

Last- und geometrievARIABLE Pfostenträger – Statische Versuche und Berechnungsmodelle

Load- and geometry-variable post brackets –
structural tests and mathematical models

Poteaux à charge et géométrie variable –
tests de comportement structurel et modèles de calcul

Dietrich Töws
Holzbau und Baukonstruktionen
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
DE-Karlsruhe



Last- und geometrievARIABLE Pfostenträger – Statische Versuche und Berechnungsmodelle

1. Einleitung

Der Einsatz von Pfostenträgern ist im modernen Holzbau aus vielerlei Hinsicht von hoher Bedeutung. Primär müssen Pfostenträger das Weiterleiten von Kräften in Fundamente oder Unterkonstruktionen aus verschiedenen Lasteinwirkungen sicherstellen und die Dauerhaftigkeit der darauf gelagerten Holzkonstruktion verbessern. Ästhetische Aspekte spielen bei der Wahl des Pfostenträgers eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Statisch effiziente Anschlüsse zwischen Pfosten und Unterkonstruktion mit außenliegenden Stahlblechen können zwar für große Kräfte ausgelegt werden, haben aber meist keine Möglichkeit für eine nachträgliche Höhenverstellung und bleiben in der Konstruktion deutlich sichtbar.

Die Firma Pitzl GmbH & Co. KG Metallbau aus Altheim-Essenbach entwickelte unter anderem Pfostenträger die sowohl eine hohe Kraftübertragung sicherstellen als auch eine ästhetisch ansprechende Konstruktionsgestaltung gewährleisten. Es wurden Lösungen erarbeitet, die eine nachträgliche Höhenverstellbarkeit ermöglichen. Für einen optimal angepassten Einsatz werden Pfostenträger für unterschiedliche Lastbereiche angeboten. So gibt es Pfostenträger für die Verwendung mit kleinen und großen zu übertragenden Kräften.

Die zur Verfügung stehende Produktpalette ist sehr umfangreich. Der vorliegende Beitrag gibt, anhand von ausgewählten Pfostenträgern, einen Überblick über das Anwendungsprinzip, die Zulassungsversuche und das Bemessungskonzept.

2. Anwendung und Montage

Die in Abbildung 1 dargestellten Pfostenträger bestehen jeweils aus einer Fußplatte mit aufgeschweißtem Gewindedorn (M24), einer Muffe mit einem Rechts- und Linksinnengewinde und einem Oberteil, welches sich für die zwei Pfostenträgertypen unterscheidet. So besitzt Pfostenträger 10921.00 ein Oberteil mit einer durchgehenden Gewindestange (M24) und fest verschweißter Grundplatte. Bei Pfostenträger 10931.00 hingegen ist über der Grundplatte ein angeschweißtes Gewinderohr (M44) angeordnet und unter der Grundplatte eine verstellbare Gewindestange (M24), die mit einer zusätzlichen Mutter fixiert werden kann. Die Muffe mit Rechts- und Linksgewinde ermöglicht auch unter hohen Lasteinwirkungen für beide Pfostenträger eine nachträgliche Höhenverstellung. Für Pfostenträger 10931.00 ist mit der verstellbaren Gewindestange eine zusätzliche Möglichkeit zur Anpassung der Stützenhöhe gegeben.

