



Universität Stuttgart

Institut für Konstruktion und Entwurf

Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann



Holz-Beton-Verbunddecken – Neue Erkenntnisse für die Bemessung von Decken mit großen Spannweiten oder hohen Lasten

24. Internationales Holzbau-Forum
IHF 2018

5. - 7. Dezember 2018
Garmisch-Partenkirchen

Simon Mönch (Universität Stuttgart)

Ulrike Kuhlmann (Universität Stuttgart)

Simon Mönch

Übersicht

Holz-Beton-Verbunddecken – Neue Erkenntnisse für die Bemessung

1. Motivation und Grundlagen
2. Überblick: Push-Out- und Trägerversuche
3. Ergebnisse und Vergleich der Versuchsserien
4. Literaturvergleich
5. Simulation und Parameterstudie einer HBV-Decke
6. Vorschläge zur Bemessung von Kervenverbindungen
7. Zusammenfassung und Ausblick



1. Motivation und Grundlagen

Holz-Beton-Verbundkonstruktionen (HBV)

Hauptanwendungsgebiete:

- Weitgespannte Deckensysteme
- Mehrgeschossige Gebäude
- Brücken

HBV-Konstruktionen:

- Für große Spannweiten und hohe Lasten
- **Allerdings: Verbindung zwischen Holz und Beton erforderlich**



Mehrgenerationenhaus in Dietwil (CH)
4 Geschosse mit HBV-Decken

Fotos: Pirmin Jung Ingenieure



Mehrfamilienhaus C13 in Berlin (DE)
5-7 Geschosse mit HBV-Decken

Fotos: Pirmin Jung Ingenieure

1. Motivation und Grundlagen

Verbindungsmittel zwischen Holz und Beton

■ Stifförmige Verbindungsmittel:

- Verbundschrauben
- SFS-Schrauben
- Dübelleisten

■ Formschlüssige Verbindungen:

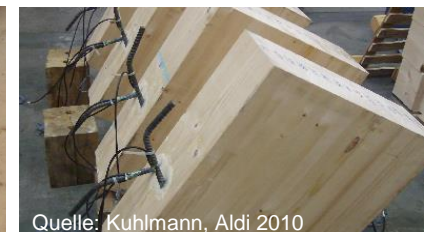
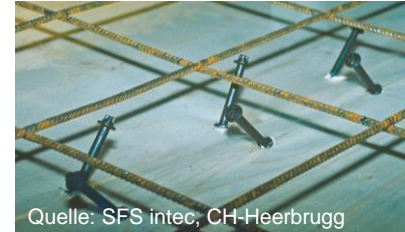
- Kerfen

■ Eingeklebte Verbindungsmittel:

- HBV-Schubverbindern
- Gewindestangen
- Bewehrungsstäben

■ Flachstahlschlösser

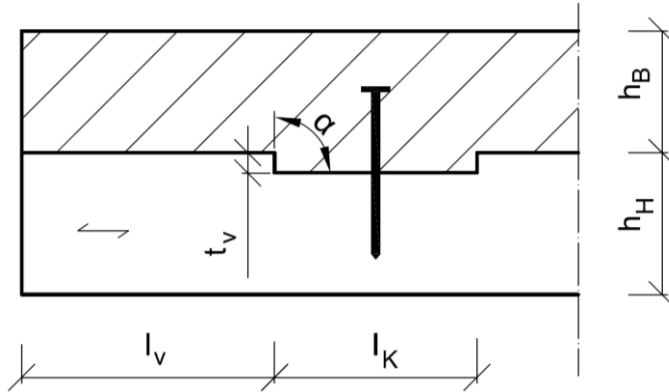
■ Klebeverbund



→ Mit jeweils eigenen vorteilhaften Eigenschaften für den entsprechenden Anwendungsbereich

1. Motivation und Grundlagen

HBV-Decken mit Kerven als effiziente Verbindung



Kerbe mit wichtigen Parametern

Wichtige Parameter:

t_v Kervertiefe

l_k Kervenlänge

l_v Vorholzlänge

h_H Dicke Holz

h_B Dicke Beton

α Neigung der Kerbe

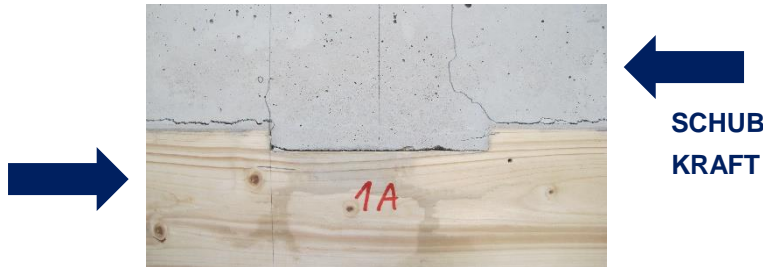
Schrauben optional

Effiziente HBV-Verbindung:

→ Hohe Steifigkeit

→ Hohe Festigkeit

→ Einfache Herstellung



Kervenverbindung im Versuch

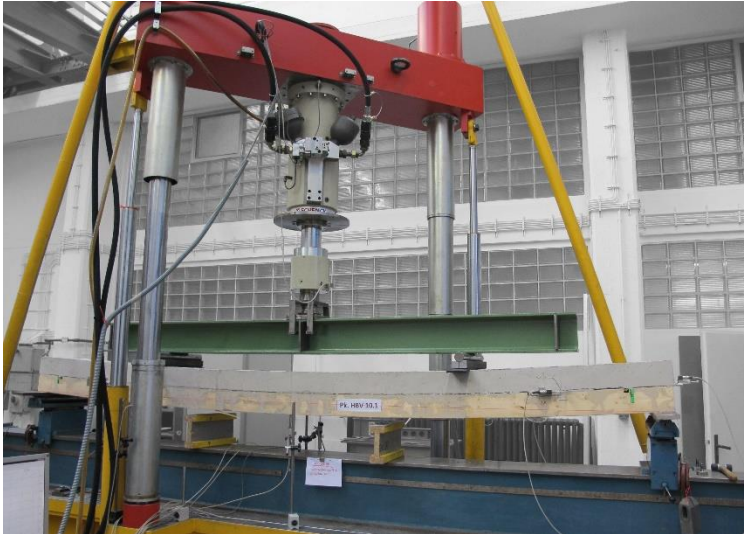
Neben der Tragfähigkeit weitere wichtige Eigenschaft:

→ Verschiebungsmodul der Kerbe

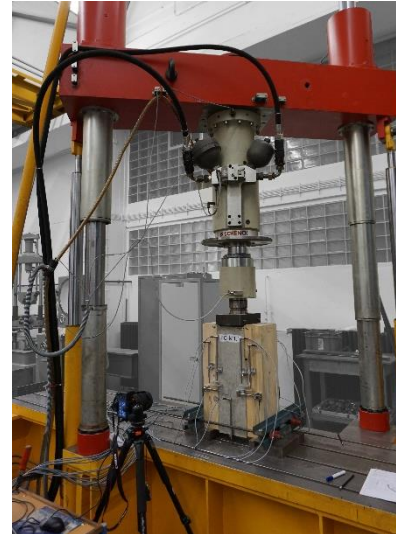
2.1 Push-Out- und Trägerversuche

Überblick aller durchgeführten Versuche

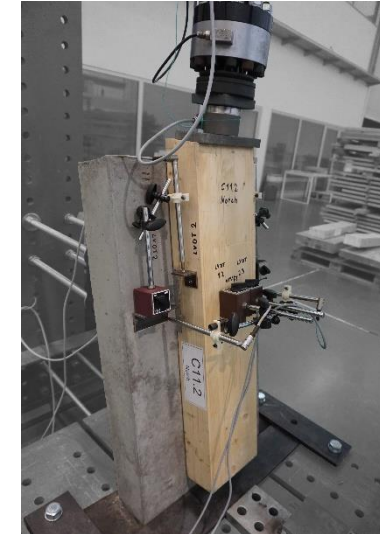
Jahr	Art	Anzahl	Serien
2015	Push-Out Versuche	20	5
2015	HBV-Trägerversuche	18	6
2017	Push-Out Versuche	12	4
2018	Push-Out Versuche	3	1



