungsbeispiel

— Schnittgröße nach Stabwerksmodell  
— Schnittgröße nach  $\gamma$ -Verfahren  
— prozentuale Abweichung

$$\text{Abweichung}(x) = \frac{F_{\text{Stab}}(x) - F_{\gamma}(x)}{F_{\gamma}(x)} \cdot 100 \%$$

a) Betrag der Normalkraft in den Teilquerschnitten

b) Moment im Beton

c) Moment im Brettstapel

Quelle: GROSSE, M., HARTNACK, R., LEHMANN, ST. Und RAUTENSTRAUCH, K.: Modellierung von diskontinuierlich verbundenen Holz-Beton-Verbunddecken. Teil 1: Kurzzeitverhalten. In: Bautechnik 80 (2003), Heft 8. Berlin: Ernst & Sohn Verlag.

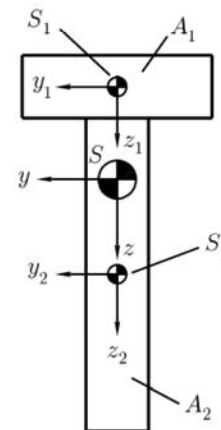
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Wie bestimmt man das Flächenträgheitsmoment eines zusammengesetzten Körpers?

1. Schwerpunktlage bestimmen:  $\bar{z}_S = \frac{\sum \bar{z}_i A_i}{\sum A_i}$
2. (y,z)-Koordinatensystem in den Schwerpunkt legen
3. Flächenträgheitsmomente der einzelnen Teilflächen **bezogen auf den Gesamtschwerpunkt** bestimmen (Satz von STEINER)
4. Addieren



RWTH Aachen, Inst. f. allg. Mechanik: [http://www4.lam.rwth-aachen.de/Lehre/SS-09/Mechanik-Prof-Schmidt/Festigkeitslehre\\_6.pdf](http://www4.lam.rwth-aachen.de/Lehre/SS-09/Mechanik-Prof-Schmidt/Festigkeitslehre_6.pdf)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

TU

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

$$I_y = I_{y_i} + z_{S_i}^2 A_i$$

(Satz von STEINER)

Flächenträgheitsmoment der Teilfläche, Bezogen auf ihr lokales KOS

„STEINER-Anteil“

→ für den gesamten Querschnitt

$$I_y = \sum (I_{y_i} + z_{S_i}^2 A_i)$$

RWTH Aachen, Inst. f. allg. Mechanik: [http://www4.lam.rwth-aachen.de/Lehre/SS-09/Mechanik-Prof-Schmidt/Festigkeitslehre\\_6.pdf](http://www4.lam.rwth-aachen.de/Lehre/SS-09/Mechanik-Prof-Schmidt/Festigkeitslehre_6.pdf)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

TU

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Vorgehensweise bei zusammengesetzten Querschnitten:

Bestimmung des **Schwerpunktkoordinatensystems** in einem Querschnitt aus Elementen, deren Schwerpunkte nicht in einem Punkt zusammenfallen:

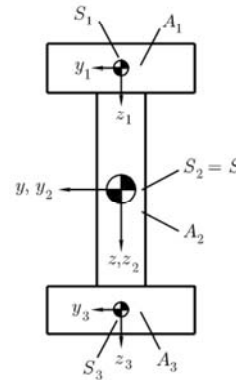
$$\text{Y-Richtung} \quad \bar{y}_S = \frac{\sum \bar{y}_i A_i}{\sum A_i}$$

$$\text{Z-Richtung} \quad \bar{z}_S = \frac{\sum \bar{z}_i A_i}{\sum A_i}$$

Bestimmung der **Flächenträgheitsmomente** aus dem **Satz von STEINER**:

$$\text{Y-Richtung} \quad I_y = \sum (I_{y_i} + z_{S_i}^2 A_i)$$

$$\text{Z-Richtung} \quad I_z = \sum (I_{z_i} + y_{S_i}^2 A_i)$$



RWTH Aachen: Inst. f. allg. Mechanik: [http://www4.lam.rwth-aachen.de/Lehre/SS-09/Mechanik-Prof-Schmidt/Festigkeitslehre\\_6.pdf](http://www4.lam.rwth-aachen.de/Lehre/SS-09/Mechanik-Prof-Schmidt/Festigkeitslehre_6.pdf)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Um die Beanspruchungen in solchen nachgiebig verbundenen Biegeträger zu berechnen, bedient man sich der **wirksamen Biegesteifigkeit des Gesamtquerschnitts**. Diese wirksame Biegesteifigkeit eines nachgiebig verbundenen Biegeträgers ist nicht mehr unabhängig vom statischen System und der Belastung, die auf das System einwirkt.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

### 9.1.3 Nachgiebig verbundene Biegestäbe

- (1) P Wenn der Querschnitt eines tragenden Bauteiles aus mehreren Teilen mit Hilfe von mechanischen Verbindungsmitteln zusammengesetzt ist, ist der Einfluss der Nachgiebigkeit in den Verbindungen zu berücksichtigen.
- (2) Für Berechnungen ist in der Regel eine geradlinige Beziehung zwischen Kräften und Verformungen anzunehmen.
- (3) Wenn der Verbindungsmittelabstand in Längsrichtung gemäß dem Schubkraftverlauf zwischen  $s_{\min}$  und  $s_{\max}$  ( $\leq 4 s_{\min}$ ) abgestuft wird, darf ein effektiver Verbindungsmittelabstand  $s_{\text{ef}}$  wie folgt angesetzt werden:

$$s_{\text{ef}} = 0,75s_{\min} + 0,25s_{\max} \quad (9.17)$$

#### ANMERKUNG

Ein Verfahren zur Berechnung der Tragfähigkeit nachgiebig zusammengesetzter Biegestäbe enthält der Anhang B (informativ).

EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 (D)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

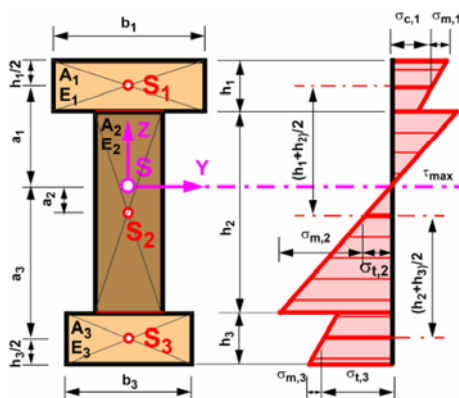
Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

TU  
WIEN

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

### Spannungsverteilung über den QS für einen allgemeinen 3S- Querschnitt



### Nachweis der Randspannung:

$$\sigma_{c,i,d} + \sigma_{i,m,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{t,i,d} + \sigma_{i,m,d} \leq f_{m,d}$$

### Nachweis der SP-Spannung:

$$\sigma_{c,i,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{t,i,d} \leq f_{t,0,d}$$

### Abstand der Verbindungsmittel in der Verbundfuge:

$$s_{\text{ef}} = 0,75 \cdot s_{\min} + 0,25 \cdot s_{\max}$$

$$s_{\max} \leq 4 \cdot s_{\min}$$

GL (9.1)

GL (9.2)

GL (9.3)

GL (9.4)

9.1.3(3)

GL (9.17)

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. &amp; 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

TU  
WIEN

## Nachgiebig verbundene Biegestäbe: Anhang B

Anhang B

Effektive Biegesteifigkeit des nachgiebigen Querschnitts:

$$K_{\text{eff}} = (E \cdot J)_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot J_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2)$$

GL. (B.1)

$$A_i = b_i \cdot h_i \quad J_i = \frac{b_i \cdot h_i^3}{12} \quad \text{Für T-Querschnitt gilt: } h_3 = 0$$

GL. (B.2)

GL. (B.3)

$\gamma$ -Ziffer: Reduktionsfaktor für den Steineranteil:

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{K_1 \cdot I^2}} \quad \gamma_2 = 1 \quad \gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot s_3}{K_3 \cdot I^2}}$$

GL. (B.4)

GL. (B.5)

$$K_i = K_{\text{ser},i} \quad \text{für Rechnungen im SLS}$$

$$K_i = K_{\text{u},i} \quad \text{für Rechnungen im ULS}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Lintz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

Bei der Berechnung von  $\gamma$  wird durch die konstante Fugensteifigkeit  $k$  eine elastische Schubkraftübertragung in der Verbindungsmittelfuge zugrunde gelegt.

Mechanische Verbindungsmittel sind aber in Realität nicht ideal elastisch, sondern haben eine nichtlineare Kraft-Verformungs-Kurve. Für die Bemessung werden sie unter Verwendung der zum Gebrauchslastniveau gehörenden Verschiebung linearisiert. Diese werden nur für Verformungsprognosen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit den Bemessungen zugrunde gelegt.

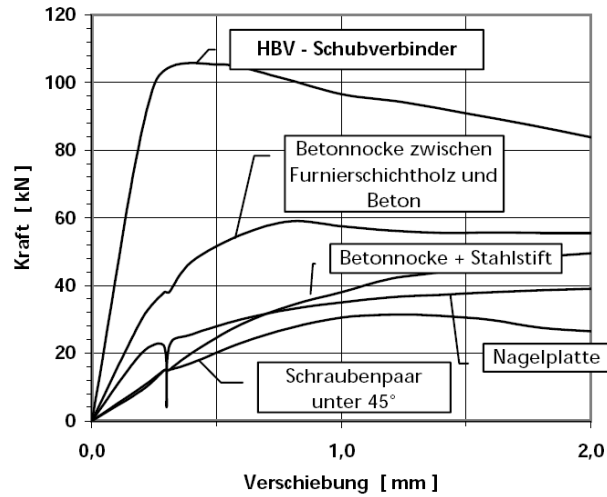
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## HBV-Systeme

Die HBV-Systeme unterscheiden sich in der Steifigkeit und in den Herstellungskosten



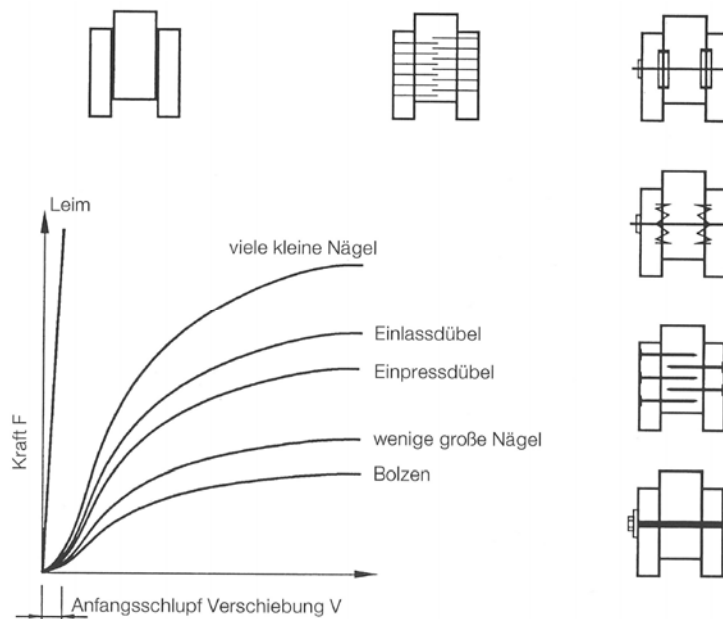
HBV-System TiComTec, DE- Haibach

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzba II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Grundlagen



Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzba II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

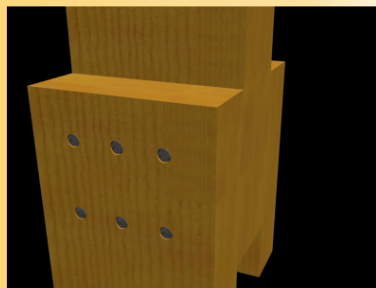


## Grundlagen

### Nachgiebige Verbindungen

#### Ursachen der Nachgiebigkeit

- Lastunabhängige Anfangsverformung (Schlupf) z. B. bei Bolzen
- Lastabhängigen Verformungen (elastische und plastische Verformungen im Holz und den Verbindungsmitteln)



Animation: F. Colling / K. Riedel

<http://www.holzbau-kompetenzentren.de>

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



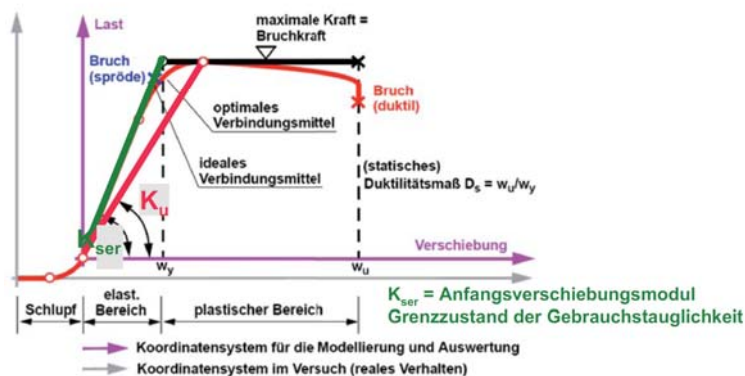
## Grenzzustand der Tragfähigkeit

(2) Der **Verschiebungsmodul** einer Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit,  $K_u$ , ist in der Regel anzunehmen mit:

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$$

2.2.2 (2)

Gl. (2.1)



Verschiebungsmodul  $K_{ser}$  und  $K_u$ ; prinzipielle Darstellung am Beispiel einer idealisierten Kraft-Verschiebungskurve eines Verbindungsmittels

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Nachgiebig verbundene Biegestäbe

9.1.3

### Verschiebungsmodul

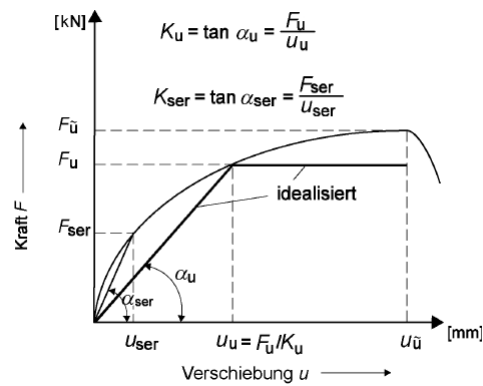
Dem höheren Bemessungsniveau im Grenzzustand der Tragfähigkeit entgegenkommend und zugunsten der Sicherheiten in den verbundenen Bauteilen, wird pauschal der Verschiebungsmodul um ein Drittel abgemindert.

$F$  Kraft pro Scherfuge

$u$  gegenseitige Verschiebung

$K_{ser}$  Verschiebungsmodul für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

$K_u$  Verschiebungsmodul für den Nachweis der Tragfähigkeit



$$K_{u,mean} = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$$

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Verschiebungsmodul

$K_{ser}$  Verschiebungsmodul für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Verbindungsmittel	Verbindung Holz-Holz, Holz-Holzwerkstoff, Stahl-Holz
<b>Stiftförmige metallische Verbindungsmittel</b>	
Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen <sup>3)</sup>	$\rho_k^{1,5} \cdot d / 20$
Nägeln und Holzschrauben in vorgebohrten Löchern	$\rho_k^{1,5} \cdot d^{0,8} / 25$
Nägeln und Holzschrauben in nicht vorgebohrten Löchern <sup>4)</sup>	$\rho_k^{1,5} \cdot d^{0,8} / 60$
<b>Dübel besonderer Bauart</b>	
Ringdübel Typ A1, Scheibendübel Typ B1	$0,6 \cdot d_c \cdot \rho_k$
Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 bis C5	$0,3 \cdot d_c \cdot \rho_k$
Scheibendübel mit Domen Typ C10, C11	$0,45 \cdot d_c \cdot \rho_k$

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## Nachgiebig verbundene Biegestäbe: Anhang B

Anhang B

**Abstände der Einzelquerschnittsschwerpunkte zum Gesamtschwerpunkt:**

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{2 \cdot \sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} \quad a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 \quad \text{GL. (B.6)}$$

$$a_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} + a_2$$

**Normalspannungen:**  $\sigma_{i,d} = \frac{\gamma_i \cdot E_i \cdot a_i}{(E \cdot J)_{ef}} \cdot M_d$   $\sigma_{m,i,d} = \frac{0,5 \cdot E_i \cdot h_i}{(E \cdot J)_{ef}} \cdot M_d$  GL. (B.7)  
GL. (B.8)

**Schubspannungen:**  $\tau_{2,max} = \frac{\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot \left(\frac{h_2}{2} + a_2\right)^2}{b_2 \cdot (E \cdot J)_{ef}} \cdot V_d$  GL. (B.9)

**Beanspruchung der Verbindungsmittel:**  $F_{i,d} = \frac{\gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i \cdot s_i}{(E \cdot J)_{ef}} \cdot V_d$   $i = 1 \text{ bzw. } 3$  GL. (B.10)

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

### 1 Verbundbalken – Langzeitverhalten: Nachweise (ULS/SLS)


**Schnitt A**  
180  
60  
80  
240


**Langzeitverhalten:**  
C 30  
 $b_1 = 180$   
 $b_2 = 80$   
 $h_1 = 60$   
 $h_2 = 240$   
 $l = 4500 \text{ mm}$   
 $p_d = 6,5 \text{ kN/m}$   
Vollgewindeschrauben:  $\varnothing 6/200 \text{ mm}$   
 $e_{max} = 70 \text{ mm}$   
 $e_{min} = 35 \text{ mm}$   
 $l/4$   
 $l/4$   
1113  
85

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU



		Nadelholz										Laubholz							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Festigkeitseigenschaften (in N/mm <sup>2</sup> )																			
Biegung	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Zug parallel	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Druck parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Druck rechtwinklig	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Schub	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Steifigkeitseigenschaften (in kN/mm <sup>2</sup> )																			
Mittelwert des Elastizitätsmoduls parallel	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5%-Quantil des Elastizitätsmoduls parallel	$E_{90,mean}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Mittelwert des Elastizitätsmoduls rechtwinklig	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Mittelwert des Schubmoduls	$G_{90,mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Rohdichte (in kg/m <sup>3</sup> )																			
Rohdichte	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Mittelwert der Rohdichte	$\rho_{k,mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
Anmerkungen:																			
1. Die oben angegebenen Werte für die Zug-, Druck- und Schubfestigkeit, das 5%-Quantil des Elastizitätsmoduls, der Mittelwert des Elastizitätsmoduls rechtwinklig zur Faserrichtung und der Mittelwert des Schubmoduls wurden mit den in Anhang A angegebenen Gleichungen berechnet.																			
2. Die tabellierten Eigenschaften gelten für Holz mit einem bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchtigkeit üblichen Feuchtegehalt.																			
3. Es kann sein, dass Bauholz der Klasse C45 und C50 nicht immer zur Verfügung steht.																			
EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz																			
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen 																			

Festigkeitsklasse		GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h	
Biegefestigkeit	$f_{m,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	24	28	32	36
Zugfestigkeit	$f_{t,0,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,5			
Druckfestigkeit	$f_{c,0,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	2,5			
Schubfestigkeit	$f_{v,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	3,0			
Rollschubfestigkeit	$f_{r,g,k}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	1,2			
	$E_{0,g,mean}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	11500	12500	13500	14500
Elastizitätsmodul	$E_{90,g,mean}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	300			
	$G_{g,mean}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	650			
Schubmodul	$G_{g,mean}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	650			
Rollschubmodul	$G_{r,g,mean}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	65			
Rohdichte	$\rho_{g,k}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	380	410	430	450
EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz						
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen 						

**2 Angabe zum Beispiel**

Vollholz C 30: Nutzungsklasse: NK 1


**(1) Tragwerke sind einer der nachstehend genannten Nutzungsklasse zuzuweisen:**

Nutzungs- klasse	Umgebungs-klima		Holz- feuchte der meisten Nadelhölzer	Tragwerks- bzw. Gebäudetyp
	Temperatur	rel. Luftfeuchte		
<b>1</b>	20 °C	≤ 65 %	≤ 12 %	Innenräume von Wohn-, Schul- und Verwaltungsbauten
<b>2</b>	20 °C	≤ 85 %	≤ 20 %	Innenräume von Nutzbauten [...] sowie überdachte Konstruktionen im Freien, deren Bauteile nicht der freien Be- witterung ausgesetzt sind (30° Regeneinfallswinkel!)
<b>3</b>	-	> 85 %	> 20 %	Bauteile im Freien mit konstruktivem Holzschutz

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

2.3.1.3 (1)  
[1]  
Tabelle 2  
[1]



**Klassen der Lasteinwirkungsdauer**

**(1)P [...] Für eine veränderliche Lasteinwirkung muss die angemessene Klasse der Lasteinwirkungsdauer aufgrund einer Abschätzung der Variation der Last mit der Zeit bestimmt werden.**

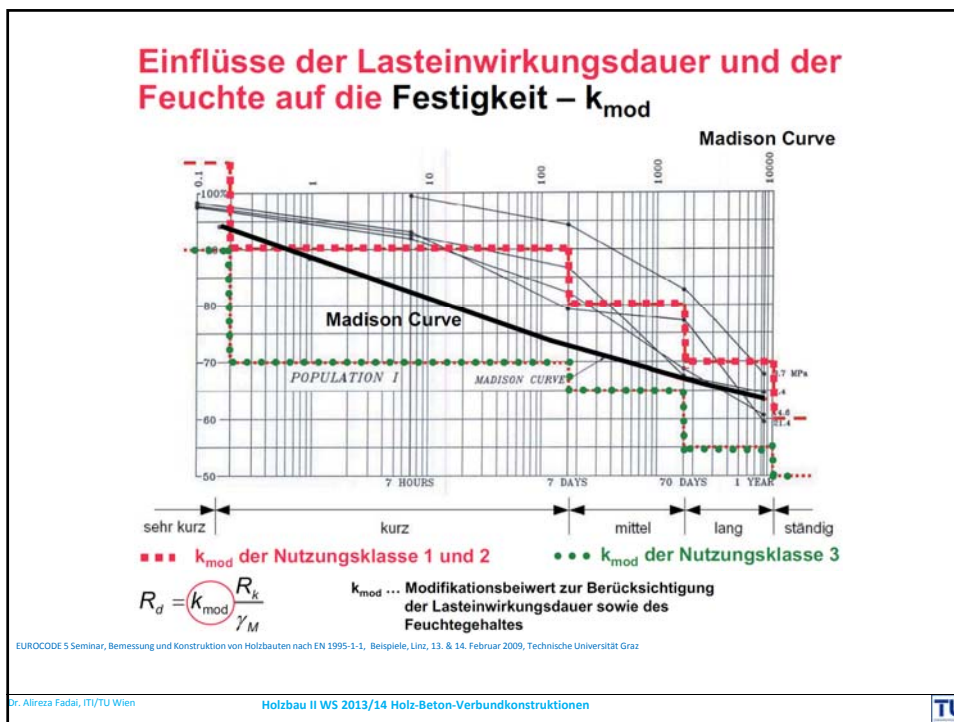
Klassen	Größenordnung	Beispiele
<b>ständig</b>	länger als 10 Jahre	Eigengewicht
<b>lang</b>	6 Monate bis 10 Jahre	Lagerstoffe
<b>mittel</b>	1 Woche bis 6 Monate	Nutzlasten, Schneelasten bei NN > 1000 m
<b>kurz</b>	kürzer als 1 Woche	Schneelasten bei NN ≤ 1000 m, Windlasten, bewegte Lasten (Turngeräte)
<b>sehr kurz</b>	-	außergewöhnliche Lasten, Anpralllasten, Erdbebenlasten