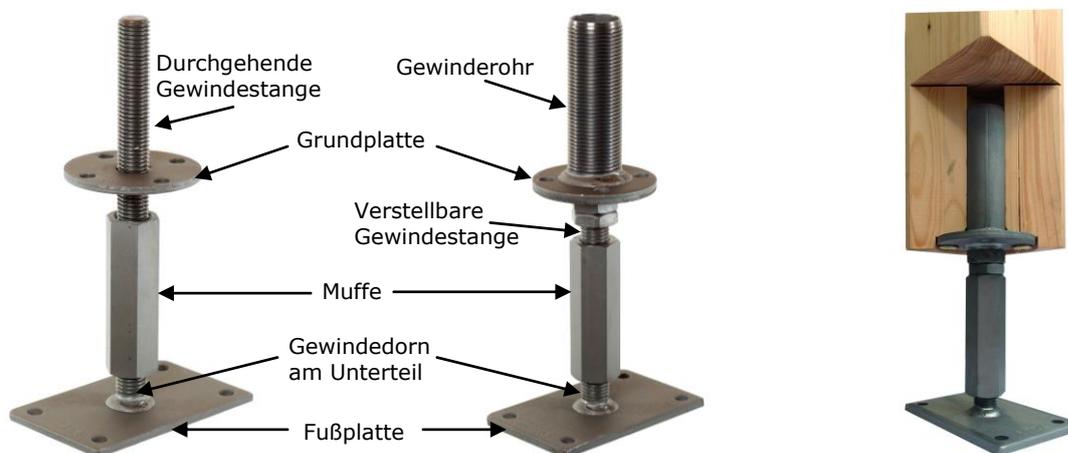


Abbildung 1: Pfostenträger 10921.00 (links), Pfostenträger 10931.00 (Mitte) und Freischnitt eines montierten Pfostenträgers (rechts)

Für den fachgerechten Einbau der hier betrachteten PfostenrÄger ist die Stirnseite der Holzstütze mit einer Bohrung des jeweils entsprechenden Durchmessers (22 mm für PfostenrÄger 10921.00 und 42,5 mm PfostenrÄger 10931.00) zu versehen. Die Firma Pitzl bietet hierfür neben den passenden Bohrern und Bohrlehren auch eine Bohrvorrichtung an. Um ein präzises Ergebnis zu gewährleisten, sollten diese Arbeiten mit solch einer Bohrvorrichtung oder z. B. mit einer Langlochbohrmaschine durchgeführt werden. Nach Fertigstellung der Bohrung kann das Oberteil des PfostenrÄgers soweit in die Holzstütze eingedreht werden bis die Grundplatte eben auf der Stirnseite aufliegt. Im Anschluss daran wird die Grundplatte mit vier Holzschrauben zusätzlich an die Holzstütze angeschlossen. Es dürfen Holzschrauben 10 x 120 mm nach EN 14592 (DIN 571 und Gewinde nach DIN 7998) oder der jeweiligen europÄisch technischen Zulassung verwendet werden. Nach Montage der FuÙplatte an der Unterkonstruktion (z. B. Fundament), können die beiden Bauteile mithilfe der Muffe mit Rechts- und Linksgewinde zusammengebaut und in der Höhe justiert werden.

3. Zulassungsversuche und Bemessungskonzept

Als Grundlage für die europÄisch technische Zulassung [3] wurden an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie Zulassungsprüfungen an ausgewählten PfostenrÄgern durchgeführt. Diese umfassten Druckversuche, Zugversuche und Querkraftversuche. Daneben wurden für die Erlangung der europÄisch technischen Zulassung die Nachweisverfahren geführt, die unter Verwendung von geltenden Normen und Erkenntnissen aus der Forschung abgedeckt werden konnten. Diese Vorgehensweise entspricht den in [1] beschriebenen Leitlinien, wonach die Bestimmung der Tragfähigkeit entweder durch Berechnung, durch Versuche oder wie in diesem Fall aus einer Kombination von Berechnung und Versuchen erfolgen kann.

3.1. Druckbeanspruchung

Die Prüf- und Messvorrichtung für die Versuche zur Ermittlung der aufnehmbaren Druckkraft ist in Abbildung 2 (links) exemplarisch für den PfostenrÄger 10921.00 dargestellt. Am unteren Teil der Stütze wurde ein PfostenrÄger 10921.00 angeordnet, am oberen Ende des Prüfkörpers wurde über eine Kalotte die Druckkraft eingeleitet. Die verstellbare Höhe des PfostenrÄgers 10921.00 wurde mit 200 mm größtmöglich gewählt. Das Holzbauteil hatte die Querschnittsabmessungen 120 x 120 mm.

Bei den Versuchen wurde die Höchstlast meist bei einer vorher definierten Maximalverschiebung von 15 mm erreicht. Ursache für die Verformung war Druckversagen des Holzes parallel zur Holzfaser, kegelförmiges Beulen der Grundplatte und das seitliche Ausweichen des PfostenrÄgers, siehe Abbildung 2 (Mitte). Die detaillierte Aufnahme eines geöffneten Prüfkörpers nach Versuchsdurchführung ist in Abbildung 2 (rechts) dargestellt.



