

Henriette Röse | Masterarbeit

Stegträger im Bestand – Einfluss der Ausführungsqualität der Keilzinkenstöße auf die Tragsicherheit

Zielsetzung

- Normative Nachweisführung: Untersuchung der geltenden Regelwerke zur statischen Bemessung biegebeanspruchter Universalkeilzinkenverbindungen
- Experimentelle Festigkeitsbestimmungen: Durchführung von Zug- und Biegeversuchen an originalen Keilzinkenverbindungen der Elisabethkirche sowie die Analyse entnommener Bohrkerne
- FE-Modellierung: Erstellung und Auswertung eines FE-Modells eines Dachbinders zur Analyse der Spannungsinteraktion im Firstbereich

Nachweisführung

Die normative Entwicklung der Nachweisführung für biegebeanspruchte Keilzinkenverbindungen begann mit der DIN68140 aus dem Jahr 1960 und wurde im Laufe der Zeit fortlaufend an die wachsenden Anforderungen an die Tragsicherheit angepasst. Erst zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurden dabei Unterschiede zwischen Keilzinken- und Universalkeilzinkenverbindungen normativ verankert, obwohl die zugrundeliegenden experimentellen Untersuchungen bereits seit den 1960er Jahren an biegesteifen, abgewinkelten Keilzinkenstößen durchgeführt wurden – also nach der Errichtung der Elisabethkirche. Ein wesentlicher Fortschritt besteht in der expliziten Einbeziehung von Druck- und Zugspannungen, die in Universalkeilzinkenverbindungen durch negativ bzw. positiv einwirkende Momente entstehen. Insbesondere für auftretende Zug- und Querspannungen schreibt der Nationale Anhang des Eurocode 5 heute deutlich strengere Nachweise vor.

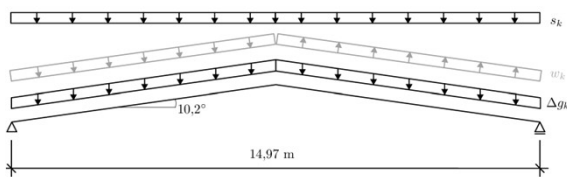


Abb. 1: Statisches System

Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Zug- und Biegeversuche weisen eine starke Streuung der Festigkeiten auf. Die Festigkeiten im Obergurt sind tendenziell höher als im Untergurt. Die Festigkeiten korrelieren mit dem Zustand der entnommenen Bohrkerne. Das Bruchverhalten zeigt bei den Zugversuchen meist Misch- oder reines Keilzinkenversagen. In den Verbindungen wurden unzulässige Äste und Nägel festgestellt. Teilweise unterschreiten auch die Holzfestigkeiten die Festigkeiten eines normgerechten C24-Holzes.

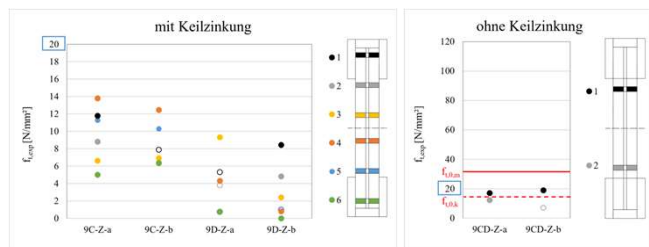
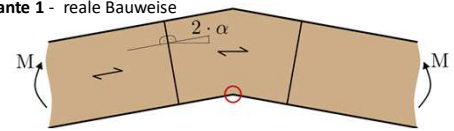


Abb. 2: Ergebnisse der Zugprüfungen

Fazit

Der Einsturz des Daches der Elisabethkirche 2023 warf Fragen hinsichtlich der Sicherheit von Bestandsbauten auf. Abschließend lässt sich festhalten, dass die mangelhafte Ausführung von Universalkeilzinkenverbindungen maßgeblich die Tragsicherheit historischer Stegträger beeinträchtigen kann. Die Kombination aus normativer Recherche, experimenteller Untersuchungen und FE-Analyse liefert ein fundiertes Bild der Schwachstellen und zeigt auf, wo künftige Prüf- und Sanierungsmaßnahmen ansetzen müssen. Durch gezielte Bauteilversuche an den vorhandenen Dachbindern lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse weiter verifizieren und auf andere Objekte übertragen. So kann langfristig sichergestellt werden, dass geklebte Holzverbindungen den heutigen Anforderungen an Sicherheit und Dauerhaftigkeit gerecht werden.

Variante 1 - reale Bauweise



Variante 2 - nach Norm

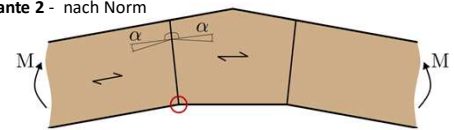
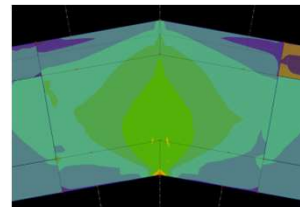


Abb. 3: Einschließender Faserwinkel der Universalkeilzinkenverbindung zwischen den zu verbindenden Bauteilen

Variante 1



Variante 2

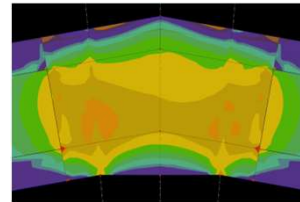


Abb. 4: Querspannungsverlauf im Firstbereich

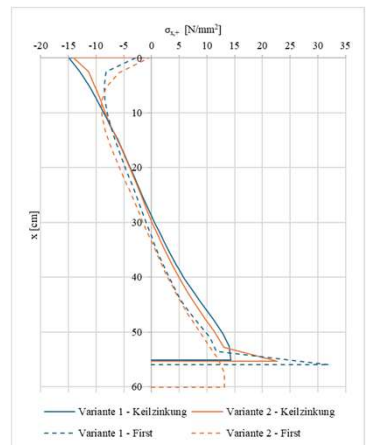


Abb. 5: Biegespannungsverlauf über die Trägerhöhe

Spannungsinteraktion im Firstbereich

Nach Norm wird bei modernen Konstruktionen der Knickpunkt auf Höhe der Keilzinkenverbindung angeordnet. Bei dem Dachbinder der Elisabethkirche liegt der Knick direkt im First (vgl. Abb.2). Die FE-Modellierung zeigt, dass die Ausführung einen wesentlichen Einfluss auf den Spannungsverlauf hat. Die Modellvariante 1 („Knick im First“) verursacht eine Konzentration von Biege- und Querspannungen im Firstbereich – die Nachweisführung richtet sich daher primär auf den First. Die Modellvariante 2 („Knick in Keilzinkung“) verringert die Biegespannungsspitzen deutlich und verteilt die Querspannungen gleichmäßiger auf die Universalkeilzinkenverbindungen, wodurch kritische Spannungsspitzen im First eliminiert werden.