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

2.3.1.2 [1]  
Tabelle 2.1  
[1]  
+ Tabelle 1  
[2]





### Einflüsse der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte auf die Festigkeit – $k_{mod}$

(2) Besteht eine **Verbindung aus Holzteilen mit unterschiedlichem zeitabhängigen Verhalten**, dann ist in der Regel die Berechnung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit mit dem folgenden Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  durchzuführen:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$$

Beispiel:

Baustoff	Norm	NK	Klasse der Lasteinwirkungsdauer				
			ständig	lang	mittel	kurz	sehr kurz
BSH	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
OSB/3/4	EN 300	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10

2.3.2.1 (2) [1]  
  
 Gl. 2.6) [1]  
  
 aus Tabelle 3.1 [3]

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz  
 Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien      Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen      TU

### Vollgewindeschrauben Ø 6/200 mm mit einem Einschraubwinkel von $\alpha = 45^\circ$

**Bemessungswerte für  $k_{mod} = 0,80$**

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 30,0}{1,30} = 18,46 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 18,0}{1,30} = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 23,0}{1,30} = 14,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k} \cdot k_{cr}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 3,0}{1,30} \cdot \frac{2}{3} = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

$E_{0,mean} = 12000 \text{ N/mm}^2 \qquad E_{0,05} = 8000 \text{ N/mm}^2$

		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30
<b>Festigkeitsleistungen (in N/mm<sup>2</sup>)</b>									
Biegung	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30
Zug parallel	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18
Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Druck parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23
Druck rechtwinklig	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
Schub	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0
<b>Stoßfestigkeitsleistungen (in kN/mm<sup>2</sup>)</b>									
Mittelwert des	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11	12
5%-Quantil des	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0
Mittelwert des	$E_{0,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40
5%-Quantil des	$E_{0,05}$	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22
Mittelwert des	$G_{0,mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,68	0,72	0,75
5%-Quantil des	$G_{0,05}$	0,24	0,27	0,29	0,30	0,31	0,33	0,35	0,36
<b>Rohdichte (in kg/m<sup>3</sup>)</b>									
Rohdichte	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380
Mittelwert der Rohdichte	$\rho_{k,mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Lienz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

### 3 Einwirkungen

Eigengewicht:  $g_k = 1,5 \text{ kN/m}$ ; Nutzlast:  $p_k = 3,0 \text{ kN/m}$ ;  $\psi_2 = 0,3$

$$q_d = 1,35 \cdot g_k + 1,50 \cdot p_k = 1,35 \cdot 1,5 + 1,50 \cdot 3,0 = 6,50 \text{ kN/m}$$

### 4 Bemessungsschnittgrößen

$$M_d = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = \frac{6,5 \cdot 4,5^2}{8} = 16,45 \text{ kNm} \qquad V_d = \frac{q_d \cdot l}{2} = \frac{6,5 \cdot 4,5}{2} = 14,60 \text{ kN}$$

### 5 Verschiebungsmodul und Tragfähigkeit einer Schraube

#### 5.1 Effektive Gewindelänge der Vollgewindeschraube

$$l_1 = 60 \cdot \sqrt{2} = 85 \text{ mm} \qquad l_2 = 200 - 85 = 115 \text{ mm}$$

#### 5.2 Verschiebungsmodul $K_{ser}$ und $K_u$ eines Verbindungsmittels

$$K_{ser} = \frac{1120}{\frac{1}{l_1^{0,4}} + \frac{1}{l_2^{0,4}}} = \frac{1120}{\frac{1}{85^{0,4}} + \frac{1}{115^{0,4}}} \approx 3511 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad \text{lt. Zulassung}$$

$$K_{u,mean} = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 3511 \approx 2341 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Vollgewindeschrauben: Ø 6/200 mm  
 $e_{max} = 70 \text{ mm}$   
 $e_{min} = 35 \text{ mm}$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Lienz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## Werte für den Verschiebungsmodul $K_{ser}$

von stoffförmigen Verbindungsmitteln und Dübeln besonderer Bauart unter Gebrauchslast sind in EN 1995-1-1 pro Verbindungsmittel und Scherfuge\* wie folgt festgelegt:

Verbindungsmittel	$K_{ser}$ [in N/mm]
Stabdübel Bolzen mit oder ohne Lochspiel <sup>a</sup> Schrauben Nägel (vorgebohrt)	$\frac{\rho_m^{1,5} \cdot d}{23}$
Nägel (nicht vorgebohrt)	$\frac{\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8}}{30}$
Klammern	$\frac{\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8}}{80}$
Ringdübel Typ A nach EN 912 Scheibendübel Typ B nach EN 912	$\frac{\rho_m \cdot d_c}{2}$
Scheibendübel mit Zähnen: - Dübeltyp C1 bis C9 nach EN 912 bzw. - Dübeltyp C10 und C11 nach EN 912	$\frac{1,5 \cdot \rho_m \cdot d_c}{4}$ bzw. $\frac{\rho_m \cdot d_c}{2}$

<sup>a</sup> Das Lochspiel ist zusätzlich zu der Verschiebung hinzuzurechnen.

Dabei sind:  $K_{ser}$  Verschiebungsmodul im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit pro Verbindungsmittel und Scherfuge, in N/mm (\* unabhängig von n)  
 $\rho_m$  Mittelwert der Rohdichte, in kg/m<sup>3</sup>  
 d oder  $d_c$  Durchmesser des Verbindungsmittels, in mm

Tab. 7.1

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Lini, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Beispiel - Zulassung

#### 3.3 Bemessung nach DIN 1052: 2004-08 oder DIN V ENV 1995-1-1 (in Verbindung mit dem Nationalen Anwendungsdokument)

##### 3.3.1 Beanspruchung rechtwinklig zur Schaftrichtung

Als Schraubennennendurchmesser d darf bei der Bemessung nach DIN 1052:2004-08 oder DIN V ENV 1995-1-1:1994-06 der Gewindeaußendurchmesser  $d_i$  nach den Anlagen 1 bis 9 in Rechnung gestellt werden.

Für den charakteristischen Wert des Fließmoments der Schrauben gelten die in Tabelle 4 enthaltenen Werte.

Tabelle 4: Charakteristische Werte der Fließmomente  $M_{y,x}$

Schrauben-Durchmesser $d_i$	Charakteristische Werte der Fließmomente $M_{y,x}$
mm	Nmm
8,0	20000
10,0	30000
12,0	48000

Bei auf Abscheren beanspruchten Schrauben in den Schmalflächen von "KERTO-Q" sind die Lochleibungsfestigkeiten in den Schmalflächen mit einem Drittel der Lochleibungsfestigkeiten der Deckfläche anzunehmen.

##### 3.3.2 Beanspruchung in Schaftrichtung

Der charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes für unter einem Winkel  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  eingedrehte Schrauben darf mit:

$$R_{axx} = \frac{f_{t,k} \cdot d_i \cdot d_1}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha} \quad (\text{in N}) \quad (11)$$

in Rechnung gestellt werden mit

$$f_{t,k} = 80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \quad \text{in N/mm}^2 \quad (12)$$

Für unter einem Winkel  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  in die Deckflächen von "KERTO-Q" und "KERTO-Q" eingedrehte Schrauben ist  $f_{t,k}$  mit

$$f_{t,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{für } d_1 = 8 \text{ mm und} \quad (13)$$

$$f_{t,k} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \quad \text{in N/mm}^2 \quad \text{für } d_1 > 8 \text{ mm} \quad (14)$$



EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Lini, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





### 5.3 Bemessungswert der Ausziehtragfähigkeit eines VM

$$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{1,k} = 80 \cdot 10^6 \cdot \rho_k^2 = 80 \cdot 10^6 \cdot 380^2 = 11,55 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ax,k} = \frac{f_{1,k} \cdot l_{ef} \cdot d_1}{\frac{4}{3} \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \frac{11,55 \cdot 85 \cdot 6}{\frac{4}{3} \cdot (\cos 45^\circ)^2 + (\sin 45^\circ)^2} = 5049 \text{ N}$$

$$R_{a,d} = R_{ax,k} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 5049 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,80}{1,30} = 2197 \text{ N}$$

### 5.4 Effektiver Verbindungsmittelabstand

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} = 0,75 \cdot 35 + 0,25 \cdot 70 = 43,75 \text{ mm}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### 6.1 Beschreibung der einzelnen Systeme für den Anfangs- und Endzustand

#### • Modell 1

M1 beschreibt das Tragverhalten für ein System mit gleichem Langzeitverhalten der Einzelbauteile auf Basis der Mittelwerte der Steifigkeiten (EN 1995-1-1, 2.2.2(1)).

#### • Modell 2 (a) und (b)

M2 (a) beschreibt das Tragverhalten mit verschiedenen Langzeitverhalten der Einzelteile auf Basis der Mittelwerte der Steifigkeiten (ON EN 1995-1-1, 2.2.2(1)). M2 (b) spiegelt die in ON EN 1995-1-1 2.3.2.2(3) angeführte Verdoppelung von  $k_{def}$  für Verbindungen wider.

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## 2.2 Grundsätze der Bemessung nach Grenzzuständen

### 2.2.1 Allgemeines

(1)P Die Rechenmodelle für die verschiedenen Grenzzustände müssen, sofern erforderlich, Folgendes berücksichtigen:

- unterschiedliche Baustoffeigenschaften (z. B. Festigkeit und Steifigkeit);
- unterschiedliches zeitabhängiges Baustoffverhalten (Lasteinwirkungsdauer, Kriechen);
- unterschiedliche Klimabedingungen für die Baustoffe (Temperatur, Feuchtwechsel);
- unterschiedliche Bemessungssituationen (Bauzustand, Änderungen der Lagerungsbedingungen).

(3) Wenn eine Verbindung aus Holzbauteilen mit dem gleichen zeitabhängigen Verhalten besteht, sollte der Wert für  $k_{\text{def}}$  verdoppelt werden.