Abbildung 2: Druckversuch PfostenrÄger 10921.00 (links), Ausknicken des PfostenrÄgers (Mitte) und geöffneter Prüfkörper nach Versuchsdurchführung (rechts)

Die Versuchsdurchführung und Auswertung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 26891, d. h. es wurden Vorlastzyklen zur Bestimmung der Steifigkeitseigenschaften der Verbindung durchgeführt. Typische Last-Verschiebungskurven sind in Abbildung 3 dargestellt.

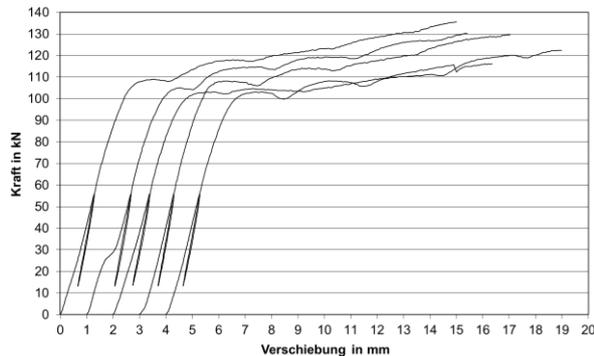


Abbildung 3: Last-Verschiebungskurven von Druckversuchen an Pfostenräger 10921.00

Der aus diesen Versuchen ermittelte charakteristische Tragfahigkeitswert von 90 kN wird ebenfalls für andere Pfostenragertypen mit ähnlich großer Auflagerfläche und mit einer Dicke der Grundplatte von 6 bis 8 mm angesetzt. Für Pfostenräger mit kleinerer Auflagerfläche wird dieser Tragfahigkeitswert in Abhängigkeit der Größe der Auflagerfläche reduziert. Basierend auf weiteren Versuchen für Pfostenräger mit einer Dicke der Grundplatte von 15 mm, ist die Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit nach [2] unter Berücksichtigung der Druckfestigkeit des Holzes parallel zur Faser und der vorhandenen Auflagerfläche möglich.

Neben diesen Werten für druckbeanspruchte Pfostenräger sind nach Eurocode 3 auch die Biegeknicktragfahigkeit des Gewindestabes bzw. des Hohlprofils (je nach Pfostenragertyp) und die Tragfähigkeit der beanspruchten Schweißverbindungen zu bestimmen.

3.2. Zugtragfähigkeit

Die Versuchsanordnung zur Ermittlung der aufnehmbaren Zugkraft ist in Abbildung 4 (links) exemplarisch für den Pfostenräger 10931.00 dargestellt. Es wurde ein symmetrischer Versuchsaufbau gewählt, bei dem an beiden Seiten des Prüfkörpers ein Pfostenräger 10931.00 angeordnet wurde. Die Zugkraft wird sowohl am unteren als auch am oberen Ende des Prüfkörpers direkt in die Gewindestange eingeleitet. Das Holzbauteil besaß die Querschnittsabmessungen 140 x 140 mm. Im Rahmen der Zulassungsversuche wurden Holzschrauben HECO-TOPIX Tellerkopfschraube mit T-Drive 10 x 120 mm mit einer Gewindelänge von 100 mm verwendet.

Bei allen durchgeführten Versuchen war unmittelbar nach Erreichen der Höchstlast ein Herausziehen des Pfostenrägers und der Holzschrauben zu beobachten. Das Versagen der Verbindung geschah plötzlich und ohne nennenswerte Vorankündigung. Abbildung 4 (rechts) enthält eine Detaildarstellung des Pfostenrägers 10931.00 nach Versuchsdurchführung.



Abbildung 4: Zugversuch Pfostenräger 10931.00 (links), Herausziehen des Pfostenrägers und der Holzschrauben (rechts)

Die Zugversuche zeigen, dass die Schraubenverbindung das Tragverhalten der Verbindungseinheit bestimmt. Daher wird beim Bemessungskonzept für Pfosten-Träger 10921.00 und Pfosten-Träger 10931.00 die charakteristische Zugtragfähigkeit als reine Schraubenverbindung ohne Berücksichtigung des Gewindedorns bzw. Gewinderohres berechnet. Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit in Richtung der Schraubenachse berechnet sich unter Berücksichtigung des Ausziehversagens der Schraube und des Abreißen der Schraube auf Zug. Maßgebend ist hier die charakteristische Ausziehtragfähigkeit der Schraube. Nach [2] kann die charakteristische Ausziehtragfähigkeit für Schrauben mit einem Winkel zwischen Schraubenachse und Holzfaserrichtung größer 30° wie folgt berechnet werden:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{0,52 \cdot \sqrt{d} \cdot \ell_{ef}^{0,9} \cdot \rho_k^{0,8}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