HBV-Schubträger
Versuche 2015



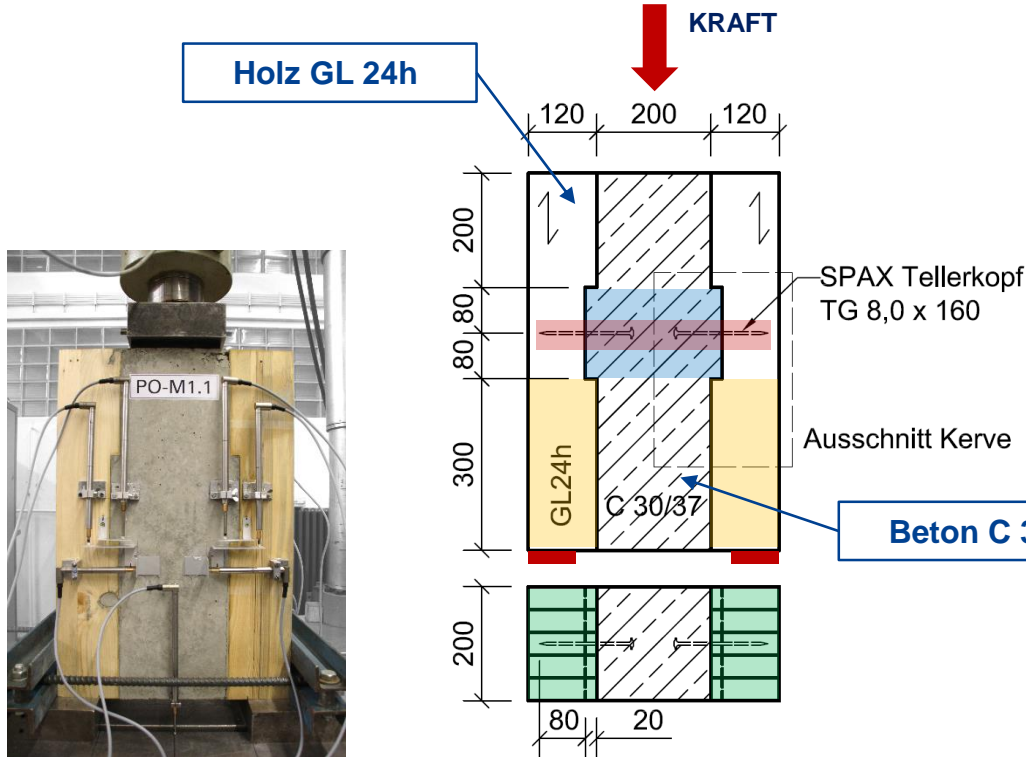
Push-Out Versuchskörper
Versuche 2017



Push-Out Versuchskörper
Versuche 2018

2.2 HBV Push-Out Versuche durchgeführt an der Universität Stuttgart

2015 (5 Versuchsserien) und 2017 (4 Versuchsserien), insgesamt: 32 Push-Out Versuche



Push-Out Versuchskörper mit Wegaufnehmern

Vorderansicht und Draufsicht des Versuchskörpers, Maße in mm

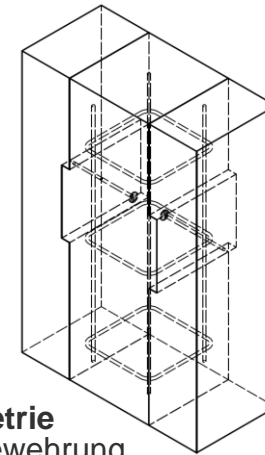
Ziele: Identifikation der Einflüsse:

→ Geometrie der Kerve (Länge)

→ Schrauben

→ Orientierung der BSH-Lamellen

→ Vorholzlänge



2.2 HBV Push-Out Versuche durchgeführt an der Universität Stuttgart

Überblick und Konfiguration der Push-Out Versuche 2015 (K. Kudla)

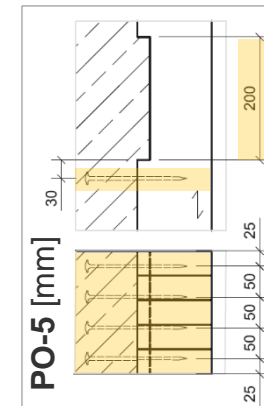
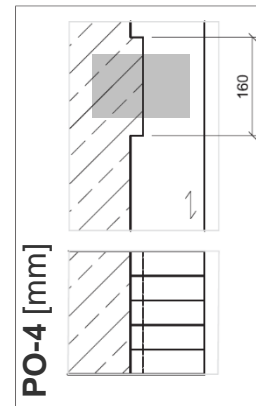
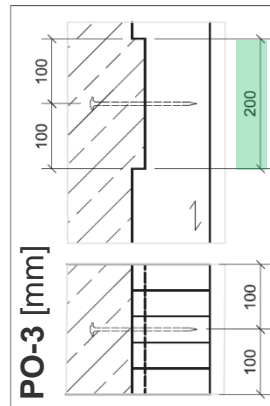
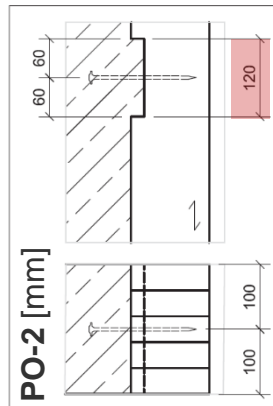
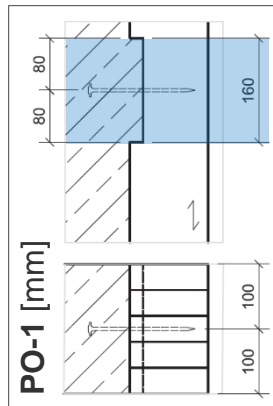
Serie Nummer	Versuchskörper Anzahl	Länge der Kerfe [mm]	Schraube in der Kerfe	l_v [mm]	$l_v \triangleq$	BSH-Lamellen
PO-1	7	160	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-2	3	120	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-3	3	200	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-4	4	160	-	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-5	3	200	X*	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-M1	3	160	X	300	$15 \cdot t_v$	flachkant
PO-M2	3	160	X	160	$8 \cdot t_v$	stehend
PO-M3	3	160	X	160	$8 \cdot t_v$	flachkant
PO-M4	3	160	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend

Varierte Parameter 2015:

→ Länge der Kerfe

→ Schrauben

* Zusätzliche Schrauben vor der auf Druck belasteten Kervenflanke



2.2 HBV Push-Out Versuche durchgeführt an der Universität Stuttgart

Überblick und Konfiguration der Push-Out Versuche 2017

Serie Nummer	Versuchskörper Anzahl	Länge der Kerfe [mm]	Schraube in der Kerfe	l_v [mm]	$l_v \triangleq$	BSH-Lamellen
PO-1	7	160	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-2	3	120	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-3	3	200	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-4	4	160	-	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-5	3	200	X*	300	$15 \cdot t_v$	stehend
PO-M1	3	160	X	300	$15 \cdot t_v$	flachkant
PO-M2	3	160	X	160	$8 \cdot t_v$	stehend
PO-M3	3	160	X	160	$8 \cdot t_v$	flachkant
PO-M4	3	160	X	300	$15 \cdot t_v$	stehend

* Zusätzliche Schrauben vor der auf Druck belasteten Kervenflanke

Varierte Parameter 2015:

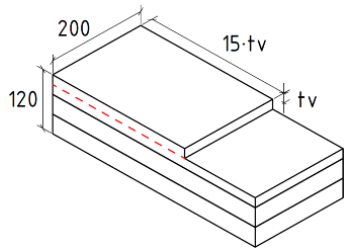
→ Länge der Kerfe

→ Schrauben

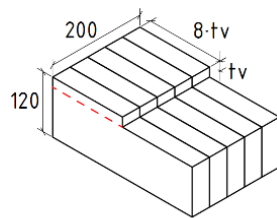
Varierte Parameter 2017:

→ Anordnung der BSH-Lamellen

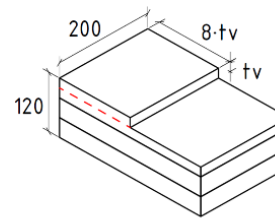
→ Vorholzlänge l_v



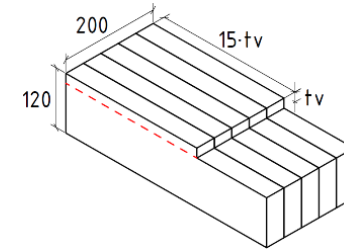
PO-M1 [mm]



