



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Eingeklebte Gewindestangen

Robert Jockwer

Research Group for Lightweight Structures

Chalmers University of Technology

Göteborg, Schweden

Inhalt

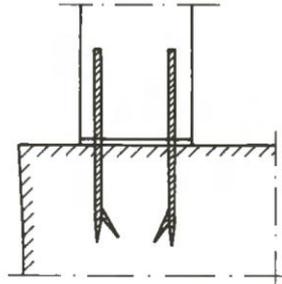
- Hintergrund
- Grundlagen
- Materialien
- Bemessung
- Verbindungssteifigkeiten
- Herstellung



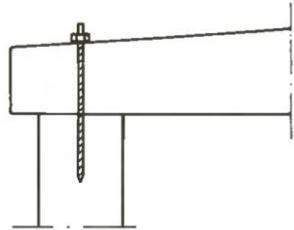
Allgemeine Anwendungen

- Edlund, 1975

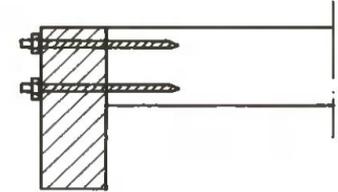
1) Inspänning av pelare i exempelvis ett betongfundament



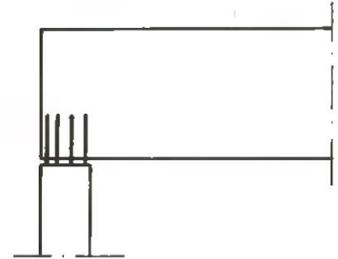
2) Infästning av balk till pelare (förankring mot i första hand vindsug)



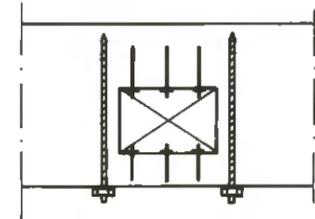
3) Infästning av balk till balk



4) Förstärkning av upplagsområden



5) Förstärkning kring hål upptagna i limträ



Axial beanspruchte Gewindestangen

- Moers, 1981

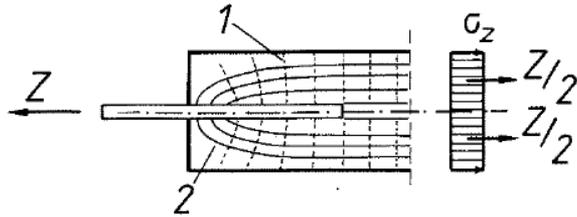
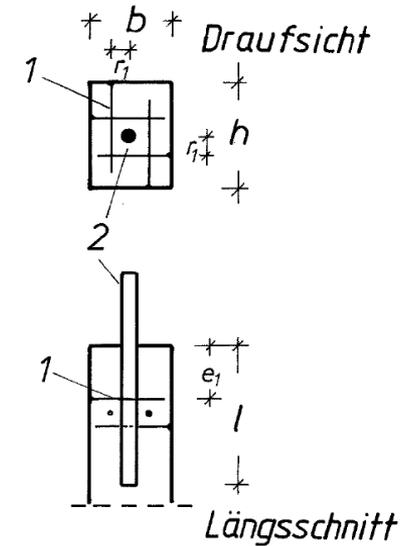
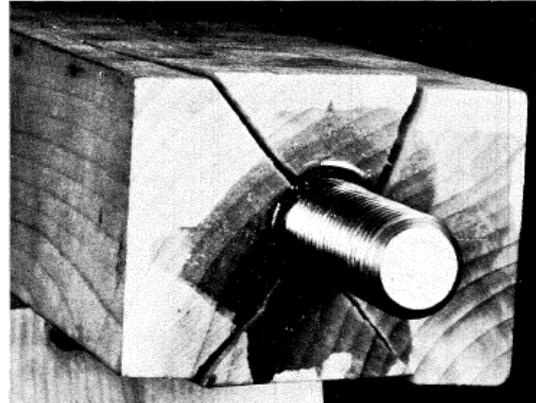
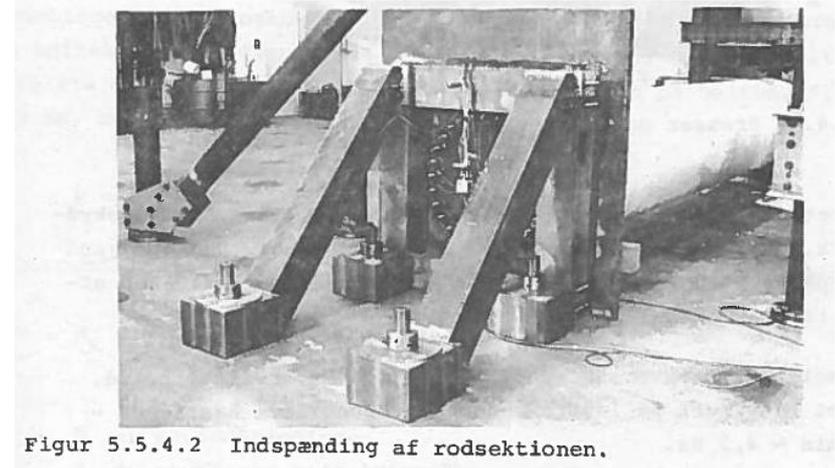
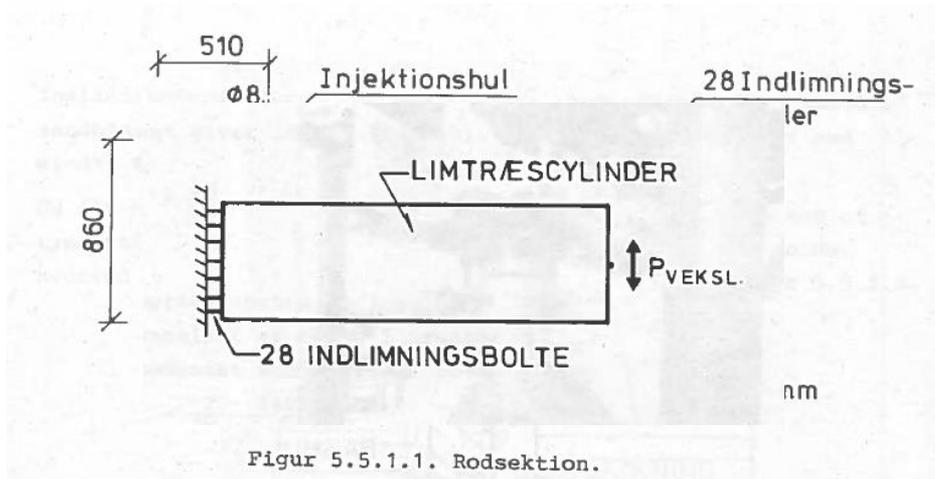


Bild 5: Schematische Darstellung der Zug- und Drucktrajektorien.
1 Drucktrajektorien
2 Zugtrajektorien