Dabei ist

d Gewindeaußendurchmesser der Holzschraube in mm

ℓ_{ef} Effektive Einbindetiefe der Holzschraube in mm

ρ_k Charakteristische Rohdichte für Nadelholz der Festigkeitsklasse C24 in kg/m^3

α Winkel zwischen Schraubenachse und Holzfaserrichtung

In Anlehnung an [4] kann, mit Reduktion der Tragfähigkeit um 50 %, diese Gleichung auch für Schraube mit einem Winkel zwischen Schraubenachse und Holzfaserrichtung von 0° verwendet werden, somit ergibt sich:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = 0,217 \cdot \sqrt{d} \cdot \ell_{ef}^{0,9} \cdot \rho_k^{0,8}$$

Für die Mindestabstände und die wirksame Anzahl n_{ef} von Schrauben mit teilweise glattem Schaft und einem Durchmesser $d > 6$ mm gelten bei Beanspruchung rechtwinklig zur Schraubenachse gemäß [2] die Festlegungen analog zu Stabdübeln.

Bei einer Verbindung mit einer Schraubengruppe, die durch eine Kraftkomponente in Schaftrichtung beansprucht wird, beträgt die wirksame Anzahl n_{ef} der Schrauben:

$$n_{ef} = n^{0,9}$$

Darüber hinaus sind für zugbeanspruchte Pfosten-Träger nach Eurocode 3 auch die Zugtragfähigkeit des Gewindestabes bzw. des Hohlprofils (je nach Pfosten-Trägertyp), die Biegetragfähigkeit der Grundplatte, die Biegetragfähigkeit der Fußplatte und die Tragfähigkeit der beanspruchten Schweißverbindungen zu bestimmen.

Bei Pfosten-Trägern mit einer an die Grundplatte angeschweißten Sicherungslasche werden nur 50 % der ermittelten Zugtragfähigkeit angesetzt. Der Grund hierfür ist der exzentrische Anschluss der Sicherungslasche an der Grundplatte, siehe Abbildung 5.



Abbildung 5: Grundplatte mit angeschweißter Sicherungslasche

3.3. Querkrafttragfähigkeit

Für die Versuche zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wurde eine symmetrische Versuchsanordnung gewählt, bei dem an beiden Seiten des Prüfkörpers ein Pfosten-Träger angeordnet ist, siehe Abbildung 6 (links).

Für alle durchgeführten Versuche war beim Erreichen der Höchstlast ein Querzugversagen des Holzes zu beobachten. Das Versagen der Verbindung geschah plötzlich schon bei geringen Verformungen. Dabei waren die Verformungen bis zum Erreichen der Höchstlast gering. Die Rissausbreitung ging, wie in Abbildung 6 (rechts) dargestellt, immer von der Querschnittsmitte ausgehend über die Stelle, an der Holzschrauben angeordnet waren, nach außen. Das Holzbauteil hatte bei diesen Versuchen die Querschnittsabmessungen 120×120 mm.



Abbildung 6: Querkraftversuch PfostenrÄger 10921.00 (links), Querkzugversagen des Holzes (rechts)

Aus diesen Versuchen konnte für die meisten PfostenrÄgertypen der charakteristische Tragfähigkeitswert von 10 kN ermittelt werden. Eine Ausnahme stellen PfostenrÄger mit einem im Holzbauteil eingelassenen Stahlblech dar, siehe Abschnitt 3.4.

Für PfostenrÄger mit einem im Holz eingelassenen Stahlrohr (Außendurchmesser 42,4 mm) beträgt der Mindestholzquerschnitt 120 x 120 mm. Angesichts des kleineren Holzquerschnitts, im Vergleich zum PfostenrÄger 10931.00 mit ähnlicher Geometrie, ist die Tragfähigkeit auf 7,3 kN zu reduzieren. Analog dazu ist die Tragfähigkeit für PfostenrÄger mit einer im Holzbauteil eingelassenen Gewindestange mit 24 mm Durchmesser bei Verwendung eines Holzquerschnitts von 100 x 100 mm auf 6,9 kN zu reduzieren.