(4) Wenn eine Verbindung aus zwei holzhaltigen Baustoffen mit unterschiedlichem zeitabhängigen Verhalten besteht, dann sollte die Berechnung der Endverformung mit dem folgenden Verformungsbeiwert  $k_{\text{def}}$  durchgeführt werden:

$$k_{\text{def}} = 2 \sqrt{k_{\text{def},1} k_{\text{def},2}} \quad (2.13)$$

Dabei ist

$k_{\text{def},1}$  und  $k_{\text{def},2}$  als Verformungsbeiwerte für die beiden Holzteile.

EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 (D)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



- **Modell 3**

M3 spiegelt den Endzustand unter Berücksichtigung der minimalen Fugensteifigkeit nach ON B 1995-1-1 6.2.1 für die maximale Beanspruchung der Holzbauteile wider.

- **Modell 4 und 5**

M4 und M5 stellen Grenzwertbetrachtungen ohne  $k_{\text{def}}$  für Mittel- und 5 %-Fraktilwerte dar.

- **Modell 6 und 7**

M6 und M7 mit Teillasten: Ständige Lastanteile wirken am System mit kriechreduzierten Steifigkeiten, kurzfristige Lastanteile am System mit Kurzzeitsteifigkeiten.

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



**6.2 Nachweise für Querschnitte unter Spannungskombinationen**

**6.2.1 Allgemeines**

(1)P 6.2 gilt für tragende, gerade Produkte konstanten Querschnitts und im Wesentlichen parallel zur Längsachse verlaufenden Holzfasern aus Vollholz, Brettschichtholz oder Holzwerkstoffen. Es wird angenommen, dass das Bauteil Spannungen aus kombinierten Einwirkungen oder Spannungen in Richtung zweier oder dreier Hauptachsen des Baustoffs ausgesetzt ist.

EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 (D)

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

**Einflüsse der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte auf die Verformungen –  $k_{def}$**

- Verformungszunahme unter ständig wirkender Belastung = „**Kriechen**“ = Langzeiteinfluss
- Kriechverformungen steigen mit ansteigendem Spannungsniveau (Einfluss der Belastung)
- Berücksichtigung durch **Verformungsbeiwert  $k_{def}$**

Schematische Darstellung des viskoelastischen Verhaltens eines Materials – Kriechverformung  $u$  über Zeit  $t$

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

## Einflüsse der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte auf die Verformungen – $k_{\text{def}}$

(1) Wenn das Tragwerk aus Bauteilen [...] mit unterschiedlichen zeitabhängigen Eigenschaften besteht, sollten für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Endwerte der Mittelwerte der [...] Elastizitätsmoduln  $E_{\text{mean,fin}}$ , der Schubmoduln  $G_{\text{mean,fin}}$  und der Verschiebungsmoduln  $K_{\text{ser,fin}}$ , die auch zur Ermittlung der Endverformungen benutzt werden, nach folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

$$G_{\text{mean,fin}} = \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

$$K_{\text{ser,fin}} = \frac{K_{\text{ser}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

2.3.2.2

Gl. (2.7)

Gl. (2.8)

Gl. (2.9)

TU  
Graz

## Einflüsse der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte auf die Verformungen – $k_{\text{def}}$

(2) Wird die Verteilung der Schnittgrößen durch die Steifigkeitsverteilung im Tragwerk beeinflusst, sollten für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Endwerte der Mittelwerte der entsprechenden Elastizitätsmoduln  $E_{\text{mean,fin}}$ , der Schubmoduln  $G_{\text{mean,fin}}$  und der Verschiebungsmoduln  $K_{\text{ser,fin}}$  nach folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})}$$

$$G_{\text{mean,fin}} = \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})}$$

$$K_{\text{ser,fin}} = \frac{K_{\text{ser}}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

2.3.2.2 (1)  
[1]

Gl. (2.10)  
[1]

Gl. (2.11)  
[1]

Gl. (2.12)  
[1]

TU  
Graz

## Einflüsse der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte auf die Verformungen – $k_{def}$

**(4) Wenn eine Verbindung aus zwei holzhaltigen Baustoffen mit unterschiedlichen zeitabhängigen Verhalten besteht, dann sollte die Berechnung der Endverformung mit dem folgenden Verformungsbeiwert  $k_{def}$  durchgeführt werden:**

$$k_{def} = 2 \cdot \sqrt{k_{def,1} \cdot k_{def,2}}$$

Beispiel:

Baustoff	Norm	Nutzungsstufe		
		1	2	3
BSH	EN 14080	0,60	0,80	2,00
OSB/3/4	EN 300	1,50	2,25	-

2.3.2.2 (4)  
[1]

Gl. (2.13)  
[1]

aus  
Tabelle 3.2  
[3]

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### 6 Langzeitverhalten für Verbundquerschnitte: System 1-7

**Anmerkung:** Langzeiteffekte ( $k_{def}$ ) wirken sich auf die Beanspruchung im Querschnitt aus:

Modell	M1	M2 (a) und M2 (b)	M3	M4	M5	M6	M7
$k_{def}$	-	0,6	1,2	1,2	-	-	1,2
Typ	Gesamtlastfall: g+p					Teillastfälle: g; p	
<b>Steifigkeit der beiden Holzbauteile (Teil 1 und 2)</b>							
$E_x$ Step 1	$E_{0,mean}$	$\frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$\frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$\frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$E_{0,05}$	$E_{0,mean}$	$\frac{E_{0,mean}}{1 + k_{def}}$
	12000	10170	10170	10170	8000	12000	5455
$E_x$ Step 2						$E_{0,mean}$	$E_{0,mean}$
						[N/mm <sup>2</sup> ]	12000
<b>Steifigkeiten der Verbundfuge</b>							
$K_x$ Step 1	$K_{u,mean}$	$\frac{K_{u,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$\frac{K_{u,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$\frac{K_{u,05}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$K_{u,mean}$	$K_{0,05}$	$\frac{K_{u,mean}}{1 + k_{def}}$
	2341	1984	1722	1155	2341	1984	1463
$K_x$ Step 2						$K_{u,mean}$	$K_{u,mean}$
						[N/mm]	2341

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



**Kombinationsbeiwerte:**

Einwirkung	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
1. Nutzlasten im Hochbau Kategorie A: Wohngebäude	0,7	0,5	0,3
3. Klimatische Lasten Schneelasten (CEN-Mitgliedsstaaten mit $h < 1000$ m) u. NN	0,5	0,2	0

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

**6.2 Elastizitätsmodul für den Endzustand (Mittelwert)**

$$E_{\text{mean, fin}} = \frac{E_{0, \text{mean}}}{1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}} = \frac{12000}{1 + 0,3 \cdot 0,6} \cong 10170 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

**6.3 Steifigkeitskenngrößen für die Schrauben**

**Anmerkung:** Für eine COV von 20 % (Annahme) gilt für den 5 %-Fraktilwert der Steifigkeit:

$$K_{u, 05} = K_{u, \text{mean}} \cdot (1 - 1,645 \cdot \text{COV}) = 2341 \cdot (1 - 1,645 \cdot 0,2) \cong 1571 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K_{u, \text{mean, fin}} = \frac{K_{u, \text{mean}}}{1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}} = \frac{2341}{1 + 0,3 \cdot 0,6} \cong 1984 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K'_{u, \text{mean, fin}} = \frac{K_{u, \text{mean}}}{1 + \Psi_2 \cdot 2 \cdot k_{\text{def}}} = \frac{2341}{1 + 0,3 \cdot 2 \cdot 0,6} \cong 1722 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K_{u, 05, \text{fin}} = \frac{K_{u, 05}}{1 + \Psi_2 \cdot k_{\text{def}}} = \frac{1571}{1 + 0,3 \cdot 0,6} \cong 1331 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K'_{u, 05, \text{fin}} = \frac{K_{u, 05}}{1 + \Psi_2 \cdot 2 \cdot k_{\text{def}}} = \frac{1571}{1 + 0,3 \cdot 2 \cdot 0,6} \cong 1155 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

**Anmerkung:** Für Verbindungen ist der  $k_{\text{def}}$ -Wert zu verdoppeln (nicht nach ON B 1995-1-1)

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## 7 Bestimmung der effektiven Biegesteifigkeit: T-QS für den Fall 1, d. h. ohne Berücksichtigung des Langzeitverhaltens

### 7.1 Bestimmung der $\gamma$ -Faktoren für den Querschnitt

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,1,\text{mean}} \cdot A_1 \cdot s_1}{K_{u,1,\text{mean}} \cdot I^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot 12000 \cdot 60 \cdot 180 \cdot 43,75}{2341 \cdot 4500^2}} = 0,46 \quad \gamma_2 = 1$$

### 7.2 Bestimmung des Schwerpunktes

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_{0,1,\text{mean}} \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_{0,3,\text{mean}} \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{2 \cdot \sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot E_{0,i,\text{mean}} \cdot A_i} =$$

$$a_2 = \frac{0,46 \cdot 12000 \cdot 60 \cdot 180 \cdot (60 + 240) - 0}{2 \cdot (0,46 \cdot 60 \cdot 180 \cdot 12000 + 1 \cdot 12000 \cdot 80 \cdot 240)} = 30,83 \text{ mm}$$

$$a_1 = \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) - a_2 = \left( \frac{60 + 240}{2} \right) - 30,83 = 119,17 \text{ mm}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### 7.3 Bestimmung der wirksamen Biegesteifigkeit

$$(EJ)_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^2 (E_i \cdot J_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) =$$

$$(EJ)_{\text{ef}} = \left( 12000 \cdot \frac{180 \cdot 60^3}{12} + 0,46 \cdot 12000 \cdot 180 \cdot 60 \cdot 119,17^2 \right) +$$

$$+ \left( 12000 \cdot \frac{80 \cdot 240^3}{12} + 1 \cdot 12000 \cdot 80 \cdot 240 \cdot 30,83^2 \right) = 2,21 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## 8 Ermittlung der Spannungen über den Querschnitt

### 8.1 Ermittlung der Normalspannungen

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot a_1 \cdot M_d}{(EJ)_{ef}} = \frac{0,46 \cdot 12000 \cdot (-119,17) \cdot 16,45 \cdot 10^6}{2,21 \cdot 10^{12}} = -4,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 \cdot E_2 \cdot a_2 \cdot M_d}{(EJ)_{ef}} = \frac{1 \cdot 12000 \cdot 30,83 \cdot 16,45 \cdot 10^6}{2,21 \cdot 10^{12}} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 \cdot E_1 \cdot h_1 \cdot M_d}{(EJ)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 12000 \cdot 60 \cdot 16,45 \cdot 10^6}{2,21 \cdot 10^{12}} = 2,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot h_2 \cdot M_d}{(EJ)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 12000 \cdot 240 \cdot 16,45 \cdot 10^6}{2,21 \cdot 10^{12}} = 10,72 \text{ N/mm}^2$$

### 8.2 Ermittlung der maximalen Schubspannung im Schwerpunkt des QS

$$\tau_{2,max} = \frac{\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot (h_2/2 + a_2)^2}{b_2 \cdot (E \cdot J)_{ef}} \cdot V_d$$

$$\tau_{2,max} = \frac{0 + 0,5 \cdot 12000 \cdot 80 \cdot (240/2 + 30,83)^2}{80 \cdot 2,21 \cdot 10^{12}} \cdot 14,60 \cdot 10^3 = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