Spezialanwendungen

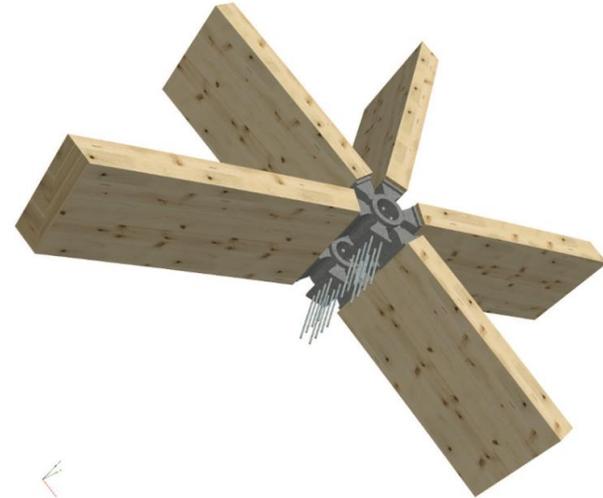
- Riberholt, 1983



Moderne Anwendungen



Pictures: Häring AG



Architektonische Anwendungen

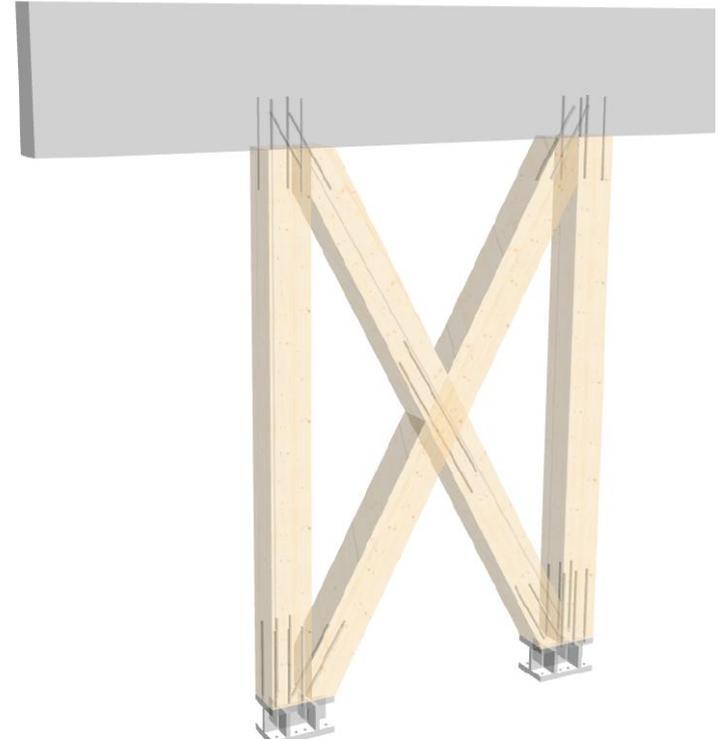


Picture: Valentin Jeck & Oliver Christen Architekten GmbH

Architektonische Anwendungen

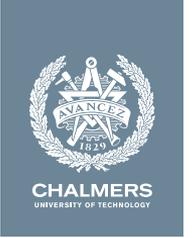


Picture: Valentin Jeck & Oliver Christen Architekten GmbH



Grundlagen

Terminologie



eingeleimte Gewindestangen

vs.

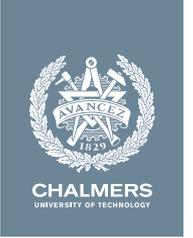
eingeklebte Gewindestangen

Glued-in rods

vs.

Bonded-in rods

Terminologie



eingeleimte Gewindestangen

vs.

eingeklebte Gewindestangen

Glued-in rods

vs.

Bonded-in rods

Allgemeine Herausforderungen

- Spannungskonzentration in Verbindungen
 - Genietete Verbindungen nach O. Volkersen, 1938

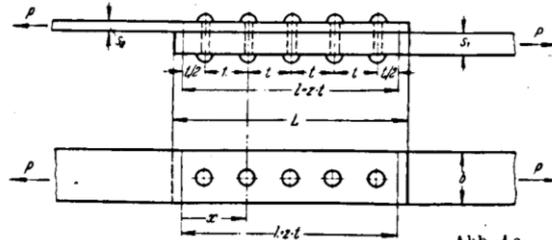


Abb. 1 a.

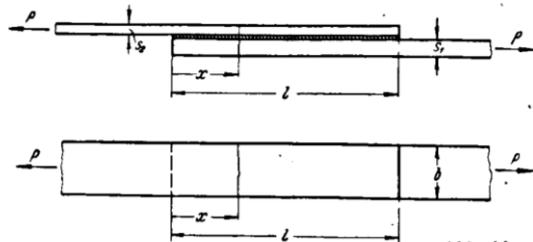


Abb. 1 b.

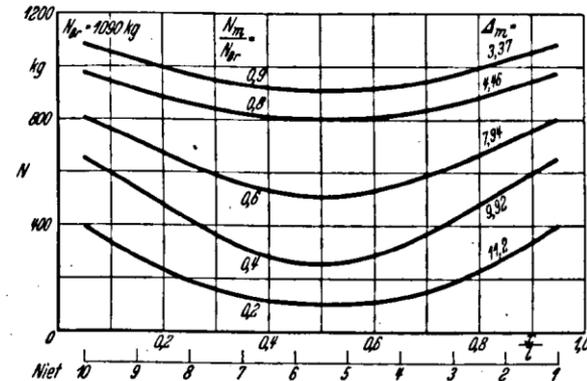


Abb. 17. Nietkraftverteilung in einer 10-Niete-Lasche bei verschiedenen Verhältnissen der mittleren Nietkraft zur Bruchlast der Einzel-Nietverbindung.
 Nietdicke $d = 5$ mm.
 Blechdicken: $s_1 = s_2 = 3$ mm.
 $s_1 = 6$ mm.

Source: O. Volkersen 1938

Volkersen Ansatz

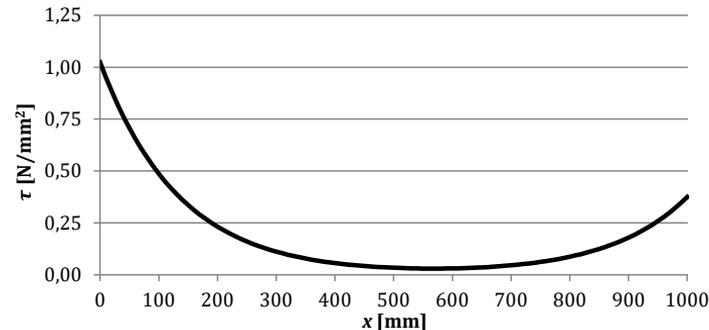
- Schubspannungsverteilung
 - Pull-Pull Konfiguration



Gewindestange: 1
Holz: 2
Klebstoff: 3

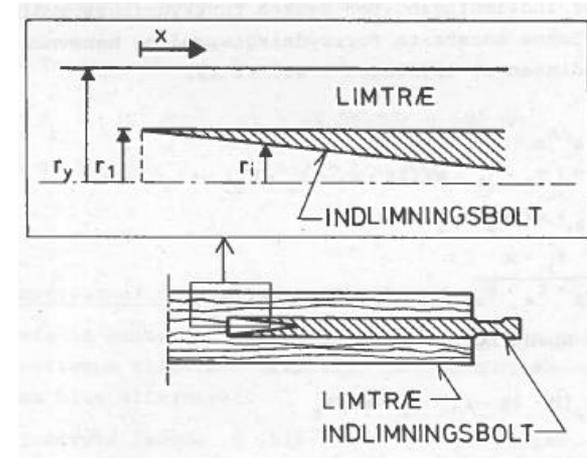
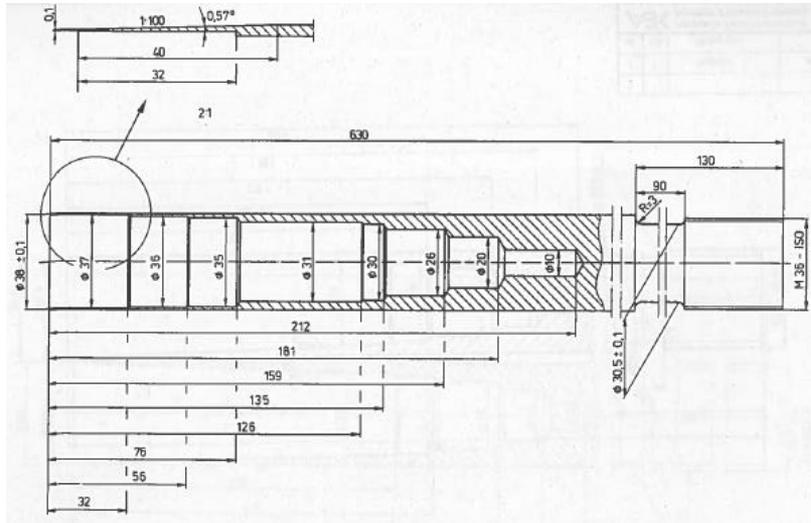
$$\tau = \frac{PG_3}{t_3\omega E_1 A_1} \left\{ \left[\cosh(\omega l) + \frac{E_1 A_1}{E_2 A_2} \frac{\cosh(\omega x)}{\sinh(\omega l)} - \sinh(\omega x) \right] \right\}$$

$$\omega^2 = \left(\frac{G_3 2\pi r}{t_3} \right) \left[\frac{1}{A_1 E_1} + \frac{1}{A_2 E_2} \right]$$



Einwicklung zur Stangengeometrie

- Riberholt & Spøer 1983
 - Befestigung von Rotorblättern für Windkraftanlagen
 - Abgestufte Stangegeometrie zur Vermeidung von Spannungsspitzen



Versagensmechanismen

- Zugversagen der Stange
- Druckversagen (Knicken) der Stange
- Versagen des Klebstoffs in der Klebfuge und seiner Verbindung mit Stange und Holz
- Scherversagen des Holzes in der Nähe der Klebfuge
- Aufspalten des Holzes ausgehend von den Stangen aus
- Versagen des Holzes in der Umgebung der eingeklebten Stangen