PO-M2 [mm]



PO-M3 [mm]



PO-M4 [mm]

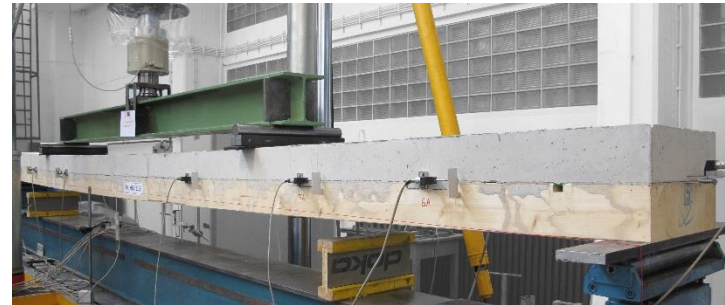
2.3 HBV-Träger Versuche durchgeführt an der Universität Stuttgart

Überblick und Konfiguration Versuche 2015 (K. Kudla)

Trägerart	Anzahl Gesamt	Serien	Länge [m]	Kervertiefe [mm]	Kerven pro Träger	Vorholzlänge I_v [mm]
Schubträger	9	3	4,0	20	2	300
Biegeträger	9	3	6,0	20	6	300



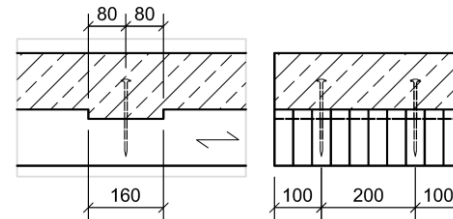
HBV-Träger im Versuch:
Schubträger 4,0 m



HBV-Träger im Versuch:
Biegeträger 6,0 m

Variierte Anordnung der Tellerkopfschrauben:

- In Kervenmitte
- Ohne Schrauben
- Hinter der Kerve (Biegeträger)
- Zur Vorholzverstärkung (Schubträger)



Schraube in Kervenmitte
Kervendetail, Maße in mm

2.4 HBV-Versuche durchgeführt an der Universität Coimbra, Portugal

Überblick durchgeführter Versuche



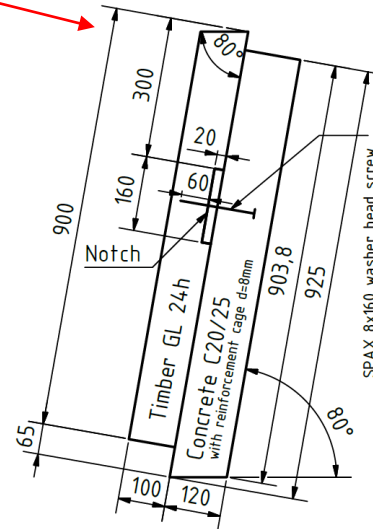
Short Term Scientific Mission (STSM), COST Action FP 1402


- Kooperation mit Prof. Alfredo Dias (University of Coimbra, Portugal)
- Thema: „Influence of Friction on the Performance of TCC Structures“

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Planung weiterführender Versuche (Serie C11):

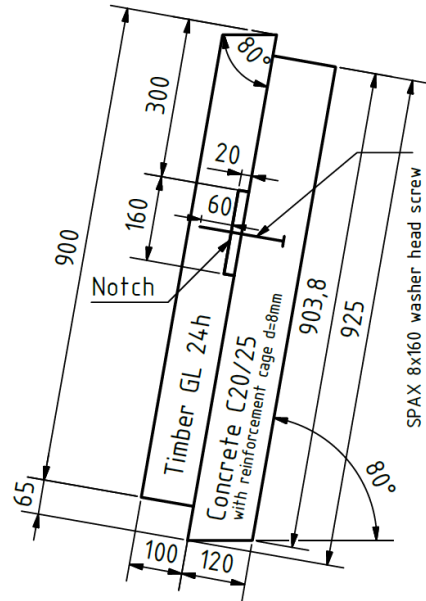
- Um 10° geneigter Versuchsaufbauten
- Untersuchung von Steifigkeit, Tragfähigkeit und Versagensverlauf



 University of Stuttgart Germany	Institute of Structural Design <i>Steel, Timber and Composite Construction</i> Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann
COST Action FP 1402 Basis of Structural Timber Design – From Research to Standards	
Short Term Scientific Mission (STSM) Influence of Friction on the Performance of Timber- Concrete Composite (TCC) Structures Period: 13.04. - 30.04.2018	
Name:	Simon Mönch
Reference number:	COST-STSM-FP1402-40370
Home Institution:	University of Stuttgart, Germany Institute of Structural Design Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann
Host Institution:	University of Coimbra, Portugal Department of Civil Engineering Prof. Dr. Alfredo Geráldez Das

2.4 HBV-Versuche durchgeführt an der Universität Coimbra, Portugal

Überblick und Konfiguration der Push-Out Versuche 2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Ziel der Serie C11:

- Vergleich der Versuchsaufbauten
- Symmetrisch vs. geneigter Aufbau
- Last-Verschiebungskurven
- Vergleich K_{ser} und F_{max}

Geometrieparameter der um 10° geneigten Versuchskörper Serie C11:

- Kervengeometrie vergleichbar mit Serien PO-1 bzw. PO-M4 (Uni Stuttgart)
- BSH-Lamellen „stehend“, Vorholzlänge $l_v = 15 \cdot t_v = 300$ mm
- Kerventiefe $t_v = 20$ mm, Kerventiefe $t_b = 200$ mm

3.1 Ergebnisse der Versuche an der Universität Stuttgart

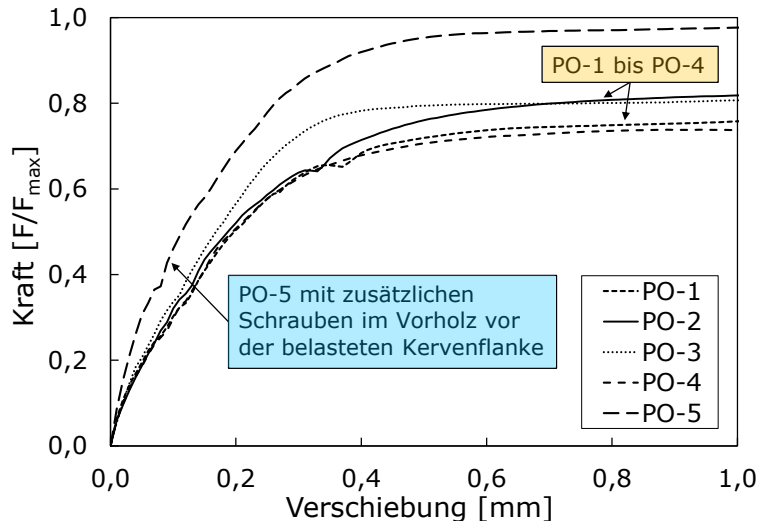
Steifigkeit und Tragfähigkeit, Push-Out Versuche 2015

Serie Nummer	$l_v \triangleq$	BSH-Lamellen	K_{ser} (mean) [kN/mm/m]	Variationskoeffizient [-]	F_{max} (mean) [kN/m]	Variationskoeffizient [-]
PO-1	$15 \cdot t_v$	stehend	1.372	0,216	541	0,031
PO-2	$15 \cdot t_v$	stehend	1.571	0,151	602	0,053
PO-3	$15 \cdot t_v$	stehend	1.971	0,200	582	0,115
PO-4	$15 \cdot t_v$	stehend	1.629	0,265	509	0,041
PO-5*	$15 \cdot t_v$	stehend	2.816	0,177	662	0,057
PO-1 bis PO-4	$15 \cdot t_v$	stehend	1.571	0,240	551	0,082

* Zusätzliche Schrauben vor der auf Druck belasteten Kervenflanke



Versuchsaufbau Serie PO-1.3



Länge der Kerven und Schrauben in der Kerbe:

- Nicht relevant für K_{ser} bzw. Versagensmodus
- Ohne Schrauben nur geringes Abheben (Holz-Beton)

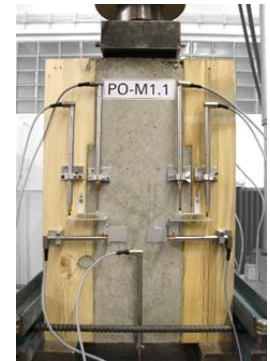
Zusätzliche Schrauben vor der Kerbe:

- Höhere Steifigkeit K_{ser} und höhere Tragfähigkeit F_{max}

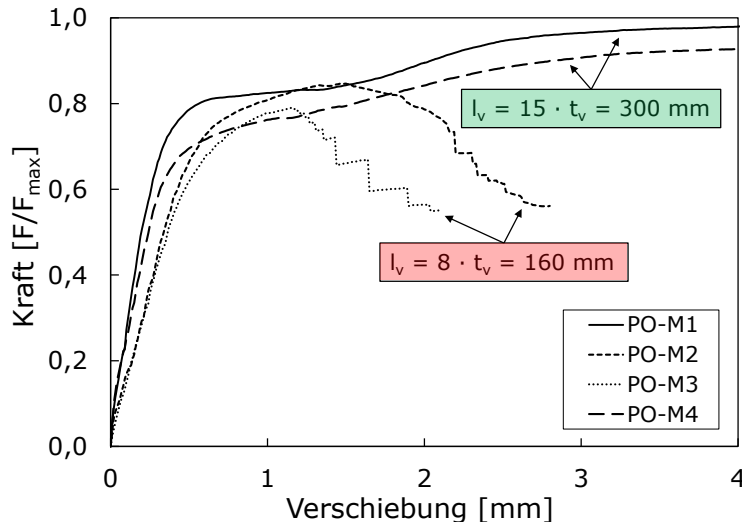
3.1 Ergebnisse der Versuche an der Universität Stuttgart

Steifigkeit und Tragfähigkeit, Push-Out Versuche November 2017

Serie Nummer	$l_v \triangleq$	BSH-Lamellen	K_{ser} (mean) [kN/mm/m]	Variationskoeffizient [-]	F_{max} (mean) [kN/m]	Variationskoeffizient [-]
PO-M1	$15 \cdot t_v$	flachkant	1.327	0,060	549	0,080
PO-M2	$8 \cdot t_v$	stehend	942	0,009	473	0,014
PO-M3	$8 \cdot t_v$	flachkant	813	0,380	462	0,034
PO-M4	$15 \cdot t_v$	stehend	1.133	0,168	516	0,026
PO-M1 + PO-M4	$15 \cdot t_v$		1.230	0,137	532	0,064
PO-M2 + PO-M3	$8 \cdot t_v$		878	0,220	472	0,027



Versuchsaufbau Serie PO-M1



Vorholzlänge:

→ Entscheidend

Orientierung der BSH-Lamellen:

→ Ähnliches Verhalten für „stehend“ bzw. „flachkant“

Linear-elastisches Verhalten:

→ bis ca. 70 % - 80 % der Maximallast F_{max}

→ Daher sollte $K_u = K_{ser}$ angesetzt werden

3.2 Ergebnisse der Versuche an der Universität Coimbra, Portugal

Steifigkeit und Tragfähigkeit, Push-Out Versuche August 2018

Serie Nummer	$l_v \triangleq$	BSH-Lamellen	K_{ser} (mean) [kN/mm/m]	Variationskoeffizient [-]	F_{max} (mean) [kN/m]	Variationskoeffizient [-]
C11**	$15 \cdot t_v$	stehend	922	0,083	518	0,066

** Versuchsaufbau 10° geneigt und mit nur einer Kerne

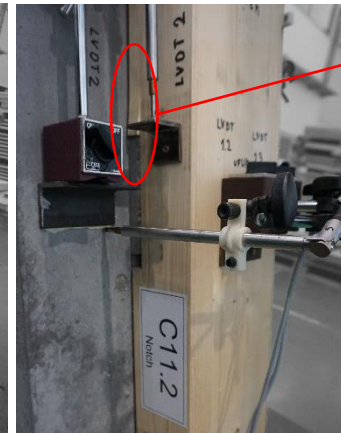
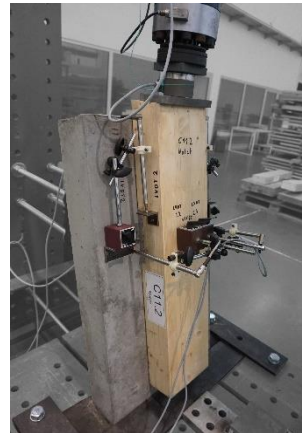
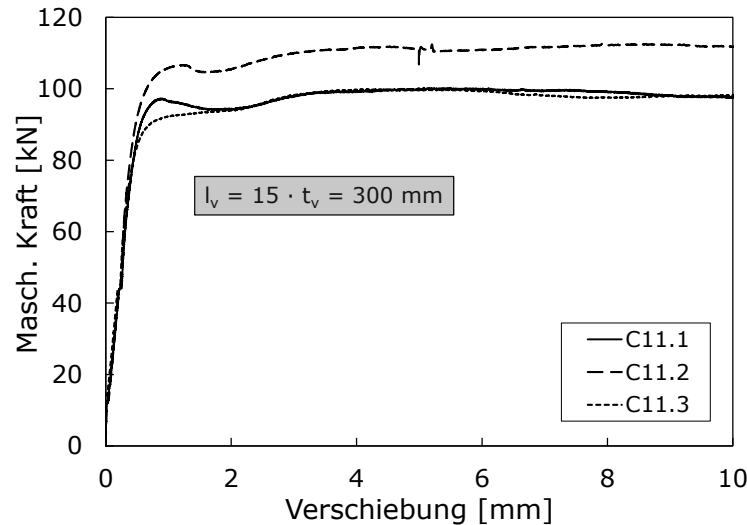


UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Um 10° geneigter Versuchsaufbau vs. symmetrischen Push-Out Versuch:

- Vergleichbares Last-Verformungsverhalten
- Gleiches duktiles Versagen und ähnliche Werte für K_{ser} bzw. F_{max}



Versuchsserie C11
Stauchung der Fasern

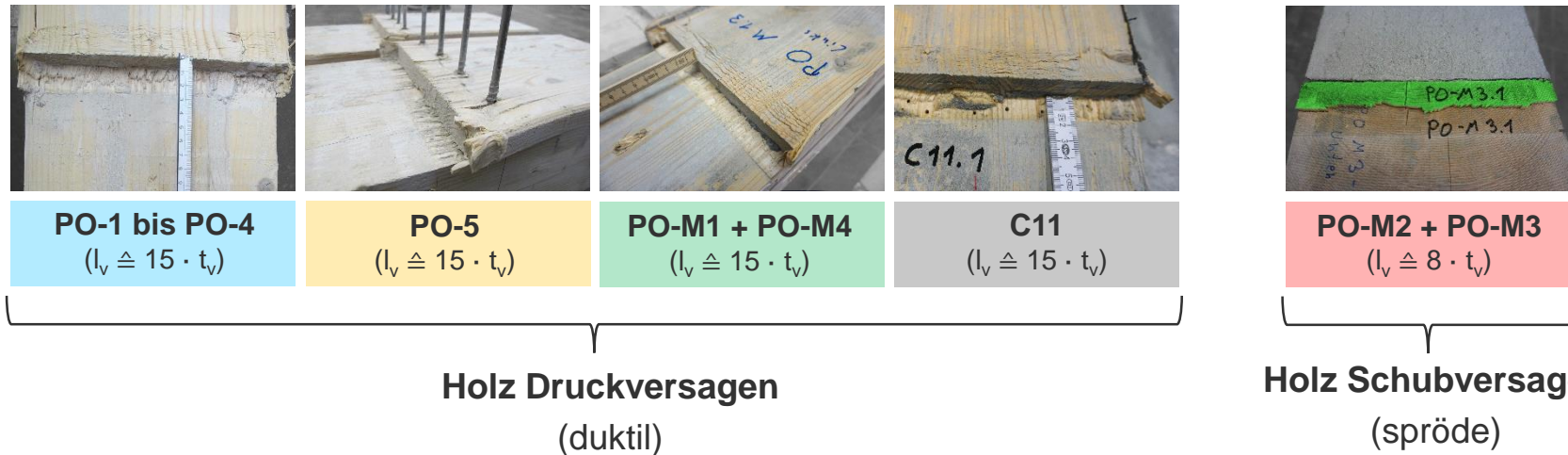
3.3 Ergebnisse und Vergleich aller durchgeführten Push-Out Versuche

