

# Historische Holzverbindungen

Untersuchung des Trag- und Lastverformungsverhaltens von historischen Holzverbindungen und Erstellung eines Leitfadens für die Baupraxis

## Projekt-Summary

<b>Bericht Nr.</b>	74FE-F.006967-FB-01
<b>Auftrag Nr.</b>	F.006967-10-74FE-01
<b>Klassifizierung</b>	Öffentlich
<b>Datum</b>	29.02.2016
<b>Projektförderung</b>	Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege

**Adresse der Forschungsstelle** Berner Fachhochschule  
Architektur, Holz und Bau  
Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur  
Kompetenzbereich Bauen im Bestand und Denkmalpflege  
Solithurnstrasse 102, CH-2504 Biel  
Tel / Fax +41 (0)32 344 0 341 / 391  
[www.ahb.bfh.ch](http://www.ahb.bfh.ch)

**Verfasser** Andreas Müller, Mareike Vogel, Stefan Lang, Flavien Sauser

**Leiter Institut für Holzbau** Andreas Müller  
**Tragwerke u. Architektur**

**Berner Fachhochschule**  
Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur

## Projekt-Summary

In der vorliegenden Arbeit wurde das Trag- und Verformungsverhalten von zimmermannsmässigen Holzverbindungen, wie sie in historischen Holzbauten vorkommen, untersucht. Dazu wurden zu den häufigsten Verbindungsarten die existierenden Literaturquellen ausgewertet. Die darin angegebenen Analysen und Bemessungsmodelle wurden verglichen und die relevanten Inhalte herausgearbeitet. Zusätzlich wurden eigene Versuche zu schrägen Zapfenverbindungen durchgeführt, um in der Literatur nicht abgedeckte Faktoren neu zu erfassen.

Holz Nägel kommen in historischen Knoten in ein- und zweischnittigen Verbindungen vor. Die meist aus Eichenholz gefertigten und in Nadelholz eingelassenen Holz Nägel weisen in der Regel einen achteckigen Querschnitt und einen Durchmesser zwischen ca. 20 und 30mm auf. Am häufigsten findet man Holz Nägel mit Durchmessern im Bereich um 24mm (ca. 1“).

Auf der Grundlage von umfangreichen Versuchsreihen wurden Modelle zur Tragfähigkeitsbestimmung von Holz Nägeln ermittelt, welche deren Trag- und Verformungsverhalten sehr gut abbilden.

Die Tragfähigkeit von Längsverbindungen ist hauptsächlich abhängig geometrischen Gegebenheiten und die daraus resultierenden Versagensarten. Die heutigen Ansätze für die Bemessung können somit meist relativ einfach auch für historische Verbindungen angewendet werden. Für die Berechnung der Steifigkeit stehen Untersuchungsergebnisse und die daraus entstandenen Gleichungen zur Verfügung.

Für Druckanschlüsse mit Belastung quer zur Holz faser haben FEM-Modellierungen ergeben, dass die Tragfähigkeit massgebend von den Stababmessungen abhängt. Grössere Gurthöhen führen ebenso zu einer geringeren Steifigkeit wie eine geringe Höhe des quer zur Faser aufliegenden Stabes. Biegebalken weisen eine höhere Steifigkeit auf als kontinuierlich gelagerte Schwellen. Für die Bemessung eines Druckanschlusses finden die Modelle der aktuell gültigen Normen Anwendung.

Die Tragfähigkeit von Versatzverbindungen ist hauptsächlich abhängig von der Versatztiefe, der Vorholzlänge und des Strebenquerschnittes. Die Versatztyp (Stirnversatz, Fersenversatz, doppelter Versatz,...) beeinflusst hauptsächlich die Fläche auf denen die Kräfte einwirken. Somit können für die Bemessung die heutigen geltenden Ansätze relativ einfach auch für historische Verbindung angewendet werden. Die Literatur liefert ebenfalls brauchbare Ansätze für die Steifigkeit.

Die Tragfähigkeit von liegenden Zapfen ist in erster Linie vom Zapfenquerschnitt sowie von der Höhenlage des Zapfens am Balken abhängig. Untenliegende Zapfen weisen höhere Tragwiderstände auf als mittig angeordnete Zapfen. Eine Reduktion der Zapfenhöhe führt zu einer überproportionalen Reduktion der Traglast. Beim schrägen Zapfen tritt das Versagen durch Überschreiten der Druckfestigkeit der Zapfenstirn, der Auflagerfläche am Gurt oder durch das Abscheren der mittleren Zapfenlamelle (Rollschubversagen) ein. Der Anschlusswinkel hat insgesamt nur einen geringfügigen Einfluss auf Tragfähigkeit und Steifigkeit der Verbindung. Am meisten wird die Tragfähigkeit von der Grösse der Kontaktflächen beeinflusst.

Die Tragfähigkeit von Blattverbindungen wird von der Gurthöhe, der Kerbtiefe des Blattes, dem Vorhandensein eines Holz nagels sowie dessen Durchmesser und von der Qualität des Holzes, aus welchem die Blattverbindung besteht beeinflusst. Unter Zugbelastung wird das Schwalbenschwanzblatt aus der Sasse herausgezogen, wobei es zu grossen Verschiebungen kommen kann. Der Bruch tritt durch Querzugversagen des Hauptbalkens infolge von Querzug ein. Ein existierendes Bemessungsmodell zeigt für einen Teil der Versuche sehr gute Übereinstimmungen, führt im Vergleich mit weiteren existierenden Versuchsreihen teils aber zu einer starken Überschätzung der Anschlüsse.

Historische Bauteile aus Eisen oder Stahl weisen ähnliche Materialfestigkeiten wie moderne Stähle auf, streuen dabei jedoch sehr stark. Die Bruchdehnung moderner Stähle wird meist nicht erreicht. Zur Berechnung von Bauteilen aus Eisen oder altem Stahl sind reduzierte Materialeigenschaften anzusetzen. Für historische eiserne Bolzen und Nägel können reduzierte Bemessungstragfähigkeit in Anlehnung an die aktuellen Normen angesetzt werden.