1

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. &amp; 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### 8.3 Ermittlung der Beanspruchung des Verbindungsmittels

$$F_{1,d} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_1}{(EJ)_{ef}} \cdot V_d = \frac{0,46 \cdot 12000 \cdot 180 \cdot 60 \cdot 119,17 \cdot 35}{2,21 \cdot 10^{12}} \cdot 14,6 \cdot 10^3 \cong 1642,70 \text{ N}$$

### 8.4 Bestimmung des Spannungsverlaufes

$$\sigma_{1,o,d} = \sigma_{1,d} - \sigma_{1,m,d} = -4,90 - 2,68 = -7,58 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{1,u,d} = \sigma_{1,d} + \sigma_{1,m,d} = -4,90 + 2,68 = -2,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,o,d} = \sigma_{2,d} - \sigma_{2,m,d} = 2,75 - 10,72 = -7,97 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,u,d} = \sigma_{2,d} + \sigma_{2,m,d} = 2,75 + 10,72 = 13,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,1,d} = -4,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,2,d} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. &amp; 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## 9 Spannungsverläufe und Spannungsnachweise

Spannungsverläufe für  $G_{0,mean}$  und  $K_{u,mean}$ : Anfangszustand

$\sigma_{f,c,max,d} \leq f_{m,d}$   
 $\sigma_{f,t,max,d} \leq f_{m,d}$   
 $\sigma_{f,c,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d}$   
 $\sigma_{f,t,d} \leq f_{t,0,d}$

**Bestimmung  $k_c$ :**

$$\lambda = \frac{l_i}{i_{Gurt}} = \frac{4500}{0,289 \cdot 180} = 86,51 \approx 87 \quad \rightarrow \quad k_c = 0,38$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

### Nachweise für die Holzteile 1 und 2:

$$\frac{\sigma_{1,o,d}}{f_{m,d}} = \frac{7,58}{18,46} = 0,41 \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{2,u,d}}{f_{m,d}} = \frac{13,47}{18,46} = 0,73 \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,1,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{4,90}{0,39 \cdot 14,15} = 0,89 \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,1,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{4,90}{14,15} = 0,35 \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{t,2,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{2,75}{11,08} = 0,25 \leq 1,0$$

**Anmerkung:** Der Knicknachweis der Druckgurtzone wird als Ersatznachweise zur Gewährleistung der Kippstabilität geführt

### Nachweis für die Schrauben in der Verbundfuge:

$$\frac{F_{1,d}}{R_{a,d}} = \frac{1643}{2197} = 0,75 \leq 1,0$$

**Anmerkung:** Die geforderten Mindestrandabstände sind eingehalten!

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## 10 Gegenüberstellung der einzelnen Modelle

### 10.1 Ergebnisse für die oben genannten Modelle 1-7

	M1	M2 (a)	M2 (b)	M3	M4	M5	M6	M7
	Volllast						Teillasten	
<b>Beanspruchungen der Holzteile</b>								
T1: $\sigma_o$ [N/mm <sup>2</sup> ]	-7,58	-7,57	-7,49	-7,24	-7,77	-7,34	-7,58	-7,48
T1: $\sigma_{Sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	-4,90	-4,89	-4,73	-4,22	-5,29	-4,41	-4,90	-4,70
T1: $\sigma_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	-2,22	-2,21	-1,96	-1,19	-2,80	-1,48	-2,22	-1,91
T2: $\sigma_o$ [N/mm <sup>2</sup> ]	-7,97	-7,98	-8,40	-9,73	-6,96	-9,23	-7,97	-8,49
T2: $\sigma_{Sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,75	2,75	-2,66	2,38	2,97	2,48	2,75	2,64
T2: $\sigma_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	13,47	13,48	13,72	14,48	12,90	14,19	13,47	13,77
T2: $\tau_{max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,87	0,87	0,87	0,90	0,85	0,89	0,87	0,88
<b>Fuge</b>								
t <sub>Fuge</sub> [N/mm]	46,93	46,95	45,4	40,47	50,72	42,32	46,93	45,10
T <sub>Fuge</sub> [N]	1642,7	1643,3	1589	1416,5	1775,2	1481,2	1642,7	1578,5

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



	M1	M2 (a)	M2 (b)	M3	M4	M5	M6	M7
	Volllast						Teillasten	
<b>Ausnutzung der Holzteile</b>								
T1: $\sigma_o$	0,41	0,41	0,41	0,39	0,42	0,4	0,41	0,41
T1: $\sigma_{Sp}$ : $k_c=0,39$	0,89	0,89	0,86	0,76	0,96	0,80	0,89	0,85
T1: $\sigma_{Sp}$ : $k_c=1$	0,35	0,35	0,33	0,30	0,37	0,31	0,35	0,33
T2: $\sigma_{Sp}$	0,25	0,25	0,24	0,21	0,27	0,22	0,25	0,24
T2: $\sigma_u$	0,73	0,73	0,74	0,78	0,70	0,77	0,73	0,75
T2: $\tau_{max}$	0,71	0,71	0,71	0,73	0,69	0,72	0,71	0,72
<b>Ausnutzung Holz</b>								
mit $k_c$ (Kippen)	0,89	0,89	0,86	0,78	0,96	0,80	0,89	0,85
ohne $k_c$	0,73	0,73	0,74	0,78	0,70	0,77	0,73	0,75
<b>Ausnutzung Schrauben</b>								
	0,75	0,75	0,72	0,64	0,81	0,67	0,75	0,72
<b>Gesamte Ausnutzung: Summe Holz und Fuge mit und ohne <math>k_c</math> (Kippen)</b>								
mit $k_c$ (Kippen)	0,89	0,89	0,86	0,78	0,96	0,80	0,89	0,85
ohne $k_c$	0,75	0,75	0,74	0,78	0,81	0,77	0,75	0,75

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## 10.2 Resümee

Nach ÖNORM EN 1995-1-1 sind Systeme, bei denen die Schnittkraftverteilungen durch Veränderungen der Steifigkeiten beeinflusst werden, unter Berücksichtigung von Langzeiteffekten zu untersuchen. In ÖNORM B 1995-1-1 werden zusätzlich Grenzwertbetrachtungen für die minimalen/maximalen Steifigkeitseigenschaften gefordert.

Für den Anfangszustand ergibt sich unter Berücksichtigung der Steifigkeitsvariation ( $E_{0,05}$  und  $K_{\text{mean}}$ ) die maximale VM-Beanspruchung in der Fuge. Wird die Kippstabilität auf Basis eines Knicknachweises des druckbeanspruchten Obergurtes geführt, ergeben sich aufgrund der hohen Fugensteifigkeit erhöhte Normal-Spannungen im Schwerpunkt des Druckgurtes, wodurch sich der maßgebende Nachweis für den Holzquerschnitt ebenfalls für M4 ergibt.

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



Wird die Kippstabilität konstruktiv gelöst (Aussteifung), ergeben sich die maximalen Ausnutzungen der Holzquerschnitte im Bereich der Biegezugzone (Teil 2) für Modell (M3) ( $E_{\text{mean}}$  und  $K_{0,05}$ ) unter Berücksichtigung der Langzeiteffekte für den Endzustand.

Werden die im EN 1995-1-1 unter Punkt 2.3.2.2 (3)(4) angeführten Anforderungen nicht zur Anwendung gebracht (Verdoppelung der Kriechzahlen), liegt für dieses System aufgrund der äquivalenten Kriecheigenschaften der Einzelbauteile keine Beeinflussung durch das Langzeitverhalten vor.

Neben der in EN 1995-1-1 vorgeschlagenen Berechnung der Langzeiteffekte in Form von Gesamtlastfällen unter Berücksichtigung einer wirksamen Langzeitsteifigkeit, kann eine Berechnung nach Teillastfällen mit zugeordneten Steifigkeitseigenschaften (vgl. Bauzustände) geführt werden.

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## 11 Durchbiegung

### 11.1 Durchbiegung zufolge Eigengewicht

$$w_g = \frac{5 \cdot g_k \cdot l^4}{384 \cdot (EJ)_{ef}} = \frac{5 \cdot 1,5 \cdot 4500^4}{384 \cdot 2,21 \cdot 10^{12}} = 3,62 \text{ mm}$$

### 11.2 Durchbiegung zufolge Nutzlast

$$w_p = \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot (EJ)_{ef}} = \frac{5 \cdot 3,0 \cdot 4500^4}{384 \cdot 2,21 \cdot 10^{12}} = 7,25 \text{ mm}$$

### 11.3 Charakteristische Bemessungssituation: Anfangszustand

$$w_{Q,inst} \leq \frac{l}{300}$$

$$w_{Q,inst} = w_{Q,1,inst} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i,inst}$$

$$w_{Q,inst} = 7,25 \text{ mm} \leq \frac{4500}{300} = 15 \text{ mm}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### 11.4 Charakteristische Bemessungssituation: Endzustand

$$w_{fin} - w_{G,inst} \leq \frac{l}{200}$$

$$w_{fin} - w_{G,inst} = w_{G,inst} + \sum_{i>1} w_{Q,i,inst} \cdot \psi_{0,i} + \left( w_{G,inst} + \psi_{2,1} \cdot w_{Q,1,inst} + \sum_{i>1} w_{Q,i,inst} \cdot \psi_{2,i} \right) \cdot k_{def}$$

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 7,25 + 0 + (3,62 + 0,3 \cdot 7,25 + 0) \cdot 0,6 = 10,73 \leq \frac{4500}{200} = 22,5 \text{ mm}$$

### 11.5 Quasi-ständige Durchbiegung: Endzustand

$$w_{fin} - w_c \leq \frac{l}{250}$$

$$w_{fin} - w_c = (w_{G,inst} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,j} \cdot w_{Q,j,inst}) \cdot (1 + k_{def}) - w_c$$

$$w_{fin} - w_c = (3,62 + 0,3 \cdot 7,25) \cdot (1 + 0,6) - 0 = 9,27 \leq \frac{4500}{250} = 18 \text{ mm}$$

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



# Bemessung einer Holz-Beton-Verbunddecke

## Beispiel

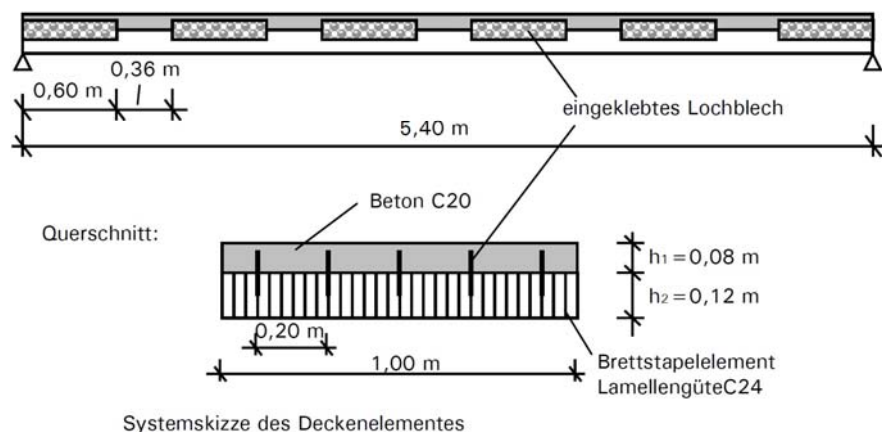

 Institut für Architekturwissenschaften  
 Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau  
 o.Univ.-Prof. DOI Wolfgang Winter

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



Die Decken des Gebäudes sollen in Holz-Beton-Verbundbauweise ausgeführt werden. Die vorgefertigten Deckenelemente bestehen aus Brettstapelbauteilen, die über eingeklebte Lochbleche mit einer Betondeckschicht verbunden sind. Das System und die Abmessungen sind in nachfolgender Abbildung schematisch dargestellt.



Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## HBV-Systeme - Geklebte Verbindung

HBV - Schubverbinder

HBV-Schubverbinder im Lignotrendelement

Lignotrend, DE- Weilheim-Bannholz

HBV-System TiComTec, DE- Haibach

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

## HBV-Systeme - Geklebte Verbindung

HBV - Schubverbinder

Shear failure of steel mesh

Shear failure plane

Quelle: Bathon, L.; Clouston, P.: EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESULTS ON SEMI PRESTRESSED WOOD-CONCRETE COMPOSITE FLOOR SYSTEMS FOR LONG SPAN APPLICATIONS, WCTE 2004

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

### Belastung und Schnittgrößenermittlung

Eigengewicht

Betonquerschnitt  $0,08 \cdot 25,0 = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Holzquerschnitt  $0,12 \cdot 5,0 = 0,60 \text{ kN/m}^2$

Ausbau  $1,50 \text{ kN/m}^2$

Trennwände  $0,80 \text{ kN/m}^2$

$g_k = 4,90 \text{ kN/m}^2$

Nutzlasten (KLED: „kurz“)

Nutzungskategorie B1  $q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Schnittgrößen

$$M_d = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot \frac{l^2}{8} = (1,35 \cdot 4,9 + 1,5 \cdot 2,0) \cdot \frac{5,4^2}{8} = 35,0 \text{ kNm}$$

$$V_d = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot \frac{l}{2} = (1,35 \cdot 4,9 + 1,5 \cdot 2,0) \cdot \frac{5,4}{2} = 26,0 \text{ kN}$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Materialkennwerte

Die Materialkennwerte des Holz- bzw. des Betonquerschnittes sind den Bemessungsnormen **DIN 1052:2004-08** bzw. **DIN 1045-1:2001-07** zu entnehmen. Die Steifigkeiten der Schubverbinder entsprechen den Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für eingeklebte Lochbleche. In Tabelle sind die Materialkennwerte zusammengefasst.

In Deutschland seit 01.07.2012  
zurückgezogen!!  
gelten nur EC !!

Zusammenfassung der Materialkennwerte

		t = 0	t = ∞
E <sub>Beton</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	GZG/GZT	28800	28800/3,5 = 8230
E <sub>Holz</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	GZG/GZT	11000	2/3 · 11000 = 7333
K <sub>ser</sub> [MN/m]	GZG	0,825 · 600 = 495	0,5 · 495 = 248
	GZT	2/3 · 495 = 330	0,5 · 330 = 165

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Zeitpunkt  $t = 0$

#### Steifigkeitsermittlung

- Betonquerschnitt

$$EA_1 = E_{cm} \cdot h_1 = 28800 \cdot 0,08 = 2300 \text{ MN}$$

$$EI_1 = E_{cm} \cdot h_1^3 / 12 = 28800 \cdot 0,08^3 / 12 = 1,23 \text{ MN/m}^2$$

- Holzquerschnitt

$$EA_2 = E_{0,mean} \cdot h_2 = 11000 \cdot 0,12 = 1320 \text{ MN}$$

$$EI_2 = E_{0,mean} \cdot h_2^3 / 12 = 11000 \cdot 0,12^3 / 12 = 1,58 \text{ MN/m}^2$$

- Nachgiebigkeit der Verbundfuge

$$k = n \cdot K / s_j = 5 \cdot 330 / 0,96 = 1720 \text{ MN/m}^2$$

mit:

Anzahl der Verbindungsmittelreihen je Elementbreite  $n = 5$

Abstand der Schubverbinder in Spannrichtung  $s = 0,96 \text{ m}$

- effektive Steifigkeit

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + EA_1 \cdot \frac{\pi^2}{k \cdot l^2}} = \frac{1}{1 + 2300 \cdot \frac{\pi^2}{1720 \cdot 5,4^2}} = 0,69$$

$$efEI = EI_1 + EI_2 + a^2 \cdot \frac{EA_1 \cdot \gamma_1 \cdot EA_2}{EA_1 \cdot \gamma_1 + EA_2}$$

$$efEI = 1,23 + 1,58 + 0,1^2 \cdot \frac{2300 \cdot 0,69 \cdot 1320}{2300 \cdot 0,69 + 1320} = 10,0 \text{ MN/m}^2$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



#### Schnittgrößen in den Teilquerschnitten

$$M_{1,d} = M_d \cdot \frac{EI_1}{efEI} = 36,0 \cdot \frac{1,23}{10,0} = 4,43 \text{ kNm}$$

$$M_{2,d} = M_d \cdot \frac{EI_2}{efEI} = 36,0 \cdot \frac{1,58}{10,0} = 5,69 \text{ kNm}$$

$$N_{1,d} = -N_{2,d} = -\frac{M_d - M_{1,d} - M_{2,d}}{a} = -\frac{36,0 - 4,43 - 5,69}{0,1} = -258,8 \text{ kN}$$

#### Spannungsermittlung und Nachweisführung am Betonquerschnitt

- maximale Randspannung

$$\sigma_{1,Ro,d} = \frac{N_{1,d}}{A_1} - \frac{M_{1,d}}{W_1} = \frac{-0,259}{0,08} - \frac{4,43 \cdot 10^{-3}}{0,08^2 / 6} = -3,24 - 4,15 = 7,39 \text{ MN/m}^2$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



In Österreich gemäß EC 2, NAD  
= 1,0 !!

Nachweis:  $\frac{\sigma_{1,Ro,d}}{\alpha \cdot f_{c,k} / \gamma_M} = \frac{7,39}{0,85 \cdot 20 / 15} = 0,65 \leq 1,0$

- Randspannung in der Fuge

$$\sigma_{1,Ru,d} = \frac{N_{1,d}}{A_1} + \frac{M_{1,d}}{W_1} = \frac{-0,259}{0,08} + \frac{4,43 \cdot 10^{-3}}{0,08^2 / 6} = -3,24 + 4,15 = 0,91 MN / m^2$$

Nachweis der Betonzugspannung:  
Der Betonquerschnitt darf unbewehrt ausgeführt werden, wenn gilt:

$$\sigma_{1,Ru,d} = 0,91 MN / m^2 \leq \frac{f_{c,t,k;0,05}}{\gamma_c} = \frac{1,5}{1,55} = 0,97 MN / m^2$$

Zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen und Eigenspannungen muss eine Mindestbewehrung entsprechend einer Betonstahlmatte Q188 angeordnet werden.

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.  
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

**Spannungsermittlung und Nachweisführung am Holzquerschnitt**

- Schwerpunktspannung

$$\sigma_{2,t,d} = \frac{N_{2,d}}{A_2} = \frac{0,259}{0,12} = 2,15 MN / m^2$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{2,t,d}}{k_{mod} \cdot f_{t,o,k} / \gamma_M} = \frac{2,15}{0,9 \cdot 14 / 1,3} = 0,22 \leq 1,0$$

- Biegerandspannung

$$\sigma_{2,m,d} = \sigma_{2,t,d} + \frac{M_{2,d}}{W_2} = 2,15 + \frac{5,69 \cdot 10^{-3}}{0,12^2 / 6} = 4,52 MN / m^2$$

Nachweis:  $\frac{\sigma_{2,m,d}}{k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M} = \frac{4,52}{0,9 \cdot 24 / 1,3} = 0,27 \leq 1,0$

- Schubspannung

$$a_2 = a \cdot \frac{\gamma_1 \cdot EA_1}{\gamma_1 \cdot EA_1 + EA_2} = 0,1 \cdot \frac{0,69 \cdot 2300}{0,69 \cdot 2300 + 1320} = 0,055 m$$

$$h = a_2 + h_2 / 2 = 0,055 + 0,12 / 2 = 0,115 m$$

$$\tau_{max,d} = V_d \cdot \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot h^2}{e f E I} = 26,0 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 0,115^2}{10,0} = 0,19 MN / m^2$$

Nachweis:  $\frac{\tau_{max,d}}{k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M} = \frac{0,19}{0,9 \cdot 2,0 / 1,3} = 0,14 \leq 1,0$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.  
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen TU

### Spannungsermittlung und Nachweisführung der Schubverbinder

- Schubfluss in der Fuge

$$a_1 = a \cdot \frac{EA_2}{\gamma_1 \cdot EA_1 + EA_2} = 0,1 \cdot \frac{1320}{0,69 \cdot 2300 + 1320} = 0,045 \text{ m}$$

$$t_d = V_d \cdot \frac{\gamma_1 \cdot EA_1 \cdot a_1}{efEI} = 26,0 \cdot \frac{0,69 \cdot 2300 \cdot 0,045}{10,0} = 186,0 \text{ kN / m}$$

- Beanspruchung eines Lochblechs

Vereinfacht wird die Beanspruchung  $F_d$  eines Verbinders unter der Annahme eines konstanten Schubflusses in der Fuge ermittelt. Der zuvor ermittelte maximale Schubfluss  $t_d$  verteilt sich auf die nebeneinander angeordneten Lochbleche ( $n = 5$ ). Damit gilt:

$$F_d = t_d / n \cdot s_i = 186,0 / 5 \cdot 0,96 = 35,7 \text{ kN}$$

Die maximal aufnehmbare Längsschubkraft eines Verbinders beträgt:

$$T_d = k_{\text{mod}} \cdot T_k \cdot l_{VB} / \gamma_M = 0,9 \cdot 0,16 \cdot 600 / 1,3 = 66,5 \text{ kN}$$

mit:  $T_k = 0,16 \text{ kN je mm [75]}$

$$\text{Nachweis: } \frac{F_d}{T_d} = \frac{35,7}{66,5} = 0,54 \leq 1,0$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



Zeitpunkt  $t = \infty$

#### Steifigkeitsermittlung

- Betonquerschnitt

$$EA_1 = E_{cm} \cdot h_1 = 8230 \cdot 0,08 = 660 \text{ MN}$$

$$EI_1 = E_{cm} \cdot h_1^3 / 12 = 8230 \cdot 0,08^3 / 12 = 0,35 \text{ MN / m}^2$$

- Holzquerschnitt

$$EA_2 = E_{0,mean} \cdot h_2 = 7333 \cdot 0,12 = 880 \text{ MN}$$

$$EI_2 = E_{0,mean} \cdot h_2^3 / 12 = 7333 \cdot 0,12^3 / 12 = 1,05 \text{ MN / m}^2$$