Für die Stahlbauteile aller in [3] geregelter PfostenrÄger sind nach Eurocode 3 auch jeweils die Biegetragfähigkeit sowie die Tragfähigkeit bei kombinierter Beanspruchung (Normalkraft, Biegemoment und Querkraft) des Gewindestabes bzw. des Hohlprofils (je nach PfostenrÄgertyp), der Grundplatte sowie der Fußplatte und die Tragfähigkeit der beanspruchten Schweißverbindungen zu bestimmen.

3.4. PfostenrÄger mit eingelassenem Stahlblech

Im Gegensatz zu den bisher vorgestellten PfostenrÄgern besitzt z. B. PfostenrÄger 1003.00 (Abbildung 7) eine Stahlblech-Holz-Verbindung mit zwei Stabdübeln im eingelassenen Stahlblech und vier Schrauben in der Grundplatte als Verbindungsmittel. Die Druck- und die Zugtragfähigkeit der Verbindung zwischen PfostenrÄger und Holzbauteil wird wie in Abschnitt 3.1 und Abschnitt 3.2 bestimmt. Im Folgenden werden die Unterschiede und Ergänzungen zu den bisher aufgeführten Bemessungskonzepten erläutert.

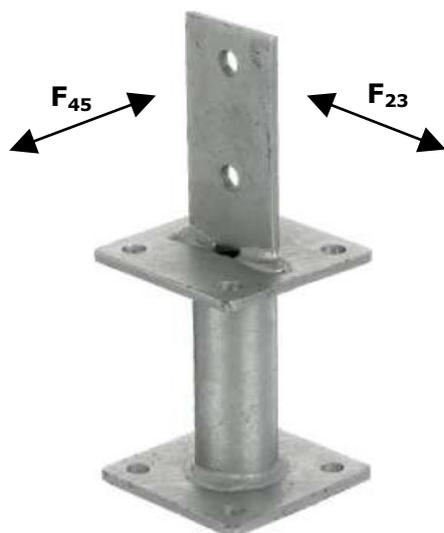


Abbildung 7: PfostenrÄger 1003.00

Für die Bestimmung der Querkrafttragfähigkeit der Verbindung werden die Lastrichtungen F_{23} und F_{45} separat betrachtet, da sich die Versagensmechanismen für die beiden Lastrichtungen unterscheiden.

Bemessung der Verbindung für die Lastrichtung F_{23}

In diesem Fall werden Stabdübel und Schrauben gemeinsam auf Abscheren beansprucht. Dieses kombinierte Tragverhalten wird in Anlehnung an [2] unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit bestimmt. In diesen Fällen darf die unterschiedliche Verformung der Verbindungsmittel bei Erreichen der Traglast dadurch in Rechnung gestellt werden, dass ein Nachweis unter Berücksichtigung der Verschiebungsmoduln der einzelnen Verbindungsmittel geführt wird. Da die Stabdübelverbindung einen Querkzuganschluss darstellt ist für das Holzbauteil zusätzlich die Tragfähigkeit auf Querkzug zu ermitteln.

Bemessung der Verbindung für die Lastrichtung F_{45}

Für diese Lastrichtung sind folgende Tragfähigkeiten relevant:

- Tragfähigkeit der Schraubenverbindung unter Scherbeanspruchung
- Querdrucktragfähigkeit des Holzes im Bereich des eingelassenen Stahlblechs
- Tragfähigkeit der Ausklinkung im Holzbauteil, Schlitz bzw. Aussparung im Holz für das eingelassene Stahlblech

Neben den bereits in den Abschnitten 3.1 bis 3.3 beschriebenen Berechnungen nach Eurocode 3 sind zusätzliche Tragfähigkeiten für das eingelassene Stahlblech zu bestimmen:

- Tragfähigkeit aus Lochleibungsversagen im Stahlblech
- Tragfähigkeit des Stahlblechs bei Zug-, Biege- oder Querkraftbeanspruchung
- Tragfähigkeit bei kombinierter Beanspruchung (Zugkraft, Biegemoment und Querkraft)
- Tragfähigkeit der Schweißverbindung zwischen Stahlblech und Grundplatte

3.5. Kombinierte Beanspruchung

Für kombinierte Beanspruchungen wurden keine weiteren Versuche durchgeführt. Deswegen soll der Ansatz der linearen Interaktion für das Nachweisverfahren verwendet werden:

$$\frac{F_{1,d}}{R_{1,d}} + \frac{F_{23,d}}{R_{23,d}} + \frac{F_{45,d}}{R_{45,d}} \leq 1$$

Dabei ist

$F_{i,d}$ Bemessungswert der Beanspruchung der Lastfälle F_1 und F_2 oder F_3 und F_4 oder F_5

$R_{i,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit der Lastfälle F_1 und F_2 oder F_3 und F_4 oder F_5

Die unterschiedlichen Lastfälle und Lastrichtungen sind in Abbildung 8 dargestellt.