Steifigkeit, Tragfähigkeit und Versagensmodus der Versuche 2015, 2017 und 2018

Serie Nummer	$l_v \triangleq$	K_{ser} (mean) [kN/mm/m]	Variationskoeffizient [-]	F_{max} (mean) [kN/m]	Variationskoeffizient [-]
PO-1 bis PO-4	$15 \cdot t_v$	1.571 + 80 %	0,240	551 + 20 %	0,082
PO-5*	$15 \cdot t_v$	2.816	0,177	662	0,057
PO-M1 + PO-M4	$15 \cdot t_v$	1.230 - 40 %	0,137	532 - 13 %	0,064
PO-M2 + PO-M3	$8 \cdot t_v$	878	0,220	472	0,027
C11**	$15 \cdot t_v$	922	0,083	518	0,066

* Zusätzliche Schrauben vor der auf Druck belasteten Kervenflanke

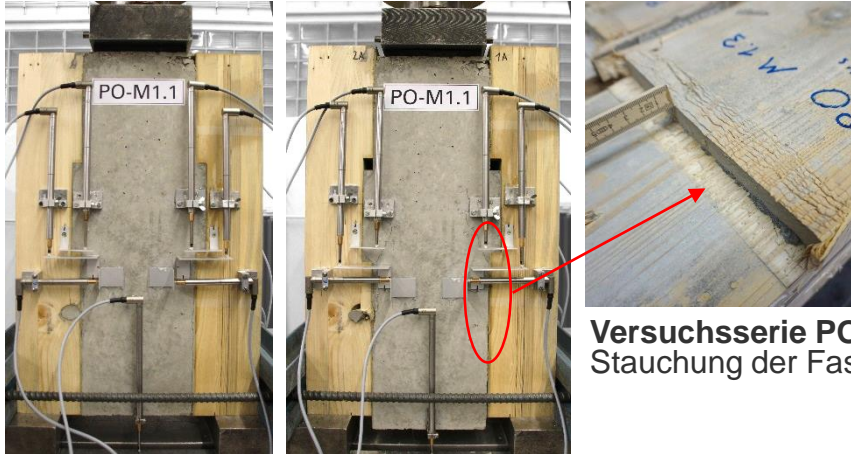
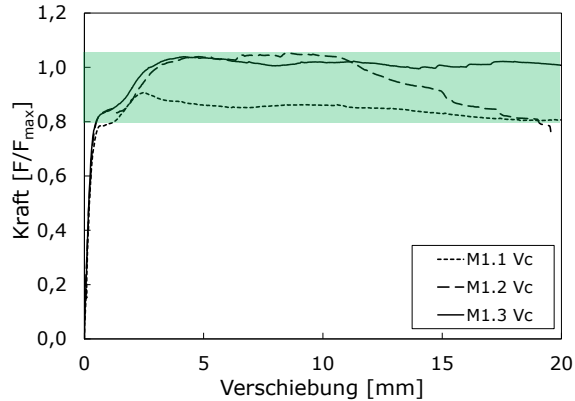
** Versuche 10° geneigt und mit nur einer Kerbe



3.4 Versagensmodus und Versagensverlauf der Serien PO-M1 und PO-M4

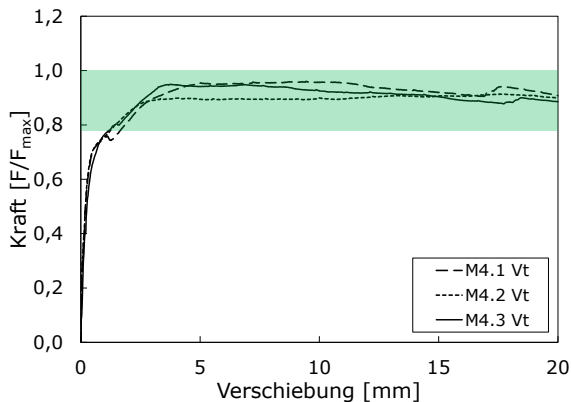
$l_v = 300 \text{ mm}$ (\cong 15-fache Kervertiefe)

Serie PO-M1 (BSH-Lamellen flachkant)



Versuchsserie PO-M1
Stauchung der Fasern

Serie PO-M4 (BSH-Lamellen stehend)

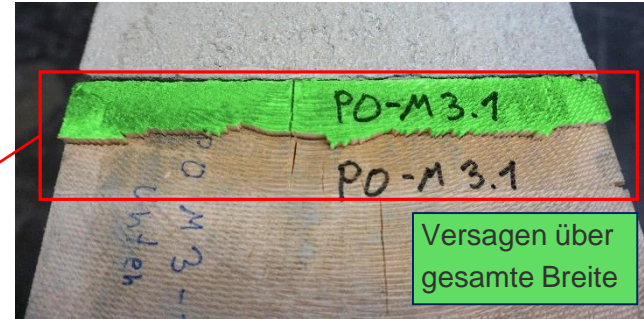
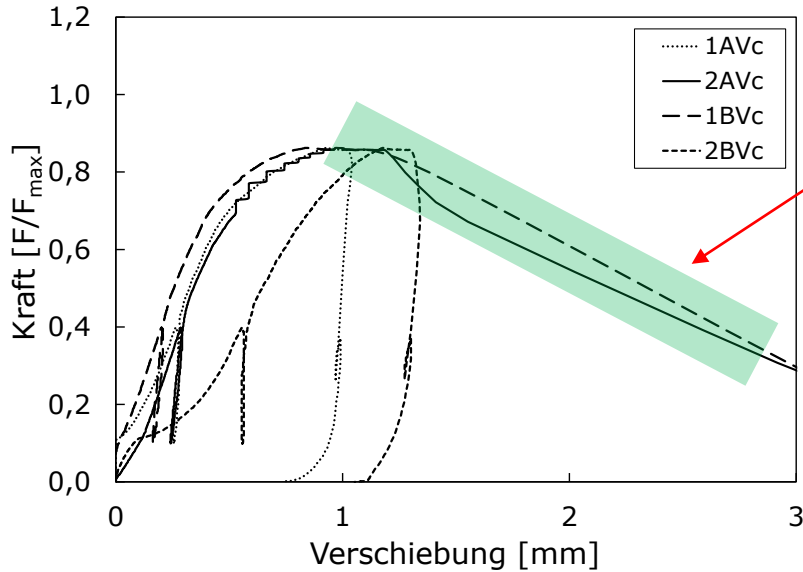


- Versagen im **Holz**:
Stauchung der druckbeanspruchten Fasern bis min. 20 mm
- Versagen im **Beton**:
Schräge Risse kurz vor F_{max}
- Ähnliches Verhalten für „flachkant“ bzw. „stehend“ angeordnete BSH-Lamellen

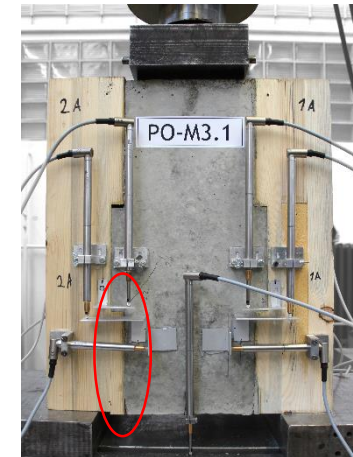
3.5 Versagensmodus und Versagensverlauf der Serie PO-M3

$l_v = 160 \text{ mm}$ (\cong 8-fache Kerventiefe), BSH-Lamellen liegend

Beispiel: Versuchskörper PO-M3.1 (BSH-Lamellen flachkant)



Versuchskörper PO-M3.1
Unterseite mit abgeschertem Vorholz

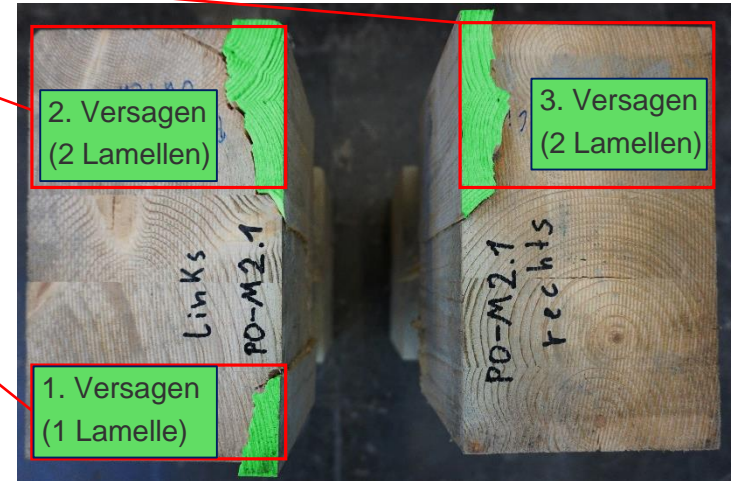
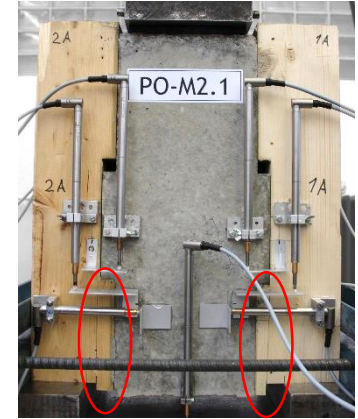
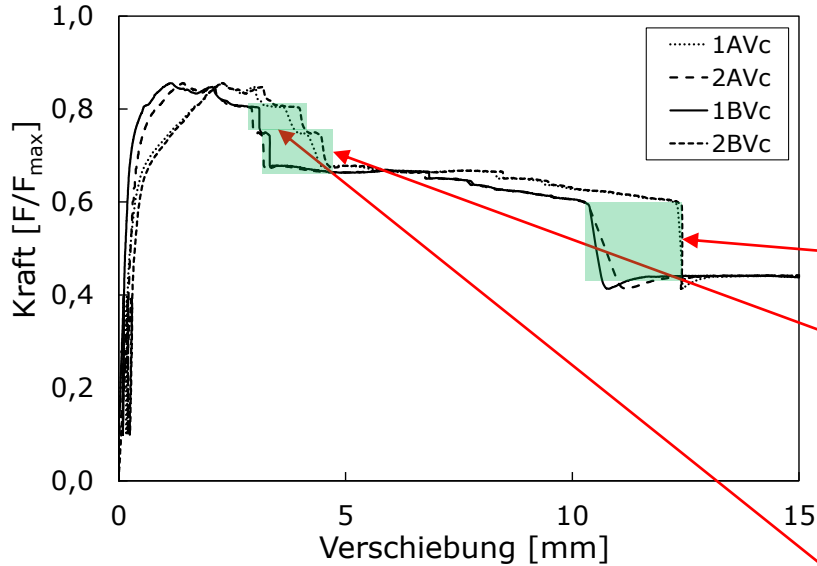


- Versagen im **Holz**:
Abscheren des Vorholzes (auf gesamter Kerventiefe)
- Versagen im **Beton**:
Schräge Risse kurz vor F_{max}

3.6 Versagensmodus und Versagensverlauf der Serie PO-M2

$l_v = 160 \text{ mm}$ (\cong 8-fache Kervertiefe), BSH-Lamellen stehend

Beispiel: Versuchskörper PO-M2.1 (BSH-Lamellen stehend)



- Versagen im **Holz**:
Abscheren des Vorholzes (zum Teil lamellenweise)
- Versagen im **Beton**:
Schräge Risse kurz vor F_{max}

Versuchskörper PO-M2.1
Unterseite mit abgeschertem Vorholz

3.7 Versagensmodus und Versagensverlauf der HBV-Trägerversuche

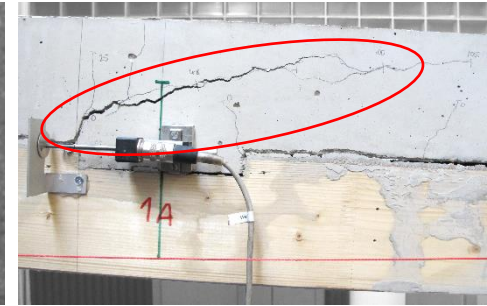
Versagensarten in den 4-Punkt-Biegeversuchen



HBV-Träger im Versuch:
Biegeträger mit 6 Kernen, Länge: 6,0 m



Stauchung der Holzfasern
Schubträger 40.3



Risswachstum im Beton
HBV-Biegeträger 11.1

→ **Schrauben:**

Position bzw. Vorhandensein in Kerne → **kein Einfluss** auf das Trag- und Verformungsverhalten

→ **Holzversagen:**

Druckverformung der Holzfasern in der Kervenflanke → **Duktiles Holzversagen**

→ Gleiches duktilen Holzversagen wie in den Push-Out Versuchen mit $l_v = 15 \cdot t_v = 300 \text{ mm}$

→ **Risse im Beton:**

Ausgehend von der Kervenflanke → **schräge Risse kurz vor F_{max}**

4. Weiterer Vergleich mit Literaturdaten

Ergebnisse aus Push-Out-Versuchen mit Kerfen

	Literatur	$l_v \triangleq$	Beton-Güte	Holz-Güte	K_{ser} (mean) [kN/mm/m]	Versagensart
$t_v = 20 \text{ mm}$	Grosse (2005)	$12,5 \cdot t_v$	C 35/45	Brettstapel S10 (C24)	1.602	Druckversagen des Betons / (Druck in Faserrichtung)
	Schönborn (2006)	$18 \cdot t_v$	C 25/30	GL 24h	1.368	Druck in Faserrichtung / (Schubrisse im Beton)
	Michelfelder (2006)	$12,5 \cdot t_v$	C 20/25	Brettstapel S7 (C16)	706	Abscheren Vorholz
	Simon (2008)	$12,5 \cdot t_v$	C 25/30	GL 28h	737	Druck in Faserrichtung / Abscheren Vorholz
$t_v = 40 \text{ mm}$	Kuhlmann & Aldi (2010)	$10,0 \cdot t_v^*$	C 30/37	GL 32h	1.757	Abscheren Vorholz

* $t_v = 40 \text{ mm}$

Basierend auf einer Literaturstudie von K. Kudla innerhalb COST Action FP1402

Eigene Versuche: Beton C30/37 – Holz GL 24h

	Serie Nummer	$l_v \triangleq$	K_{ser} (mean) [kN/mm/m]
$t_v = 20 \text{ mm}$	PO-1 bis PO-4	$15 \cdot t_v$	1.571
	PO-5*	$15 \cdot t_v$	2.816
	PO-M1 + PO-M4	$15 \cdot t_v$	1.230
	PO-M2 + PO-M3	$8 \cdot t_v$	878
	C11**	$15 \cdot t_v$	922

* Zusätzliche Schrauben vor der auf Druck belasteten Kerfenflanke

** Versuche 10° geneigt und mit nur einer Kerfe

Einflüsse auf den Verschiebungsmodul K_{ser} :

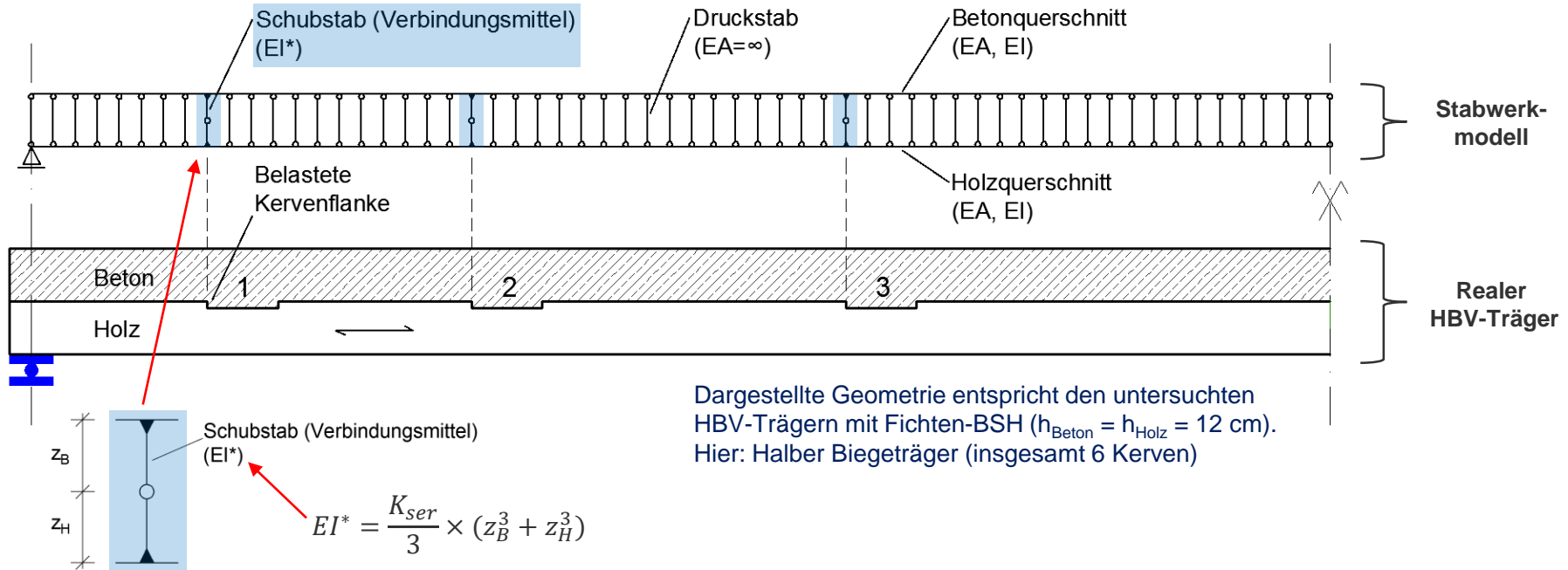
- Geometrie des Versuchskörpers (l_v und t_v)
- Materialgüten
- Position der Wegaufnehmer
- und weitere