- Nachgiebigkeit der Verbundfuge

$$k = n \cdot K / s_i = 5 \cdot 165 / 0,96 = 860 \text{ MN / m}^2$$

mit:

Anzahl der Verbindungsmittelreihen je Elementbreite  $n = 5$

Abstand der Schubverbinder in Spannrichtung  $s_i = 0,96 \text{ m}$

- effektive Steifigkeit

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + EA_1 \cdot \frac{\pi^2}{k \cdot l^2}} = \frac{1}{1 + 660 \cdot \frac{\pi^2}{860 \cdot 5,4^2}} = 0,79$$

$$efEI = EI_1 + EI_2 + a^2 \cdot \frac{EA_1 \cdot \gamma_1 \cdot EA_2}{EA_1 \cdot \gamma_1 + EA_2}$$

$$efEI = 0,35 + 1,05 + 0,1^2 \cdot \frac{660 \cdot 0,79 \cdot 880}{660 \cdot 0,79 + 880} = 4,67 \text{ MN / m}^2$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## Schnitt- und Verformungsgrößen aufgrund der Schwindverkürzung des Betons

- Festhaltekraft  $F_0$

$$F_0 = \epsilon_{\text{shr}} \cdot EA_1 = \epsilon_{\text{shr}} \cdot EA_1 = 30 \cdot 10^{-5} \cdot 660 = 198 \text{ kN}$$

- Normalkräfte in den Teilquerschnitten

Unter der Vereinfachung, dass die Mitwirkung des Holzquerschnittes direkt bei der Krafteinleitung beginnt, kann von starr verbundenen Querschnittsteilen ausgegangen werden. Es gelten folgende Steifigkeitswerte:

$$EI = EI_1 + EI_2 + a^2 \cdot \frac{EA_1 \cdot EA_2}{EA_1 + EA_2} = 0,35 + 1,05 + 0,1^2 \cdot \frac{660 \cdot 880}{660 + 880} = 5,17 \text{ MN/m}^2$$

$$EA = EA_1 + EA_2 = 660 + 880 = 1540 \text{ MN}$$

Die Normalkräfte in den Teilquerschnitten betragen:

$$N_{1,S} = F_0 - F_0 \cdot \left( 1 + a^2 \cdot \frac{EA_2^2}{EA \cdot EI} \right) \cdot \frac{EA_1}{EA}$$

$$N_{1,S} = 198 - 198 \cdot \left( 1 + 0,1^2 \cdot \frac{880^2}{1540 \cdot 5,17} \right) \cdot \frac{660}{1540} = 30,6 \text{ kN}$$

$$N_{2,S} = -N_{1,S} = -30,6 \text{ kN}$$

- Biegemomente in den Teilquerschnitten

Für das Biegemoment gilt:

$$M_S = F_0 \cdot a_1 = 198 \cdot 0,057 = 11,29 \text{ kNm}$$

$$\text{mit: } a_1 = a \cdot \frac{EA_2}{EA_1 + EA_2} = 0,1 \cdot \frac{880}{660 + 880} = 0,057 \text{ m}$$

$$M_{1,S} = M_S \cdot \frac{EI_1}{EI} = 11,29 \cdot \frac{0,35}{5,17} = 0,76 \text{ kNm}$$

$$M_{2,S} = M_S \cdot \frac{EI_2}{EI} = 11,29 \cdot \frac{1,05}{5,17} = 2,29 \text{ kNm}$$

Die Schnittgrößen aus Schwinden müssen im Gleichgewicht stehen.

$$\text{Kontrolle: } M_{1,S} + M_{2,S} = 0,76 + 2,29 = 3,05 \text{ kNm} = N_{1,S} \cdot a = 30,6 \cdot 0,1 = 3,06 \text{ kNm}$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



- Durchbiegung infolge Schwindverkürzung des Betongurtes

$$w_{S,fin} = \frac{M_S \cdot l^2}{8 \cdot EI} = \frac{11,29 \cdot 5,4^2}{8 \cdot 5,17} = 8,0 \text{ mm}$$

## Resultierende Schnittgrößen in den Teilquerschnitten

$$M_{1,d} = M_d \cdot \frac{EI_1}{EI} + M_{1,S} = 36,0 \cdot \frac{0,35}{4,67} + 0,76 = 3,46 \text{ kNm}$$

$$M_{2,d} = M_d \cdot \frac{EI_2}{EI} + M_{2,S} = 36,0 \cdot \frac{1,05}{4,67} + 2,29 = 10,38 \text{ kNm}$$

$$N_{1,d} = -N_{2,d} = -\frac{M_d - M_{1,d} - M_{2,d}}{a} + N_{1,S} = -\frac{36,0 - 2,70 - 8,09}{0,1} + 30,6 = -2215 \text{ kN}$$

## Spannungsermittlung und Nachweisführung am Betonquerschnitt

- maximale Randspannung

$$\sigma_{1,Ro,d} = \frac{N_{1,d}}{A_1} - \frac{M_{1,d}}{W_1} = \frac{-0,222}{0,08} - \frac{3,46 \cdot 10^{-3}}{0,08^2 / 6} = -2,78 - 3,24 = -6,02 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\sigma_{1,Ro,d}}{\alpha \cdot f_{c,k} / \gamma_M} = \frac{6,02}{0,85 \cdot 20 / 1,5} = 0,53 \leq 1,0$$

- Randspannung in der Fuge

$$\sigma_{1,Ru,d} = \frac{N_{1,d}}{A_1} + \frac{M_{1,d}}{W_1} = \frac{-0,222}{0,08} + \frac{3,46 \cdot 10^{-3}}{0,08^2 / 6} = -2,78 + 3,24 = -0,46 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\sigma_{1,Ru,d}}{f_{c,t,k} \cdot 0,05 / \gamma_c} = \frac{0,46}{1,5 / 1,5} = 0,48 \leq 1,0$$

In Österreich gemäß EC 2, NAD = 1,0 !!

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen





## Spannungsermittlung und Nachweisführung am Holzquerschnitt

- Schwerpunktspannung

$$\sigma_{2,t,d} = \frac{N_{2,d}}{A_2} = \frac{0,222}{0,12} = 1,85 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\sigma_{2,t,d}}{k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M} = \frac{1,85}{0,9 \cdot 14 / 1,3} = 0,19 \leq 1,0$$

- Biegerandspannung

$$\sigma_{2,m,d} = \sigma_{2,t,d} + \frac{M_{2,d}}{W_2} = 1,85 + \frac{10,38 \cdot 10^{-3}}{0,12^2 / 6} = 6,18 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\sigma_{2,m,d}}{k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M} = \frac{6,18}{0,9 \cdot 24 / 1,3} = 0,37 \leq 1,0$$

- Schubspannung

$$a_2 = a \cdot \frac{\gamma_1 \cdot EA_1}{\gamma_1 \cdot EA_1 + EA_2} = 0,1 \cdot \frac{0,79 \cdot 660}{0,79 \cdot 660 + 880} = 0,037 \text{ m}$$

$$h = a_2 + h_2 / 2 = 0,037 + 0,12 / 2 = 0,097 \text{ m}$$

$$\tau_{\text{max},d} = V_d \cdot \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot h^2}{eI} = 26,0 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,5 \cdot 7333 \cdot 0,097^2}{4,67} = 0,19 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\tau_{\text{max},d}}{k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M} = \frac{0,19}{0,9 \cdot 2,0 / 1,3} = 0,14 \leq 1,0$$

## Spannungsermittlung und Nachweisführung der Schubverbinder

- Schubfluss in der Fuge

$$a_1 = a \cdot \frac{EA_2}{\gamma_1 \cdot EA_1 + EA_2} = 0,1 \cdot \frac{880}{0,79 \cdot 660 + 880} = 0,063 \text{ m}$$

$$t_d = V_d \cdot \frac{\gamma_1 \cdot EA_1 \cdot a_1}{eI} = 26,0 \cdot \frac{0,79 \cdot 660 \cdot 0,063}{4,67} = 183,0 \text{ kN/m}$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



- Beanspruchung eines Lochblechs

Vereinfacht wird die Beanspruchung  $F_d$  eines Verbinders unter der Annahme eines konstanten Schubflusses in der Fuge ermittelt. Der zuvor ermittelte maximale Schubfluss  $t_d$  verteilt sich auf die nebeneinander angeordneten Lochbleche ( $n=5$ ). Damit gilt:

$$F_d = t_d / n \cdot s_j = 183,0 / 5 \cdot 0,96 = 35,1 \text{ kN}$$

Die maximal aufnehmbare Längsschubkraft eines Verbinders beträgt:

$$T_d = k_{\text{mod}} \cdot T_k \cdot l_{VB} / \gamma_M = 0,9 \cdot 0,16 \cdot 600 / 1,3 = 66,5 \text{ kN}$$

mit:  $T_k = 0,16 \text{ kN je mm [75]}$

$$\text{Nachweis: } \frac{F_d}{T_d} = \frac{35,1}{66,5} = 0,53 \leq 1,0$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

#### Verformungsnachweise

#### Steifigkeitsermittlung zum Zeitpunkt $t = 0$

- Betonquerschnitt

$$EA_1 = 2300MN \quad EI_1 = 1,23MN/m^2$$

- Holzquerschnitt

$$EA_2 = 1320MN \quad EI_2 = 1,58MN/m^2$$

- Nachgiebigkeit der Verbundfuge

$$k = n \cdot K / s_i = 5 \cdot 495 / 0,96 = 2578MN/m^2$$

- effektive Steifigkeit

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + EA_1 \cdot \frac{\pi^2}{k \cdot I^2}} = \frac{1}{1 + 2300 \cdot \frac{\pi^2}{2578 \cdot 5,4^2}} = 0,76$$

$$efEI = EI_1 + EI_2 + a^2 \cdot \frac{EA_1 \cdot \gamma_1 \cdot EA_2}{EA_1 \cdot \gamma_1 + EA_2}$$

$$efEI = 1,23 + 1,58 + 0,1^2 \cdot \frac{2300 \cdot 0,76 \cdot 1320}{2300 \cdot 0,76 + 1320} = 10,33MN/m^2$$

- Verformungen im Anfangszustand

$$w_{G,inst} = \frac{5 \cdot g_k \cdot I^4}{384 \cdot efEI} = \frac{5 \cdot 4,9 \cdot 5,4^4}{384 \cdot 10,33} = 5,25mm$$

$$w_{Q,inst} = \frac{5 \cdot q_k \cdot I^4}{384 \cdot efEI} = \frac{5 \cdot 2,0 \cdot 5,4^4}{384 \cdot 10,33} = 2,14mm$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



#### Steifigkeitsermittlung zum Zeitpunkt $t = \infty$

- Betonquerschnitt

$$EA_1 = 660MN \quad EI_1 = 0,35MN/m^2$$

- Holzquerschnitt

$$EA_2 = 880MN \quad EI_2 = 1,05MN/m^2$$

- Nachgiebigkeit der Verbundfuge

$$k = n \cdot K / s_i = 5 \cdot 248 / 0,96 = 1290MN/m^2$$

- effektive Steifigkeit

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + EA_1 \cdot \frac{\pi^2}{k \cdot I^2}} = \frac{1}{1 + 660 \cdot \frac{\pi^2}{1290 \cdot 5,4^2}} = 0,85$$