Pictures: R. Wiedmann, R. Steiger

Regelwerke



Materialeigenschaften

EUROPEAN STANDARD **EN 17334**
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

ICS 83.180

English Version
**Glued-in rods in glued structural timber products -
Testing, requirements and bond shear strength
classification**

Glueux collés dans les produits en bois de structure
collé - Essais, exigences et classification de la résistance
au cisaillement du joint

Eingeklebte Stangen in tragenden geklebten
Holzprodukten - Prüfung, Anforderungen und
Scherfestigkeitsklassifizierung

This European Standard was approved by CEN on 8 February 2021.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

© 2011 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved
worldwide for CEN national Members. Ref. No. EN 17334:2011 E

Bemessung

prEN 1995-1-1:20XX (E)

CEN-CENELEC/TC 250
Date: 20XX-XX

prEN 1995-1-1:20XX
CEN-CENELEC/TC 250
Secretariat: BSI

**Eurocode 5: Design of timber structures — Common rules and rules for
buildings — Part 1-1: General**

Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau — Teil 1-1: Allgemeines

Eurocode 5: Conception et calcul des structures en bois — Règles communes et règles pour les bâtiments — Partie 1-1: Généralités

ICS:
Descriptors:

1

Ausführung

CEN/TC 250
Date: 2022-10
prEN 1995-3
CEN/TC 250
Secretariat: BSI

Eurocode 5 – Design of Timber Structures – Part 3: Execution

Formal enquiry draft

Materialien und Eigenschaften

Material

- Holz
 - Brettschichtholz und KVH
 - Funierschichtholz LVL
 - Brettsperrholz CLT



Material

- Vorsicht bei Verklebung in Vollholz!
- Rissbildung beachten!

Gute Lösung:



Source: neue Holzbau AG/ GSA <https://www.gsa-technology.ch/>

Material

- Holz
 - Brettschichtholz und KVH
 - Funierschichtholz LVL
 - Brettsperrholz CLT
- Stangen
 - Metrische Gewindestangen
 - Baustahl
- Klebstoff
 - Geprüft nach EN 17334
 - PUR
 - Epoxidharz

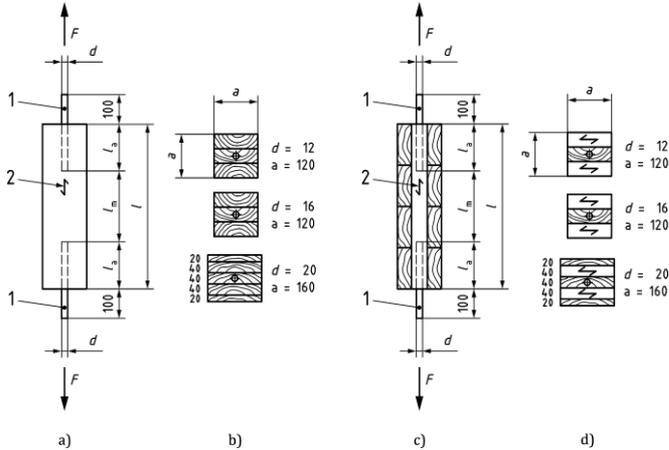


Klebstoffe

Type	ID	Color	Usage	Service class			Application	other
				1	2	3		
Urea-formaldehyde resin	UF	Light/transparent	internal	✓	✗	✗	EWP, Particle board	Temp. resistance up to 50°C
Melamine-urea formaldehyde resin	MUF	Light/brown	internal	✓	✓	✗	Glulam internal	Aim for a favourable gluing temperature > 30°C, more expensive than UF
Resorcin-formaldehyde resin	RF	Dark brown	Internal/external	✓	✓	✓	Glulam external	2-component glue, more expensive than MUF, Connection has high quality, joint resistant in case of fire
Polyurethan	PUR	Light/transparent	Internal/external	✓	✓	✓	Glulam , Particleboard, MDF, OSB	limited joint filling, lower strength with increasing joint thickness, formaldehyde-free
Epoxyd	EP	Light/grey	Internal/external	✓	✓	✓	Assemblies	2-component glue, unsuitable at temp. > 50°C, insensitive for thick joints, low pressing pressure
Phenol-formaldehyde resin	PF	Dark brown	Internal/external	✓	✓	✓	EWP plates	only with hot gluing (110°-140°C) after UF the second adhesive used in the panel industry
Polyvinylacetat	PVAC	White/transparent	internal	✗	✗	✗	Furniture	Strength decreases with continuous load, low temperature resistance

Klebfugenfestigkeiten

- Prüfung nach EN 17334



EUROPEAN STANDARD **EN 17334**
 NORME EUROPÉENNE
 EUROPÄISCHE NORM March 2021

ICS 89.180 English Version

**Glued-in rods in glued structural timber products -
 Testing, requirements and bond shear strength
 classification**

Seuiciu publicat în baza de date a produselor de lemn structurate lipite. Evidență, exigențe și clasificare de la rezistență și clasificare de la durată. Eingetragene Änderungen in eingetragenen geänderten Bauprodukten - Prüfung, Anforderungen und Scherfestigkeitsklassifizierung

This European Standard was approved by CEN on 8 February 2021.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographic references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

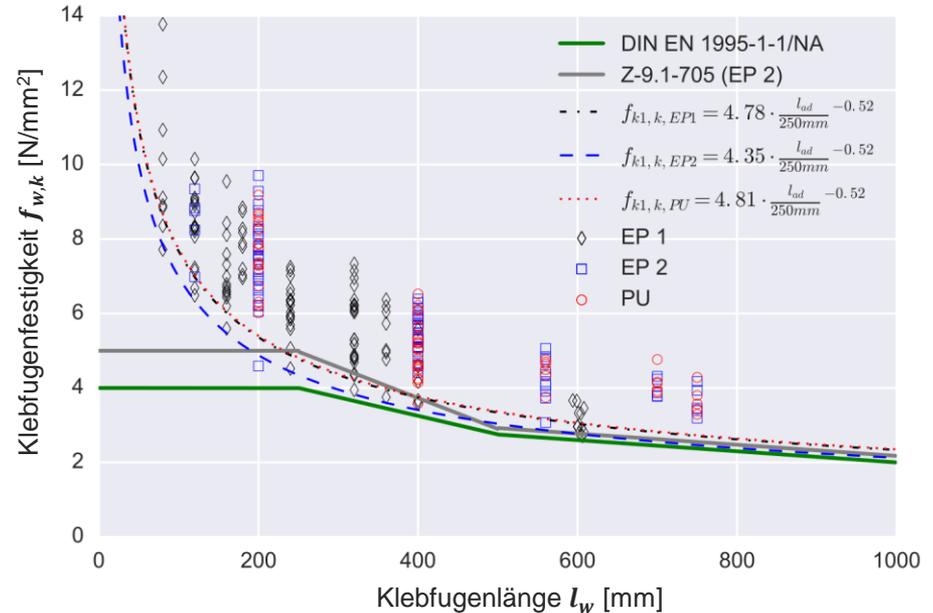
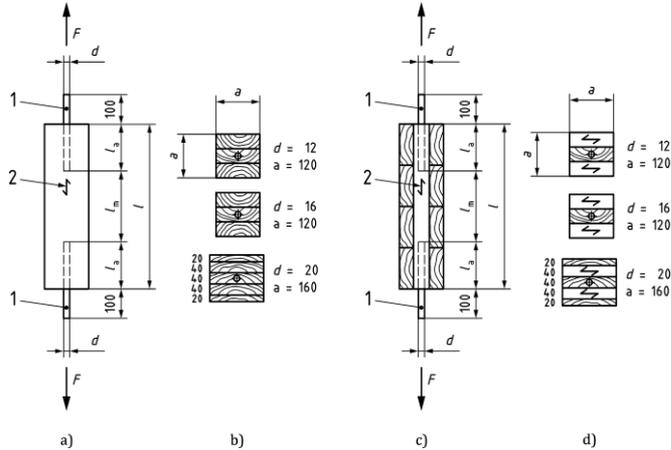

 EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
 COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
 EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

© 2021 CEN. All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members. Ref. No. EN 17334:2021 E