5. Simulation und Parameterstudie

Untersuchungen mit einem Stabwerkmodell für ein HBV-Deckensystem

Grundlagen zum Stabwerkmodell nach Rautenstrauch et al.:

→ Diskontinuierliche Anordnung von Verbindungsmitteln (Kerven)



5. Simulation und Parameterstudie

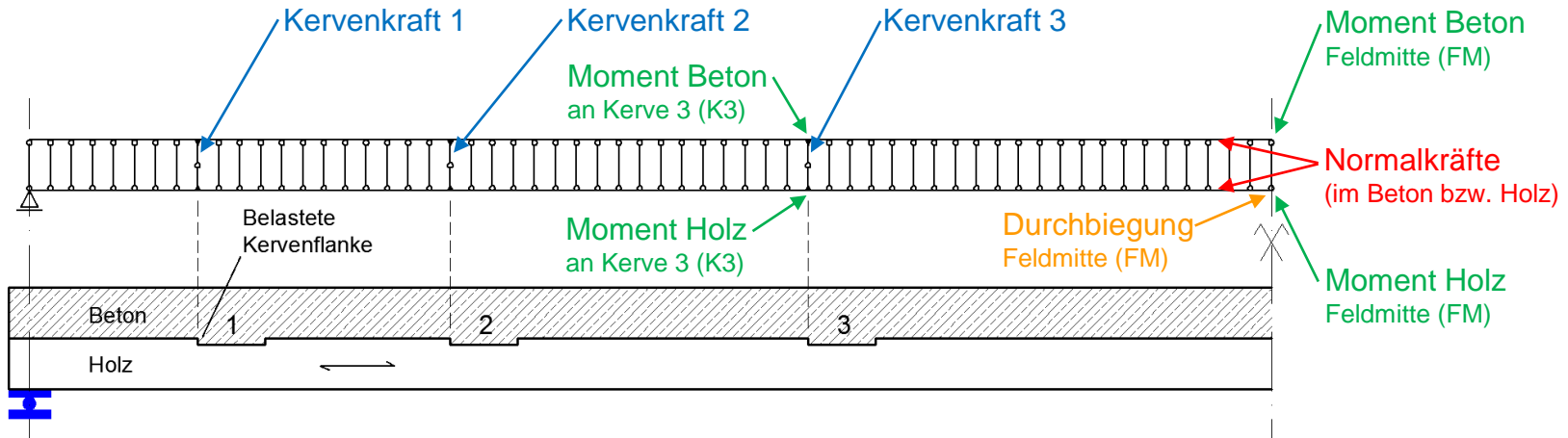
Untersuchungen mit einem Stabwerkmodell für ein HBV-Deckensystem

Geometrie und Eingangswerte:

- Geometrie entspricht den HBV-Versuchs-Biegeträgern
- Länge: 6,0 m, Breite: 0,4 m, $h_{\text{Beton}} = h_{\text{Holz}} = 12 \text{ cm}$
- 6 Kerben, Holz: GL 24h, Beton: C30/37
- Variation K_{ser} der Kerben = 50 bis 3.000 kN/mm/m

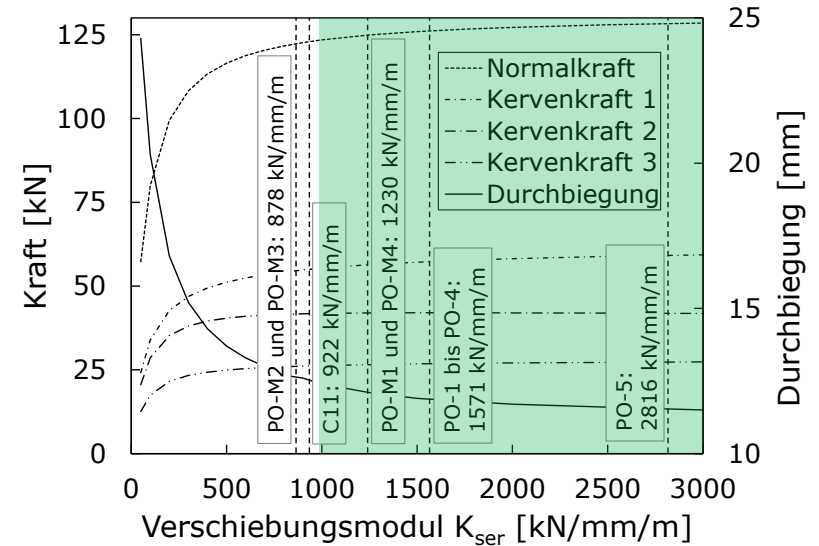
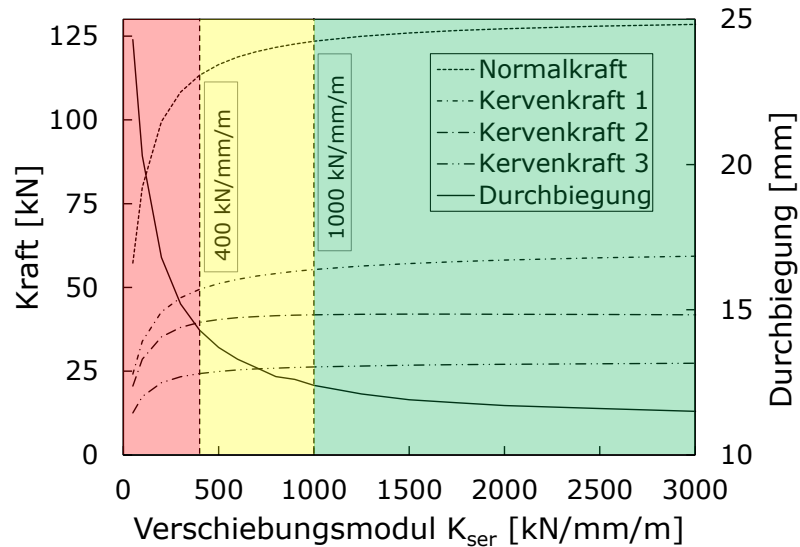
Betrachtungen bei der Parameterstudie:

- **Normalkräfte** und **Kervenkkräfte**
- **Momente** in den Teilquerschnitten
- **Durchbiegung** in Feldmitte (FM)



5. Simulation und Parameterstudie

Normalkräfte, Kervenkkräfte und Durchbiegung in Feldmitte



→ Auswirkungen variiertes Verschiebungsmoduln auf innere Kräfte und Durchbiegungen:

$K_{ser} \leq 400$ kN/mm/m

→ Kontinuierliche Steigerung der Werte

$400 < K_{ser} < 1.000$ kN/mm/m

→ Geringe Veränderung der Werte

$K_{ser} \geq 1.000$ kN/mm/m

→ Vernachlässigbar geringe Effekte auf sich verändernde Werte

6. Vorschläge für Werte zur Bemessung von Kerfenverbindungen

Für HBV-Konstruktionen im Rahmen des Eurocode 5

$K_{ser} = K_u = 1.000 \text{ kN/mm/m}$ (→ für Kerftiefen von $t_v = 20 \text{ mm}$)