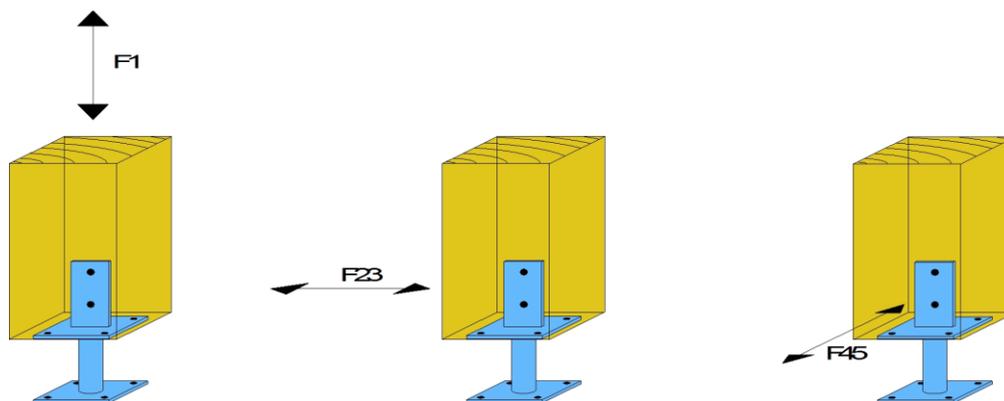


Abbildung 8: Definition der möglichen Lastfälle und Lastrichtungen

4. Bemessungstabellen

Um die in Abschnitt 3 gezeigten Tragfähigkeitsbestimmungen nicht bei jeder statischen Berechnung durchführen zu müssen, bietet sich die Angabe der charakteristischen Werte der Tragfähigkeit für die gebräuchlichen Einbausituationen in tabellarischer Form an. Im

Folgendes wird dies exemplarisch für die Pfostenragertypen 10921.00 und 10931.00 dargestellt.

Tabelle 1: Charakteristische Werte der Tragfähigkeit in Abhängigkeit der Lastrichtung

Pfostenräger	F ₁ (Druck) in kN		F ₁ (Zug) in kN		F ₂₃ (Querkraft) in kN		F ₄₅ (Querkraft) in kN				
	Holz	Stahl	Holz	Stahl	Holz	Stahl	Holz	Stahl			
10921.00	90,0	87,4	68,6	16,3	7,4*	10,0	2,1	2,2	10,0	1,2*	-
10931.00	90,0	75,2	-	16,3	13,2*	10,0	1,6	1,6	10,0	1,6*	1,6
Teilsicherheits- beiwert	γ_m	$\gamma_{m,1}$	$\gamma_{m,2}$	$\gamma_{m(C)}$	$\gamma_{m,0}$	γ_m	$\gamma_{m,0}$	$\gamma_{m,2}$	γ_m	$\gamma_{m,0}$	$\gamma_{m,2}$

* Im Falle einer längeren Fuplatte l = 220 mm, müssen die Werte mit einem Faktor 0,6 reduziert werden.

Weil die Schrauben parallel zur Holzfaser eingedreht sind, ist die ermittelte Tragfähigkeit auf Zug nur für kurze oder sehr kurze Lasteinwirkungsdauer gültig. Weiterhin ist darauf zu achten, dass für jeden Pfostenräger der in [3] angegebene Mindestquerschnitt des anzuschließenden Holzbauteils eingehalten wird. Für die hier vorgestellten Pfostenräger betragen diese 120 x 120 mm (Pfostenräger 10921.00) und 140 x 140 mm (Pfostenräger 10931.00). In den Feldern ohne Eintrag eines Tragfahigkeitswertes musste entweder keine dementsprechende Berechnung durchgeführt werden oder der ermittelte Wert war nicht maßgebend.

