

## Zukunft Bau

### KURZBERICHT

---

#### Titel

Fügung und Verstärkung von Brettschichtholzbauteilen mit ab initio eingeklebten Stahlblechlamellen

#### Anlass/ Ausgangslage

Im Ingenieurholzbau ist die Verbindungsmitteltragfähigkeit oft für die Dimensionierung der Bauteilquerschnitte maßgeblich. Gegenüber mechanischen Verbindungsmitteln besitzen geklebte Verbindungen eine deutlich höhere Tragfähigkeit und Verbindungssteifigkeit. Mit eingeklebten Gewindestangen oder Lochblechen können hoch tragfähige Anschlüsse hergestellt werden, jedoch ist das nachträgliche Einkleben der Stahlteile mit zusätzlichem Aufwand verbunden.

#### Gegenstand des Forschungsvorhabens

Das Forschungsvorhaben umfasste die Untersuchung der produktionstechnischen Bedingungen und der Festigkeitseigenschaften von mit eingeklebten Stahlblechlamellen verstärkten Brettschichtholzbauteilen und ihrer Fügungen. Entscheidend ist dabei, dass die Stahlblechlamellen nicht nachträglich, sondern bereits beim Herstellprozess im Leimholzbetrieb eingebracht wurden (ab initio). Auf diese Art und Weise wird eine produktionstechnische Synergie genutzt, indem Anschluß- und Verstärkungselemente, verbunden mittels hochfester Leimverbindung, in die Herstellung von Brettschichtholzelementen mit einbezogen wurden.

Zunächst wurden gemeinsam mit den Projektpartnern Jowat SE und Pollmann & Sohn geeignete Klebstoffe (PUR, EP, EPI) und Blecharten und -oberflächen (roh und verzinkt, glatt und gestrahlt) auf ihre Eignung zur Blech-Holz-Verklebung in Vorversuchen evaluiert.

Für die ausgewählten Kombinationen wurde das Tragverhalten der Verklebung in Pull-Out-Versuchen ermittelt. Dabei wurde der Einfluss der Verbundlänge, einer einseitigen MUF-Verklebung und einer Vorbehandlung der Bleche mit einem Primer erfasst. Durch iterative Optimierung der Blech-Klebstoff-Kombinationen konnte dabei die Leistungsfähigkeit der Verklebungen verbessert werden.

Die Ermittlung der Dauerhaftigkeit der Verklebungen erfolgte durch zyklische Durchfeuchtungs- und Austrocknungsversuche. Dabei wurde die Anzahl an Zyklen bis zum Beginn der Delamination der Klebefuge erfasst. Die Versuche umfassten auch eine Heißwasserlagerung zur Ermittlung des Temperatureinflusses auf die Festigkeit der Verklebungen. Das stark unterschiedliche Verformungsverhalten von Holz und Stahl bei Temperatur- und Feuchteschwankungen stellt eine erhebliche Zusatzbelastung für den Verbund der Verklebung dar und führt ggf. zu einer deutlichen Reduktion der Tragfähigkeit.

Die besten Blech-Klebstoff-Kombinationen aus diesen Versuchen wurden unter Dauerlast und zyklischem Wechselklima in der Klimakammer geprüft, um die lastabhängige Langzeitfestigkeit (duration-of-load-Effekt) und das Kriechverhalten der Verklebung zu untersuchen. Es wurde ein Klimawechsel nach DIN EN 15416-3 (45 °C/40 % rel.LF und 20 °C/85 % rel.LF). Im Anschluss an die Langzeitbelastung wurde die Resttragfähigkeit der verbliebenen Proben ermittelt. Zusätzliche Untersuchungen in baupraktischen Dimensionen sind sinnvoll.