Klebfugenfestigkeiten

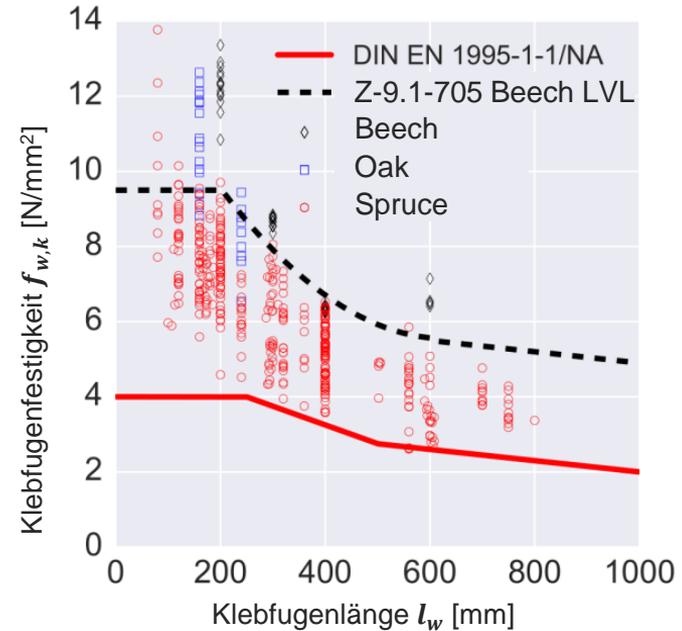
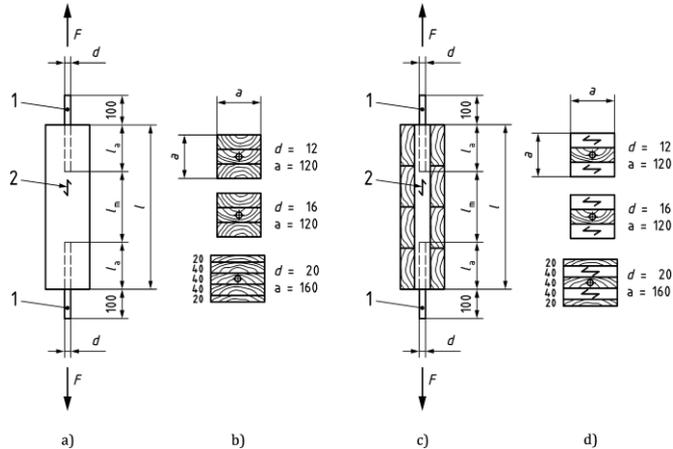
- Prüfung nach EN 17334



Source: Aicher, Stapf, Eingeklebte Stahlstäbe – state-of-the-art, IHF 2017

Klebfugenfestigkeiten

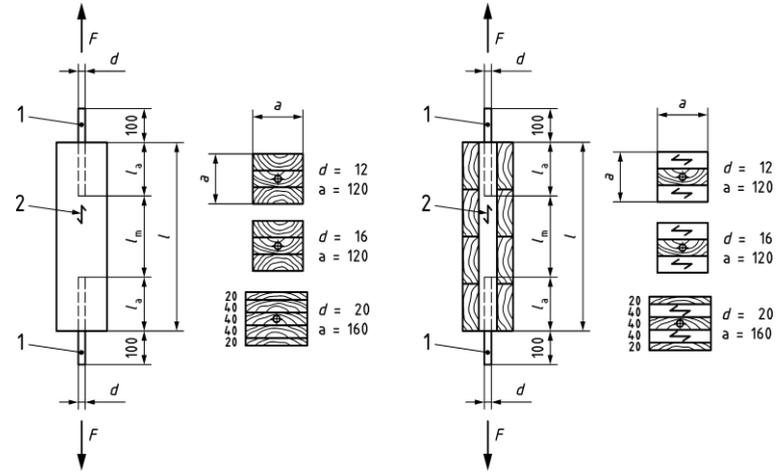
- Prüfung nach EN 17334



Source: Aicher, Stapf, Eingeklebte Stahlstäbe – state-of-the-art, IHF 2017

Klebfugenfestigkeiten

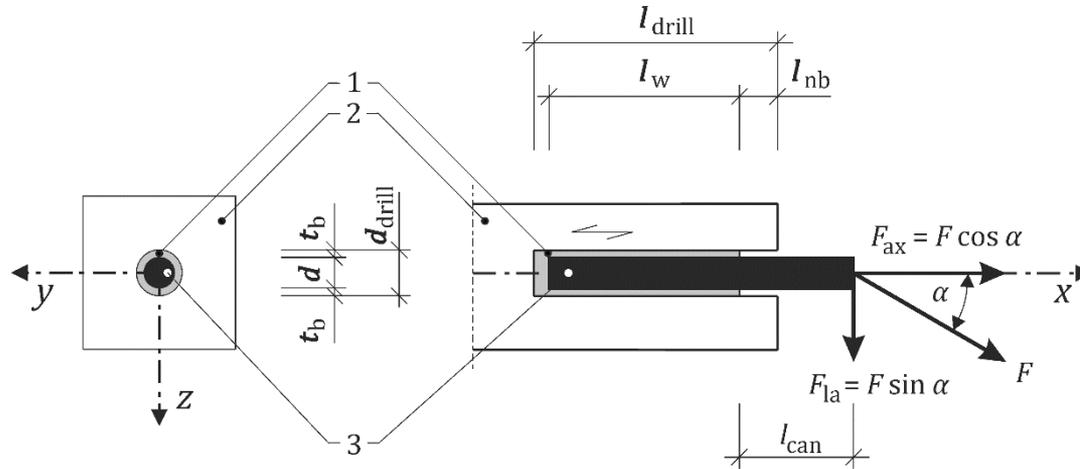
- Erforderliche Mindestwerte der charakteristischen Klebfugenfestigkeit für Nadel- und Laubholz



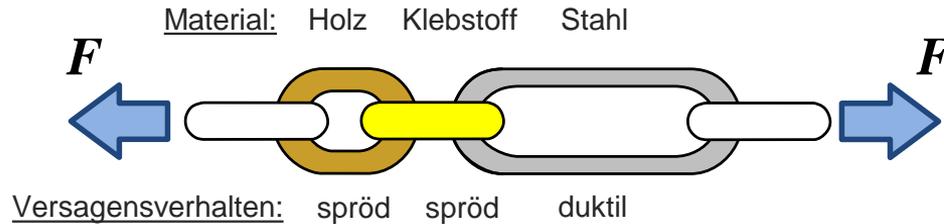
	$l_{w,ef} \leq 250\text{mm}$	$250\text{mm} < l_{w,ef} \leq 500\text{mm}$	$500\text{mm} < l_{w,ef} \leq 1000\text{mm}$
$f_{w,k}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$	4,0	$5,25 - 0,005l_{b,ef}$	$3,5 - 0,0015l_{b,ef}$

Tragverhalten

Definitionen



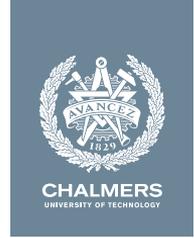
Tragverhalten



• Versagensmechanismen

- Stahl ➔ geringe Streuung
- Klebstoff ➔ hohe Streuung
- Holz ➔ hohe Streuung

Allgemeine geometrische Anforderungen



- Minimale Einklebelängen

$$l_w \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0,4d^2 \\ 8d \end{array} \right. \quad \text{zur Sicherstellung der Leistungsfähigkeit}$$

- Maximale effektive Einklebelänge in der Bemessung

$$l_{w,ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} l_w \\ 40d \\ 1000\text{mm} \end{array} \right. \quad \text{zur Begrenzung der Spannungskonzentrationen}$$

Axialer Tragwiderstand

- Tragwiderstand der eingeklebten Gewindestange

$$F_{ax,Rd} = \min \begin{cases} F_{t,d} \\ F_{w,d} \end{cases}$$

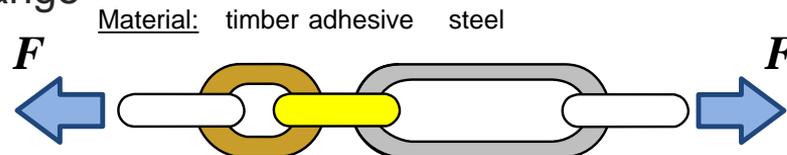
- mit

- Tragwiderstand des Stahls

$$F_{t,d} = \min \begin{cases} \frac{1}{\gamma_{M,0}} A_s f_{y,k} \\ \frac{1}{\gamma_{M,2}} 0.9 A_s f_{u,k} \end{cases}$$

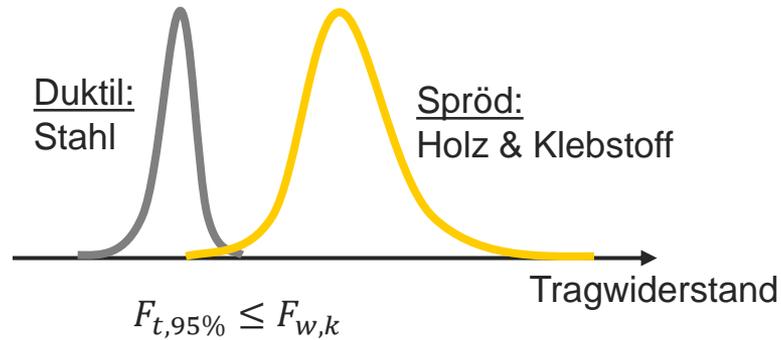
- Tragwiderstand der Klebfuge

$$F_{w,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \min \begin{cases} \pi d l_{w,ef} f_{w,k} & \text{Klebfugenfestigkeit} \\ E_s A_s \varepsilon_{u,timber} & \text{Dehnvermögen des Holzes } \varepsilon_{u,timber} = 2,4\text{‰} \end{cases}$$



Duktilität

- Duktiles Verhalten soll massgebend sein!