Die unterschiedlichen Teilsicherheitswerte sind wie folgt definiert:

γ_m Teilsicherheitsbeiwert für Holzbauteile; Deutschland: $\gamma_m = 1,3$

$\gamma_{m(C)}$ Teilsicherheitsbeiwert für Holzverbindungen; Deutschland: $\gamma_{m(C)} = 1,3$

$\gamma_{m,0}$ Teilsicherheitsbeiwert für Stahlbauteile; Deutschland: $\gamma_{m,0} = 1,0$

$\gamma_{m,1}$ Teilsicherheitsbeiwert für Stahlbauteile bei Stabilitätsversagen; Deutschland: $\gamma_{m,1} = 1,1$

$\gamma_{m,2}$ Teilsicherheitsbeiwert für Schweißverbindungen; Deutschland: $\gamma_{m,2} = 1,25$

Die Tragfähigkeit der Schraubenverbindung im Holzbauteil wurde unter der Annahme einer wirksamen Gewindelänge von 100 mm bestimmt. Bei Verwendung von Schrauben mit größeren Gewindelangen kann die charakteristische Zugtragfähigkeit der Schraubengruppe im Holz mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$F_{1,Zug,ges,k} = F_{1,Zug,ges,ref,k} \cdot \left(\frac{l_{ef}}{l_{ef,ref}} \right)^{0,9}$$

$$l_{ef,ref} = 100 \text{ mm}$$

$$F_{1,Zug,ges,ref,k} = 16,3 \text{ kN}$$

Dabei ist

$F_{1,Zug,ges,k}$ charakteristische Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im Holz für den Lastfall F₁ Zug für die Gewindelänge l_{ef} in kN

l_{ef} effektive Gewindelänge der Schrauben in mm

$F_{1,Zug,ges,ref,k}$ Referenzwert der charakteristischen Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im Holz für den Lastfall F₁ Zug für die Gewindelänge $l_{ef,ref}$ in kN

$l_{ef,ref}$ Referenzwert der effektiven Gewindelänge der Schrauben in mm

5. Zusammenfassung

Die angebotene Produktpalette an Pfosten-trägern der Firma Pitzl gibt dem Tragwerksplaner sowohl aus statischer Sicht als auch unter Berücksichtigung der Ästhetik einer Konstruktion eine sehr große Auswahl an. Darunter finden sich auch zahlreiche Pfosten-trägertypen, die eine nachträgliche Höhenverstellbarkeit ermöglichen. Dieser Vielfalt steht natürlich eine umfangreiche Nachweisführung für jeden einzelnen Pfosten-trägertyp entgegen. Der Umstand relativiert sich unter Zuhilfenahme der einfach und schnell anzuwendenden Bemessungstabellen der europäisch technischen Zulassung.

Der Beitrag zeigt, dass aus der Kombination aus experimentellen Untersuchungen, Erkenntnissen aus der Forschung und Berechnungen nach den geltenden Normen eine möglichst exakte statische Beschreibung des Verhaltens der Tragfähigkeit von Pfosten-trägern ermöglicht wird, welche sich dann in einer anwenderfreundlichen Darstellung in Form einer Zulassung vom planenden Ingenieur effektiv verwenden lässt.

Neben der großen Bedeutung eines gut geplanten Konstruktionsanschlusses im Ingenieurholzbau, wie z. B. der Verbindung eines Holzbauteils mit einem Pfosten-träger, ist das anzuschließende Bauteil nicht zu vernachlässigen. Und da es sich in diesen Fällen nahezu ausschließlich um schlanke Druckglieder eines Tragwerks handelt sind Betrachtungen bzgl. des Knickens einer Stütze unabdingbar.

6. Literatur

- [1] ETAG 015, Ausgabe September 2002, Guideline for European technical Approval of Three-Dimensional Nailing Plates
- [2] DIN EN 1995-1-1 (Eurocode 5), Ausgabe Dezember 2010, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [3] Europäisch technische Zulassung ETA-10/0413 „Pitzl GmbH & Co. KG Pfosten-träger“, herausgegeben am 9. Mai 2013, ETA Danmark
- [4] Blaß, H. J.; Bejtka, I.; Uibel, T. (2006): Tragfähigkeit von Verbindungen mit selbstbohrenden Holzschrauben mit Vollgewinde. Band 4 der Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Universitätsverlag Karlsruhe 2006