$K_{ser} = K_u = 1.500 \text{ kN/mm/m}$ (→ für Kerftiefen von $t_v \geq 30 \text{ mm}$)

Randbedingungen für die Verwendung
der Verschiebungsmoduln K_{ser} :

→ **Brettschichtholz** (mindestens GL 24h)

nach DIN EN 14080 oder

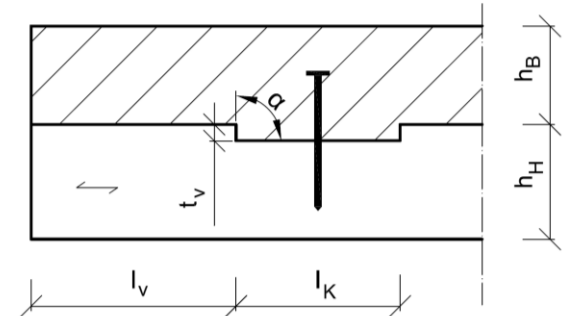
Brettstapelholz (mindestens C24)

nach DIN EN 338

→ **Beton** (mindestens C 20/25)

nach DIN EN 1992-1-1

→ **Betonkörnung** maximal 16 mm



Kerfe mit wichtigen Parametern

6. Vorschläge für Werte zur Bemessung von Kerfenverbindungen

Für HBV-Konstruktionen im Rahmen des Eurocode 5

$K_{ser} = K_u = 1.000 \text{ kN/mm/m}$ (→ für Kerftiefen von $t_v = 20 \text{ mm}$)

$K_{ser} = K_u = 1.500 \text{ kN/mm/m}$ (→ für Kerftiefen von $t_v \geq 30 \text{ mm}$)

Randbedingungen für die Verwendung
der Verschiebungsmoduln K_{ser} :

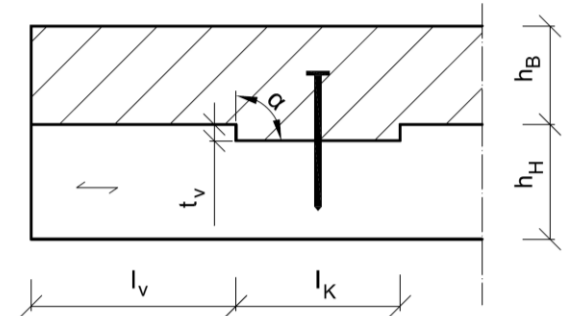
→ Brettschichtholz Lamellenanordnung

„stehend“ oder „liegend“

→ Tellerkopfschrauben

in der Kerfe ($D \geq 6 \text{ mm}$)

(Als Konstruktionsregel, um ein Abheben
der Verbundkomponenten zu verhindern)



Kerfe mit wichtigen Parametern

6. Vorschläge für Werte zur Bemessung von Kerfenverbindungen

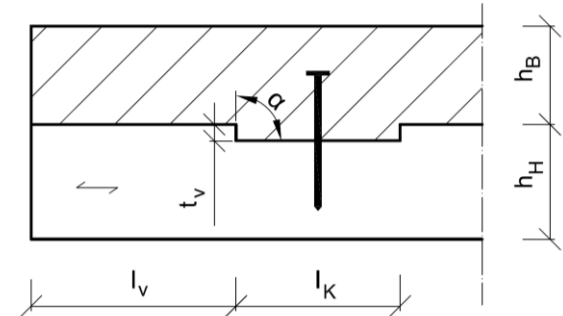
Für HBV-Konstruktionen im Rahmen des Eurocode 5

$K_{\text{ser}} = K_u = 1.000 \text{ kN/mm/m}$ (→ für Kerftiefen von $t_v = 20 \text{ mm}$)

$K_{\text{ser}} = K_u = 1.500 \text{ kN/mm/m}$ (→ für Kerftiefen von $t_v \geq 30 \text{ mm}$)

Randbedingungen für die Verwendung
der Verschiebungsmoduln K_{ser} :

- Kerftiefe t_v
mindestens 20 mm
- Länge der Kerfe l_N
mindestens 150 mm und höchstens 200 mm
- Vorholzlänge l_v vor der auf Druck belasteten Kerfenflanke
mindestens $15 \cdot t_v$
- Neigung der Kerfenflanke α
zwischen 90° und 100°



Kerfe mit wichtigen Parametern

7. Zusammenfassung

Holz-Beton-Verbunddecken – Neue Erkenntnisse für die Bemessung von Decken

1. **Grundlagen** zu HBV-Decken mit Kernen
2. **Überblick** der durchgeführten **HBV-Versuchsserien** in 2015, 2017 und 2018
→ Push-Out- und HBV-Trägerversuche
3. **Ergebnisse und Vergleich** der Versuchsserien
4. Weiterführende **Literaturstudie**
5. **Simulation und Parameterstudie** einer HBV-Decke
6. Vorschläge für **Werte zur Bemessung von Kernenverbindungen**

→ **Kerbe: Effiziente HBV-Verbindung**
mit hoher Festigkeit und Steifigkeit



Push-Out Versuch
an der MPA Stuttgart

7. Ausblick

DFG-Forschungsprojekt (2018 bis 2020)

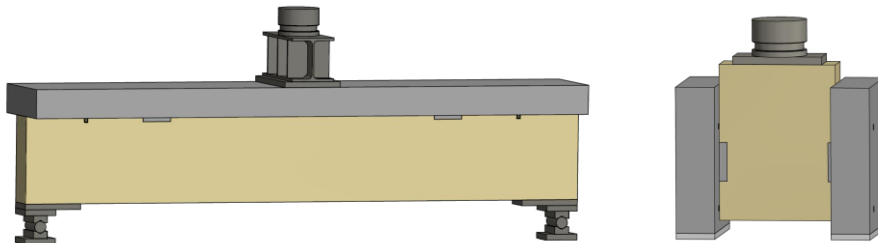
„Ermüdungsverhalten von Kernen und selbstbohrenden Vollgewindeschrauben für die Anwendung als Verbindungsmittel bei Holz-Beton-Verbundträgern“

- Zusammenarbeit mit TU Braunschweig (Prof. M. Sieder und P. Niebuhr)
- HBV-Ermüdungsversuche aufbauend auf Kuhlmann & Aldi 2010

Untersuchungen Ermüdungsverhalten:

Vollgewindeschrauben → TU Braunschweig

Kernen → Uni Stuttgart

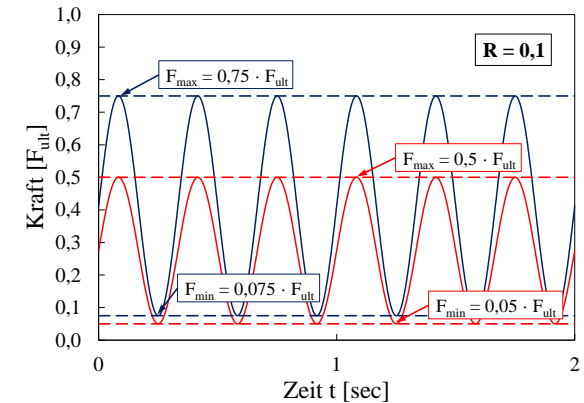


Versuchskörper der geplanten HBV-Ermüdungsversuche
HBV-Schubträger 4,0 m (links) und Push-Out Versuch (rechts)



Quelle: www.schaffitzel-miebach.de

Holz-Beton-Verbundbrücke
Schwäbisch Gmünd



Belastungsprotokoll Push-Out Versuche
für 2 Oberlasten von $0,75$ bzw. $0,5 \cdot F_{ult}$
Frequenz $f = 3$ Hz, Kräfteverhältnis $R = 0,1$



Universität Stuttgart

Vielen Dank!



Simon Mönch, M.Sc.

E-Mail simon.moench@ke.uni-stuttgart.de

Telefon +49 (0) 711 685-69247

Fax +49 (0) 711 685-66236

Universität Stuttgart

Institut für Konstruktion und Entwurf

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

Pfaffenwaldring 7

70569 Stuttgart

Vielen Dank an unsere
Projektpartner und Sponsoren:

 Pirmin Jung Ingenieure



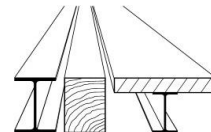
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Institut für Konstruktion und Entwurf