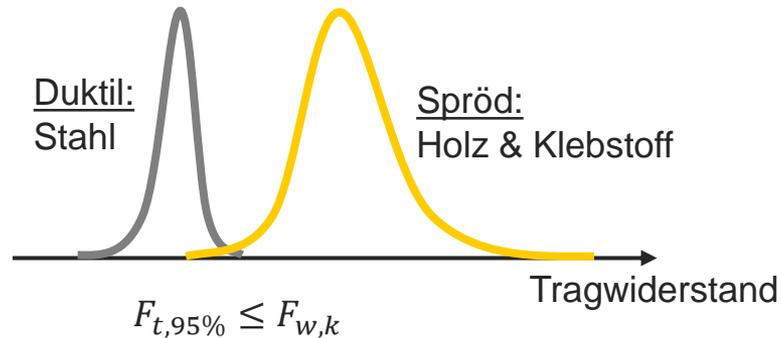
Herstellungsanforderungen



Konsequenz Klasse und Beschreibung der Konsequenzen	Inspektions Level	Anforderungen an die Herstellung und Ausführung	Beispiele von Anwendunge
CC3 Höher	IL3	Höher	<p>Gruppen von faserparallel eingeklebten Gewindestangen mit höherer Komplexität (z.B. große Anzahl Gewindestangen, kombinierte Axial-, Quer-, und/oder Momentenbeanspruchung) in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rahmenecken • Biegesteifen Verbindungen von Trägern und Stützen • Fachwerke
CC2 Normal	IL2	Normal	<p>Kleine Gruppen ($n \leq 4$) von faserparallel eingeklebten Gewindestangen mit ausschließlich axialer Beanspruchung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wandverankerung • Zuganker <p>Schräg zur Faser eingeklebte Gewindestangen mit höherer Komplexität:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Holz-Beton-Verbund • Schubverstärkung <p>Gewindestangen mit ausschließlicher Querbeanspruchung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konsolen
CC1 Geringer	IL1	Geringer	<p>Rechtwinklig zur Faser verlaufende Verstärkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Querdruckverstärkung an Auflagern und Lasteinleitung • Querkzugverstärkung in Verbindungen und gekrümmten Trägern • Verstärkung an Ausklinkungen und Durchbrüchen <p>Verbindungen mit einzelnen Gewindestangen parallel und rechtwinklig zur Faserrichtung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lagesicherung z.B. von Pfettenauflagern auf Stützen

Duktilität

- Duktiles Verhalten soll massgebend sein!



- In IL1 & IL2 darf die Duktilität vereinfacht nachgewiesen werden:

$$F_{t,d} \cdot k_{brittle} \leq F_{w,d}$$

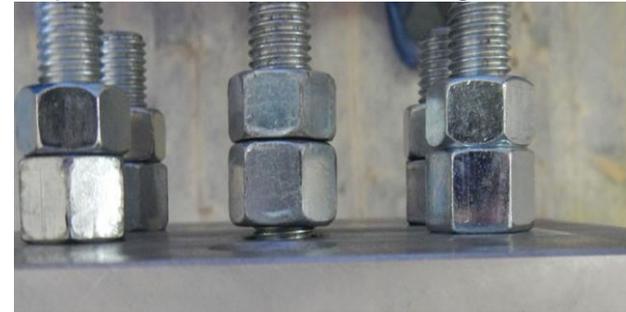
$$k_{brittle} \geq 1,5$$

- Mögliche Überfestigkeiten des Stahls müssen beachtet werden!

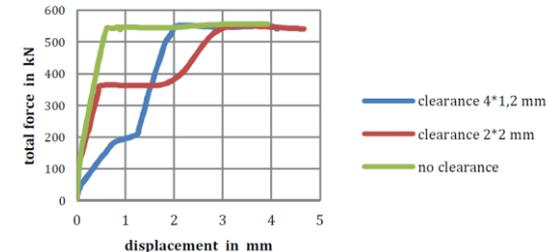
Duktilität in Gewindestangen-Gruppen

- Gruppen von eingeklebten Gewindestangen erfordern sorgfältige Herstellung und gleichmässige Lasteinleitung
- Duktilität ist eine Grundvoraussetzung zur Abminderung des Gruppeneffektes
- Gruppeneffekt bei sprödem Verhalten muss durch reduzierte Tragwidestand berücksichtigt werden:
 - 10 % für drei bis vier Gewindestangen
 - 20 % für fünf und mehr Gewindestangen

Beispiel des Vorteils von Duktilität zur Kompensation von Herstellungstoleranzen



group of 6 rods - clearance effect



Source: Gehri, Performant connections – a must for veneer based products, WCTE 2016



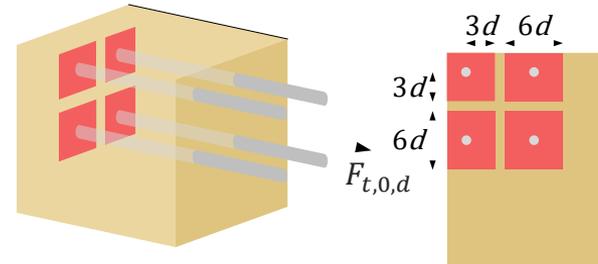
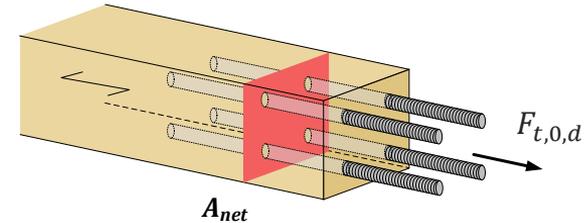
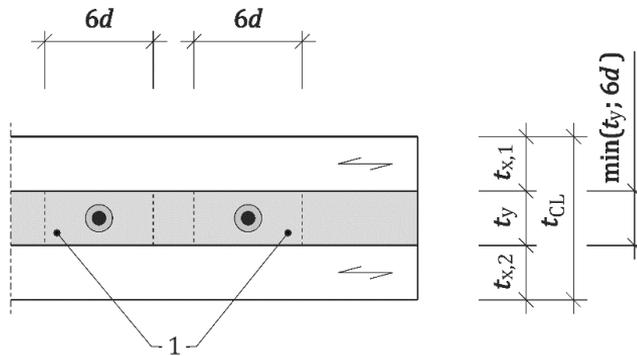
Holzversagen

Versagensmechanismen im Holz

- Nettoquerschnittsversagen

$$F_{t,0,d} = f_{t,0,d} A_{ef}$$

- mit $A_{ef} = \max 36d^2$

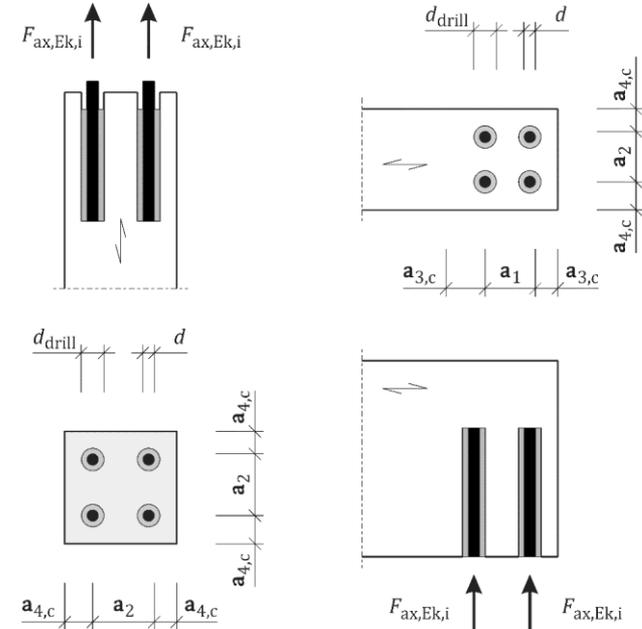


Abstände (axiale Beanspruchung)