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



$$efEI = EI_1 + EI_2 + a^2 \cdot \frac{EA_1 \cdot \gamma_1 \cdot EA_2}{EA_1 \cdot \gamma_1 + EA_2}$$

$$efEI = 0,35 + 1,05 + 0,1^2 \cdot \frac{660 \cdot 0,85 \cdot 880}{660 \cdot 0,85 + 880} = 4,83 \text{ MN/m}^2$$

**Ermittlung des Deformationsbeiwertes  $k_{def}$  für den Verbundquerschnitt**

$$k_{def} = \frac{efEI_{t=0}}{efEI_{t=\infty}} - 1 = \frac{10,33}{4,83} - 1 = 1,14$$

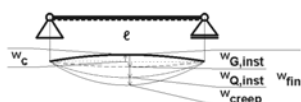
Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



**ÖNORM EN 1995-1-1  
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (3 Kriterien)**



$w_c$	Überhöhung
$w_{G,inst}$	Anfangsdurchbiegung aus Eigengewicht
$w_{Q,inst}$	Anfangsdurchbiegung aller veränderlichen Lasten
	für Kriterium a) Schadensvermeidung aus der charakteristischen Bemessungssituation
	$w_{Q,inst} = w_{Q,1,inst} + \sum_{i=2}^n \psi_i \cdot w_{Q,i,inst}$
	für Kriterium b) Erscheinungsbild aus der quasi-ständigen Bemessungssituation
	$w_{Q,inst} = \sum_{i=1}^n \psi_i \cdot w_{Q,i,inst}$
$w_{creep}$	Kriechanteil der Durchbiegung
	immer aus der quasi-ständigen Lastkombination
	$w_{creep} = \left( w_{Q,inst} + \sum_{i=1}^n \psi_i \cdot w_{Q,i,inst} \right) (1 - k_{def})$
$w_{fin}$	Gesamtdurchbiegung
	Die Endverformung $w_{fin}$ ist die Summe aus Anfangsverformung der jeweils betrachteten Kombination $w_{inst}$ (für die charakteristische Bemessungssituation oder die quasi-ständige Bemessungssituation) und der Kriechverformung $w_{creep}$ (immer für die quasi-ständige Bemessungssituation).
	$w_{fin} = w_{Q,inst} + w_{G,inst} + w_{creep}$
$w_{net,fin}$	Gesamtdurchbiegung Netto (also abzüglich einer eventuell vorhandenen Überhöhung)
	Mit $w_{net,fin}$ ist die Enddurchbiegung in der quasi-ständigen Bemessungssituation.
	$w_{net,fin} = w_{fin} - w_c$

Die Kriechverformung wird in jedem Fall für die „quasi-ständige Lastkombination“ ermittelt. Unabhängig von der Kombination für die Gesamtdurchbiegung!

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## ÖNORM EN 1995-1-1 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (3 Kriterien)

### Beiwert zur Bestimmung der Kriechverformung $k_{def}$

Der Faktor  $k_{def}$  (engl. **deformation, Formänderung**) hängt vom Material und der Nutzungsklasse, also dem Umgebungsklima ab und dient der Berechnung der Langzeitverformung.

In Eurocode 5 werden 3 Nutzungsklassen unterschieden. Die Unterteilung erfolgt nach dem Umgebungsklima aus dem man auf eine Holzausgleichsfeuchte der Hölzer schließen kann, welche diesem Klima ausgesetzt sind.

Baustoff	$k_{def}$ für Nutzungsklasse		
	1	2	3
Vollholz	0,60	0,80	2,00
Brettschichtholz			

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## ÖNORM EN 1995-1-1 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (3 Kriterien)

			Festlegung in ÖNORM B 1995-1-1		Eingrenzung in EN 1995-1-1	
			Biegeträger	Kragträger	Biegeträger	Kragträger
charakteristische Bemessungssituation (Schadensvermeidung)	Kurzzeitdurchbiegung	$w_{Q,inst}$	$l/300$	$l_s/150$	$l/300$ bis $l/500$	$l_s/150$ bis $l_s/250$
	Langzeitdurchbiegung	$w_{fin}^-$ $w_{G,inst}$	$l/200$	$l_s/100$	$l/150$ bis $l/300$	$l_s/75$ bis $l_s/150$
Quasi-ständige Bemessungssituation (Erscheinungsbild)	Langzeitdurchbiegung	$w_{fin}^-$ $w_c$	$l/250$	$l_s/125$	$l/250$ bis $l/350$	$l_s/125$ bis $l_s/175$

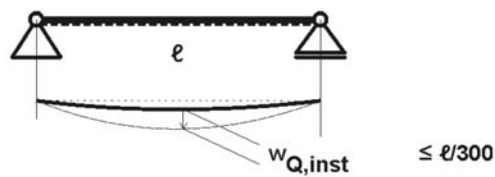
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



**ÖNORM EN 1995-1-1**  
**Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (3 Kriterien)**

Schadensvermeidung – Kurzzeitdurchbiegung in  
 der **charakteristischen Bemessungssituation**



$$w_{Q,inst} < l/300$$

$$w_{Q,inst} = w_{Q,1,inst} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot w_{Q,i,inst}$$

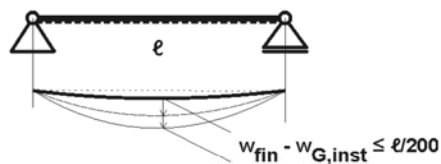
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



**ÖNORM EN 1995-1-1**  
**Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (3 Kriterien)**

Schadensvermeidung – Langzeitdurchbiegung in  
 der **charakteristischen Bemessungssituation**



$$w_{fin} - w_{G,inst} < l/200$$

$$w_{fin} - w_{G,inst} = w_{Q,1,inst} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot w_{Q,i,inst} + \left( w_{G,inst} + \Psi_2 \cdot w_{Q,1,inst} + \sum_{i>1} \Psi_{2,i} \cdot w_{Q,i,inst} \right) \cdot k_{def}$$

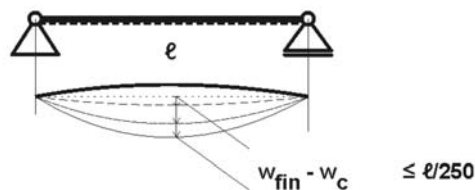
Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



## ÖNORM EN 1995-1-1 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (3 Kriterien)

Erscheinungsbild – Langzeitdurchbiegung in der  
quasi-ständigen Bemessungssituation



$$w_{\text{net,fin}} = w_{\text{fin}} - w_c < l/250$$

$$w_{\text{net,fin}} = w_{\text{fin}} - w_c = \left( w_{G,\text{inst}} + \sum_{l \geq 1} \psi_{2,l} \cdot w_{Q,l,\text{inst}} \right) \cdot (1 + k_{\text{def}}) - w_c$$

Für die Überhöhung  $w_c$  kann maximal die Anfangsdurchbiegung infolge ständiger Last  $w_{G,\text{inst}}$  in Rechnung gestellt werden!!

### Nachweisführung gemäß Abs. 9.2 der DIN 1052:2004-08

- charakteristische (seltene) Bemessungssituation

- $w_{Q,\text{inst}} = 2,14 \text{ mm} \leq l / 300 = 5400 / 300 = 18 \text{ mm}$

- $w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} = 22,1 - 5,25 = 16,9 \text{ mm} \leq l / 200 = 5400 / 200 = 27 \text{ mm}$

mit:

$$w_{\text{fin}} = w_{G,\text{fin}} + w_{Q,\text{fin}} + w_{S,\text{fin}} = w_{G,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + w_{Q,\text{inst}} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) + w_{S,\text{fin}}$$

$$w_{\text{fin}} = 5,25 \cdot (1 + 1,14) + 2,14 \cdot (1 + 0,3 \cdot 1,14) + 8,0 = 22,1 \text{ mm}$$

- quasi-ständige Bemessungssituation

$$w_{\text{fin}} - w_0 = 20,6 \text{ mm} \leq l / 200 = 27 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{gemäß EC 5; NAD } l/250 = 21,6 \text{ mm !!}$$

mit:

$$w_{\text{fin}} = w_{G,\text{fin}} + w_{Q,\text{fin}} + w_{S,\text{fin}} = w_{G,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + \psi_{2,1} \cdot w_{Q,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + w_{S,\text{fin}}$$

$$w_{\text{fin}} = 5,25 \cdot (1 + 1,14) + 0,3 \cdot 2,14 \cdot (1 + 1,14) + 8,0 = 20,6 \text{ mm}$$



# ÖNORM EN 1995-1-1

## Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

### Schwingungen von Wohnungsdecken

Wohnungsdecken mit einer **ersten Eigenfrequenz  $f_1 \leq 8$  Hz** erfordern eine **detaillierte Untersuchung**.

Wie empirische Untersuchungen von Ohlsson gezeigt haben, ist die **Wahrnehmung von Deckenschwingungen**:

- bei **Frequenzen  $< 8$  Hz** abhängig von: der **Schwingbeschleunigung**
- bei **Frequenzen  $> 8$  Hz** abhängig von: der **Schwinggeschwindigkeit**

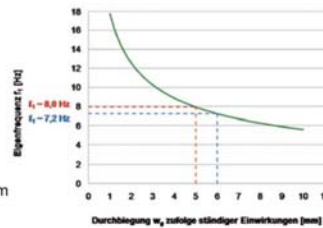
Zusammenhang zwischen erster Eigenfrequenz und der Durchbiegung unter ständigen Einwirkungen

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}} \quad w = \frac{5 \cdot q_g \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

$$l^2 = \frac{\pi}{2 \cdot f_1} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}} \quad l^2 = \sqrt{\frac{384 \cdot E \cdot J \cdot w_g}{5 \cdot m \cdot g}}$$

$$\rightarrow f_1 = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot g}{384}} \cdot \frac{1}{\sqrt{w_g}} \approx \frac{0,56}{\sqrt{w_g}} \quad \text{mit } w_g = 0,005 \text{ m}$$

$$\rightarrow f_1 \approx \frac{0,56}{\sqrt{w_g}} \approx \frac{0,56}{\sqrt{0,005}} \approx 8,0 \text{ Hz}$$



Anmerkung:  
DIN 1052 mit quasi-ständiger LF-Kombination

EUROCODE 5 Seminar, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten nach EN 1995-1-1, Beispiele, Linz, 13. & 14. Februar 2009, Technische Universität Graz

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen



### Schwingungsnachweis

Für den Schwingungsnachweis dürfen die Steifigkeitswerte des Anfangszustandes verwendet werden. Der Grenzwert von 6,0 mm unter quasi-ständiger Einwirkung ist eingehalten:

$$w_{q-s} = w_{G,inst} + \psi'_{2,1} \cdot w_{Q,inst} = 5,25 + 0,3 \cdot 2,14 = 5,9 \text{ mm} \leq 6,0 \text{ mm}$$

gemäß EC 5  
5,0 mm !!

Quelle: WINTER, S., KREUZINGER, H. und MESTEK, P. (2008): Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen. München: Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München.

Dr. Alireza Fadai, ITI/TU Wien

Holzbau II WS 2013/14 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