Mit dem Projektpartner Hüttemann wurde der automatisierte Herstellungsprozess des Brettschichtholzes analysiert und geeignete Verfahren und Positionen zur Integration des Einklebens der Stahlbleche ermittelt. Die erforderlichen zusätzlichen manuellen Arbeitsschritte um Möglichkeiten zu ihrer Automatisierung wurden erarbeitet. Der Herstellungsprozess beim Einkleben von verstärkenden Stahlblechen wurde anhand von Zugstäben und Biegeträgern in Bauteilgröße erprobt. Dabei erfolgte auch die anschließende Bearbeitung im Abbund durch Hobeln und Herstellung von Schlitzen und Bohrungen für die Anschlüsse. Es wurden erforderliche Sicherheitsabstände der Bleche zur Holzoberfläche festgelegt, um Beschädigungen der Abbundwerkzeuge auszuschließen und die erreichten Toleranzen bei der Positionierung der Bleche ermittelt.

Für die mit ab initio eingeklebten Stahlblechen verstärkten Brettschichtholzbauteile wurden Anschluss- und Verbindungsdetails entwickelt: ein Zugstabanschluss und ein biegesteifer Trägerstoß. Die Kraftübertragung bzw. -einleitung in den Brettschichtholzquerschnitt erfolgte über selbstbohrende Stabdübel oder Bolzen und eingeschlitze oder außenliegende Anschluss- bzw. Verbindungsbleche. Durch die Wahl der Verbindungsmittel konnte das Trag- und Verformungsverhalten der Anschlüsse beeinflusst werden. Durch Optimierung der eingeklebten Verstärkungsbleche soll hierbei noch eine weitere Steigerung der Tragfähigkeit erreicht werden.

Zunächst erfolgten Untersuchungen an kleinformatischen Probekörpern, um die Tragfähigkeit und das Bruchverhalten abschätzen zu können. Anschließend wurden die Verbindungen an Brettschichtholzelementen in baupraktischen Abmessungen geprüft. Damit lassen sich Dimensionierungsvorschläge für die Anwendung der Verbindungen in der Baupraxis ableiten, um die Anwendung des entwickelten Verstärkungsprinzips im Ingenieurholzbau zu ermöglichen.

## **Fazit**

---

Für die Herstellung der ‚ab initio‘ mit Stahlblechen verstärkten Brettschichtholzbauteile zeigten Blech-Klebstoff-Kombinationen aus 2K-EP- und 1K-PUR-Klebstoff mit gestrahlten oder galvanisch verzinkten Blechen die beste Leistung unter Kurz- und Langzeitbelastung sowie Klimawechsel. Zur Dauerfestigkeit der PUR-Verklebung sind weitere Untersuchungen erforderlich. Es wurden Möglichkeiten zur Integration der Blechverklebung im automatisierten Herstellprozess entwickelt und erprobt und großformatige Zuganschlüsse und Biegeträgerstöße produziert. Diese erreichten im Versuch sehr hohe Tragfähigkeiten und belegen die Leistungsfähigkeit des Verstärkungs- und Fügungsprinzips für den Ingenieurholzbau.

## **Eckdaten**

---

Kurztitel: Mit Stahlblechlamellen verstärktes Brettschichtholz

Forscher / Projektleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Trautz

Gesamtkosten: 273.240,48€

Anteil Bundeszuschuss: 173.663,96€

Projektlaufzeit: 24 Monate

## **BILDER/ ABBILDUNGEN:**

---

Bild 1: Bild1.jpg

Versuchsreihe 4A: Versuchsaufbau Zuganschluss mit vier selbstbohrenden Stabdübeln Typ SFS WS-T 7x153 und eingeschlitztem Stahlblech

Bild 2: Bild2.jpg

Versuchsreihe 4V: Versagen des Probekörpers PUR- GV-03 durch Bruch der Klebfuge

Bild 3: Bild3.jpg

Versuchsreihe 4V: Zugkraftanschluss Vorversuch – Probekörper PUR– PUR- GV

Bild 4: Bild4.jpg

Versuchsreihe 4A: Bruchbild Probe PUR-B-1

Bild 5: Bild5.jpg

Versuchsreihe 4A: Bruchbild Probe PUR-D-1

Bild 6: Bild6.jpg

Versuchsreihe 4B: Übersicht Versuchsaubau

Bild 7: Bild7.jpg

Herstellung der Probekörper bei Hüttemann