- Generell

- Für Klebfugenfestigkeiten mit nicht mehr als 150% des Mindestwertes (d.h. $f_{w,k,250mm} = 6 \text{ N/mm}^2$)

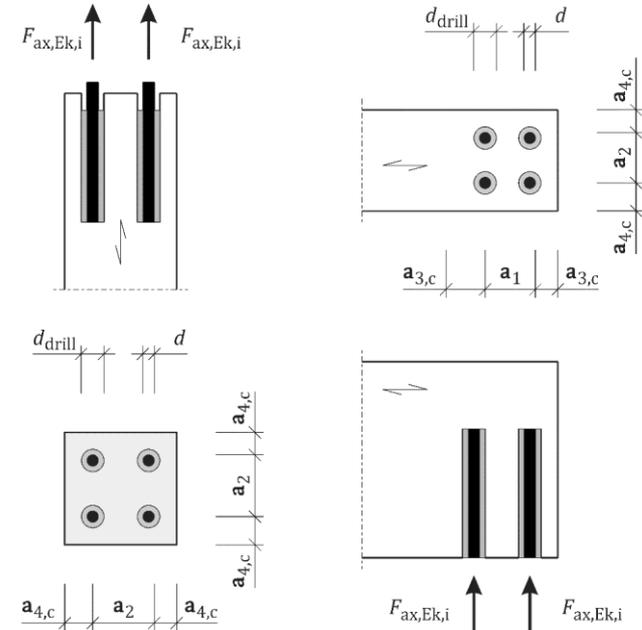
Gewindestange	Mindestabstände
	Axial beanspruchte Gewindestangen
parallel zu Faserrichtung	$a_2 = 5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2.5 \cdot d$
rechtwinklig zur Faserrichtung	$a_1 = 4 \cdot d$ $a_2 = 4 \cdot d$ $a_{3,c} = 2.5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2.5 \cdot d$



Abstände (axiale Beanspruchung)

- Verringerte Abstände
 - Für Klebfugenfestigkeiten mit $f_{w,k,250mm} = 4 \text{ N/mm}^2$

Gewindestange	Mindestabstände
	Axial beanspruchte Gewindestangen
parallel zu Faserrichtung	$a_2 = 3.5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2.5 \cdot d$
rechtwinklig zur Faserrichtung	$a_1 = 4 \cdot d$ $a_2 = 4 \cdot d$ $a_{3,c} = 2.5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2.5 \cdot d$

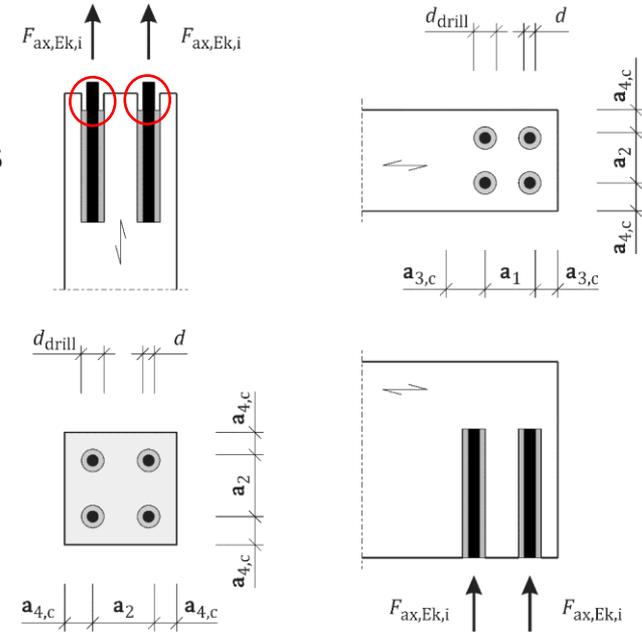


Abstände (axiale Beanspruchung)

- Verringerte Abstände

- Bei rückversetzter Klebfuge von $l_{nb} \geq 5d$ können die verringerten Abstände auch für Klebfugenfestigkeiten mit 125% des Mindestwertes verwendet werden! (d.h. $f_{w,k,250mm} = 5 \text{ N/mm}^2$)

Gewindestange	Mindestabstände
	Axial beanspruchte Gewindestangen
parallel zu Faserrichtung	$a_2 = 3.5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2.5 \cdot d$
rechtwinklig zur Faserrichtung	$a_1 = 4 \cdot d$ $a_2 = 4 \cdot d$ $a_{3,c} = 2.5 \cdot d$ $a_{4,c} = 2.5 \cdot d$



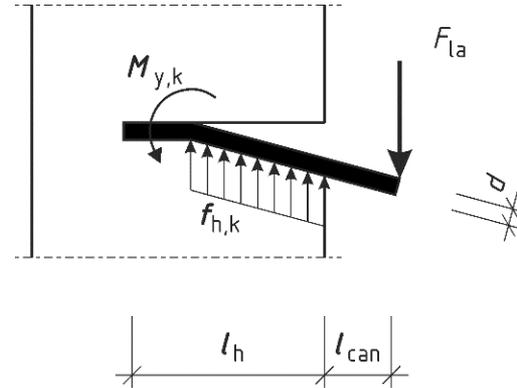
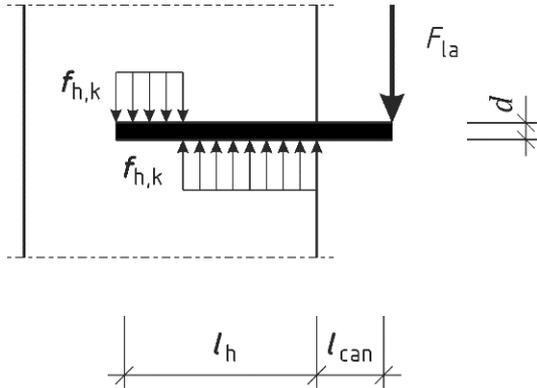
Lateral beanspruchte Stangen

Laterale Beanspruchungen

- Bemessung wie für stiftförmige Verbindungsmittel z.B. Stabdübel
- Stäbe rechtwinklig zur Faserrichtung (Konsole)
 - Lochleibungsfestigkeit darf um 25% erhöht werden
- Stäbe parallel zur Faserrichtung (Stützenfuss)
 - Lochleibungsfestigkeit wird auf 10% des üblichen Wertes beschränkt

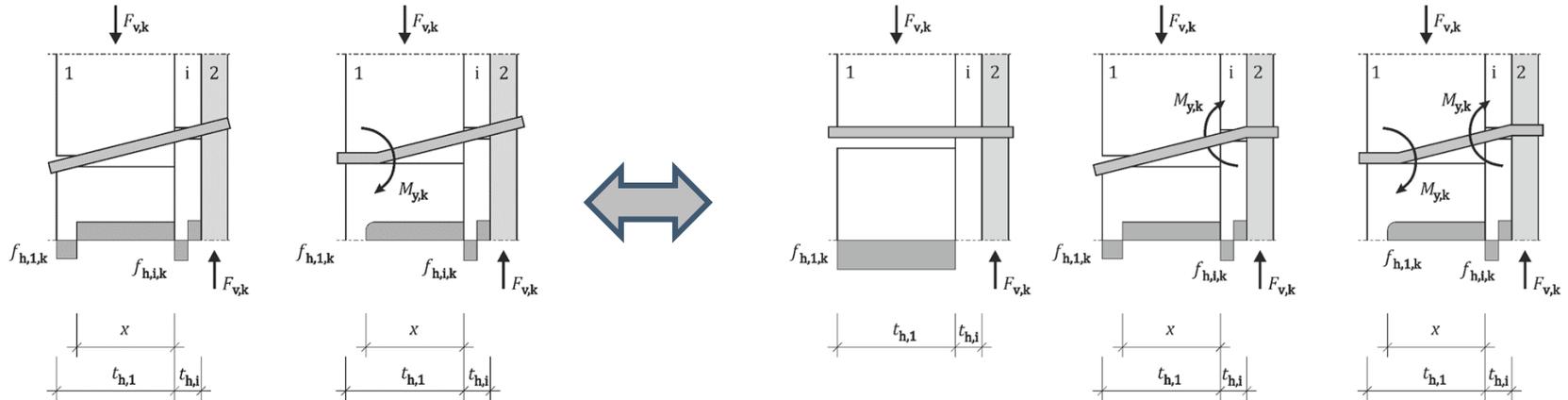
Laterale Beanspruchungen

- Berücksichtigung von Abständen zwischen Krafteinleitung und Scherfuge



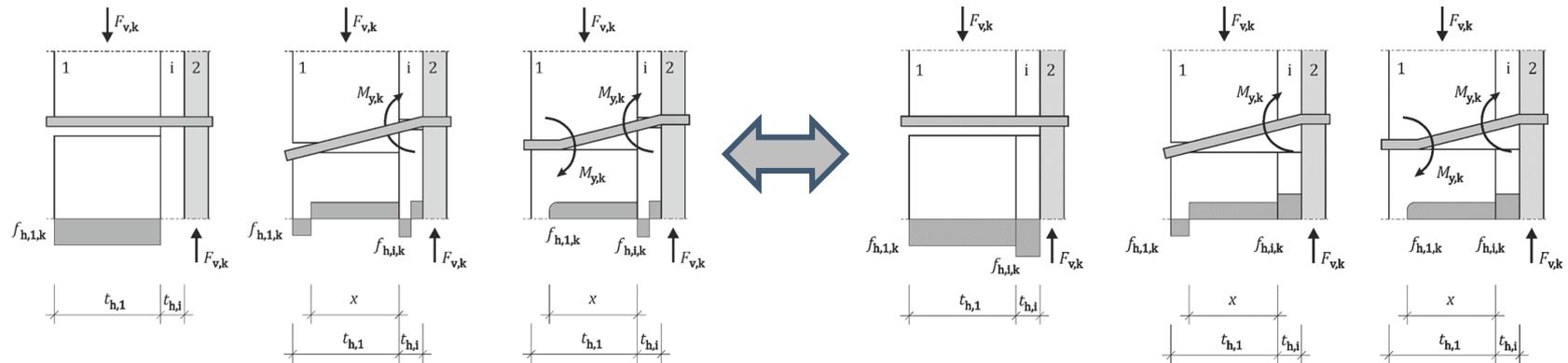
Laterale Beanspruchungen

- Berücksichtigung von Abständen zwischen Kräfteinleitung und Scherfuge
 - Analogie zur Verbindung mit Zwischenlage mit $f_{h,i} = 0$
 - Einspannung der Stange in Stahlplatte?



Laterale Beanspruchungen

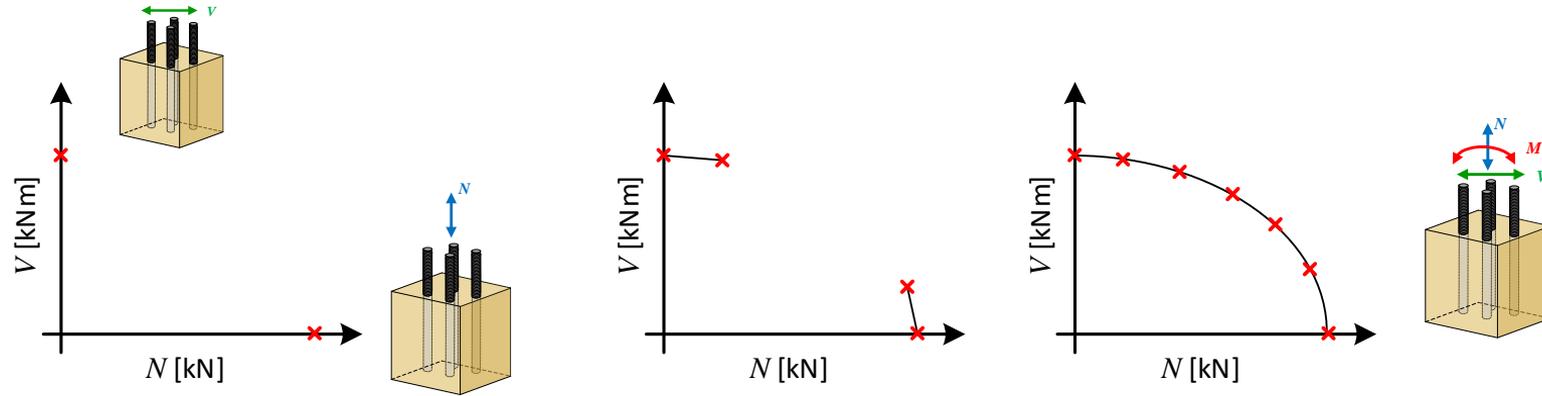
- Analogie zur Verbindung mit Zwischenlage
 - Möglichkeit der Stirnholzverstärkung!





Kombinierte axiale und laterale Beanspruchungen

Kombinierte Beanspruchungen



$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^p + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^p \leq 1$$

Kombinierte Beanspruchungen

- Definition des Interaktions-Exponenten:

- Glattschaftige Nägel

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1$$

- Schrauben mit Versagensmodus mit 2 Fließgelenken

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

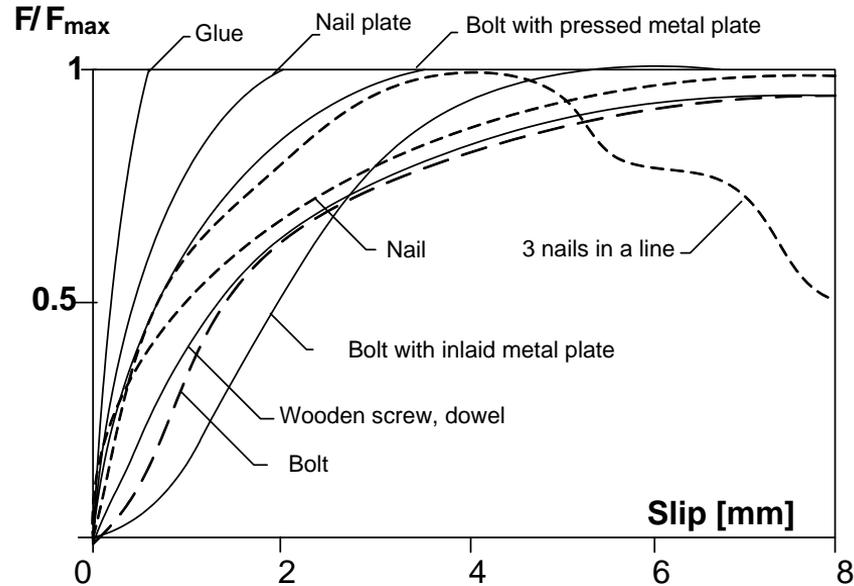
- Eingeklebte Gewindestangen

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1$$



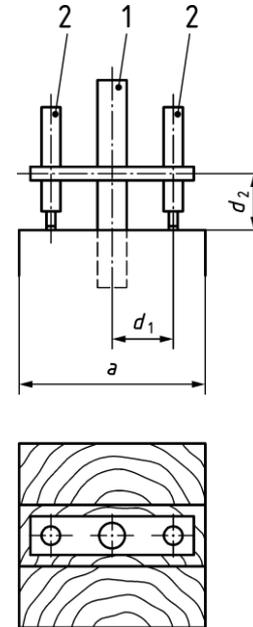
Verschiebungsmodul und Steifigkeit

Vergleich von Verbindungsarten



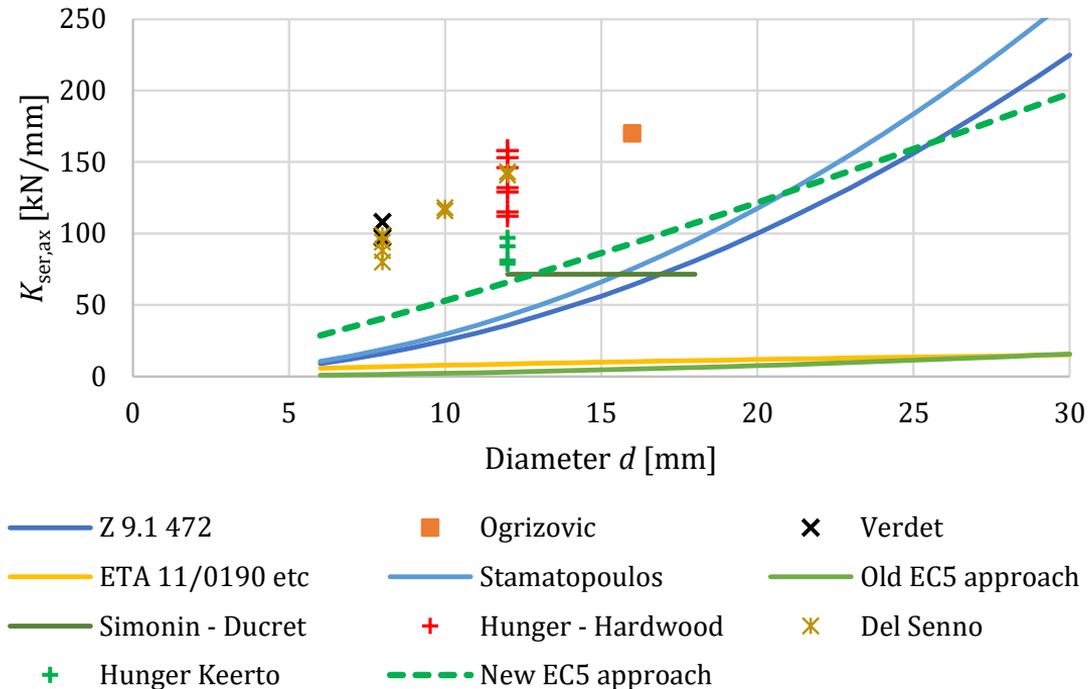
Axialer Verschiebungsmodul

- Herausforderung:
 - Wie kann der Verschiebungsmodul gemessen werden?



Axialer Verschiebungsmodul

- Eingeklebte Gewindestangen erreichen hohe Steifigkeiten!



Verschiebungsmoduli

- Lateraler Verschiebungsmodul, $K_{SLS,v,mean}$ pro Scherfuge und Gewindestange
 - Rechtwinklig zur Faser

$$K_{SLS,v,mean} = \frac{\rho_{mean}^{1,5} \cdot d}{25}$$

- Parallel zur Faser

$$K_{SLS,v,mean} = \frac{\rho_{mean}^{1,5} \cdot d}{125}$$

- Axialer Verschiebungsmodul, $K_{SLS,ax,mean}$ pro Gewindestange

$$K_{SLS,ax,mean} = 2 \cdot d^{0,6} \cdot l_w^{0,6} \cdot \rho_{mean}^{0,9}$$



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

CEN/TC 250
Date: 2022-10
prEN 1995-3
CEN/TC 250
Secretariat BSI

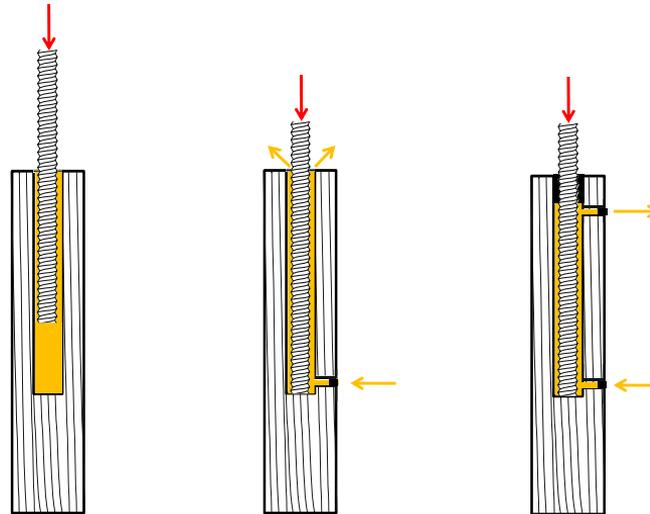
Eurocode 5 - Design of Timber Structures - Part 3: Execution

Formal enquiry draft

Herstellung und Qualitätssicherung

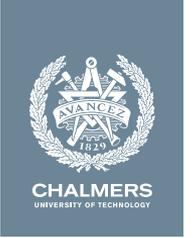
Verklebungsmethoden

- Alternativen:



Source: R. Wiedmann, R. Steiger

Herstellung



- Klebstoff
 - Anforderungen und Anweisung des Klebstoffherstellers beachten!
 - Klebstoffmenge kontrollieren und Abweichungen beachten!
- Verklebung
 - Klebfugendicke max. 2mm
 - Saubere und unverbrannte Bohrlochwände!
 - Abstandhalter und Zentrierhilfen verwenden!
- Gewindestangen
 - Gleichmässiges Verschraubung der Gewindestangen sicherstellen! Überdrehen vermeiden!
 - Der Hersteller der geklebten Verbindung muss korrekte installation der Stangen in der richtigen Qualität und Festigkeitsklasse sicherstellen!

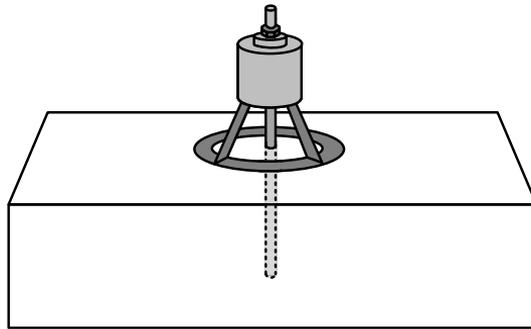
Art und Frequenz der Qualitätskontrolle



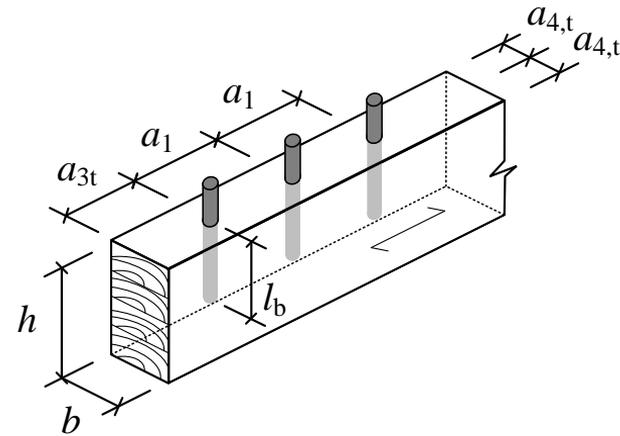
Requirement for	Type of quality control operation	Frequency of quality control operation
Mischverhältnis	Abwiegen der Komponenten	Pro Mischung
Komplette Verfüllung zwischen Bohrloch und Stange	Berechnung der erforderlichen Klebstoffmenge	Für jede Stange
	Vorbereitung der ausreichenden Klebstoffmenge inclusive Reserve	Pro Mischung
	Visuelle Überprüfung der kompletten Verfüllung des Bohrlochs und des Klebstoffverbrauchs	Für jede Stange
Luftfeuchte und Temperatur beim Verkleben	Messung der Temperatur und Luftfeuchte	Pro Verklebung
	Holzfeuchte Messung und Messung der Temperatur aller Teile bei der Verklebung	Pro Verklebung
Aushärtung	Kontrolle der Aushärtung gemäss den Herstellerangaben	Pro Verklebung
Auszugsversuch	Kontrolle der Klebfugenfestigkeit	Pro Verklebung

Qualitätskontrolle

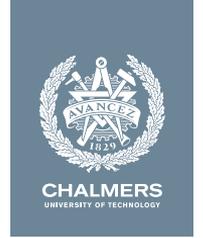
- Auszugsversuche erlauben Kontrolle der Klebfugenfestigkeit



Example of a withdrawal test arrangement.



Zusammenfassung



- Verbindungen mit eingeklebte Gewindestangen:
 - weisen eine hohe Festigkeit und Steifigkeit auf
 - sollten für eine ausreichende Duktilität ausgelegt sein
 - Ermöglichen eine ansprechende Architektur
 - Erfordern eine sorgfältige Ausführung und Produktionskontrolle

- Weitere Herausforderungen bestehen bezüglich:
 - Ermüdungsverhalten
 - Verhalten unter zyklischen Beanspruchung (Erdbeben)
 - Verbesserte Regelungen zur Steifigkeit und kombinierten Beanspruchung
 - Traglastoptimierung und Klebstoffentwicklung

Kontakt

- Robert Jockwer
 - Timber Hub AB
www.timber-hub.com
robert.jockwer@timber-hub.com
 - Timber Structures - Group for Light-Weight Structures
Department of Architecture and Civil Engineering (ACE)
Chalmers University of Technology
412 96 Göteborg, Sweden
robert.jockwer@chalmers.se



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY