

# Zum Tragverhalten von Holz-Beton-Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln

(Kurzfassung des Beitrages von Ringhofer und Wenzelhuemer [1])

A. Ringhofer\*, P. Wenzelhuemer

\* Institut für Holzbau und Holztechnologie, TU Graz | holz.bau forschungs gmbh | freiraum ZT gmbh  
[andreas.ringhofer@tugraz.at](mailto:andreas.ringhofer@tugraz.at)

## 1. Einleitung und Motivation

Holz-Beton-Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln stellen eine wesentliche Schnittstelle im modernen Holzbau dar und finden insbesondere bei Anschlüssen zwischen hölzernen Tragkonstruktionen und massiven Betonbauteilen Anwendung. Typische Beispiele hierfür sind Auflagerbereiche von Decken- und Dachkonstruktionen sowie Montage- und Fußschwellen von Holzfertigteilwänden. In der Praxis erfolgt die Verbindung dieser Bauteile häufig mittels nachträglich installierter Bolzenanker, Schraubanker oder Klebeanker. Diese Verbindungsmittel ermöglichen eine flexible und wirtschaftliche Montage und kommen sowohl im Neubau als auch im Bestand zum Einsatz. Um Fertigungs- und Montagetoleranzen auszugleichen, werden zusätzlich Zwischenschichten vorgesehen, welche entweder tragend durch Vergussmörtel oder nicht tragend durch Kunststoffbeziehungsweise Metallunterfütterungen ausgebildet werden. Obwohl diese Verbindungsart seit vielen Jahren in der Baupraxis angewendet wird, bestehen im Bereich der normativen Bemessung weiterhin erhebliche Unsicherheiten. Die derzeit gültigen europäischen Regelwerke enthalten keine eindeutigen und wirtschaftlichen Bemessungsansätze für Holz-Beton-Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln, vgl. [2]. Besonders bei querbeanspruchten Verbindungen führen die bestehenden Nachweisverfahren häufig zu einer deutlichen Unterschätzung der tatsächlichen Tragfähigkeit. Ursache dafür ist, dass die statisch wirksame Einbettung des Verbindungsmittels im Holzbauteil nur unzureichend berücksichtigt wird. In der Praxis resultieren daraus oftmals unwirtschaftliche Detailausbildungen oder zusätzliche konstruktive Maßnahmen wie der Einsatz von Scheibendübeln. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ein alternativer, aus [4] adaptierter Modellansatz experimentell überprüft (siehe [3]).

## 2. Modellansatz und Verifizierung

Das Rechenmodell basiert auf der zentralen Annahme, die Verbindung analog zu einschnittigen Holz-Holz-Verbindungen zu behandeln und dem Betonbauteil eine entsprechende Lochleibungsfestigkeit zuzuweisen. Zusätzlich werden die Eigenschaften vorhandener Zwischenschichten berücksichtigt, wobei zwischen tragenden und nicht tragenden Zwischenschichten unterschieden wird. Das Modell beschreibt unterschiedliche Versagensmechanismen wie das Erreichen der Lochleibungsfestigkeit oder die Kombination mit der Ausbildung von Fließgelenken des Verbindungsmittels. Zur Validierung des Modellansatzes wurde ein umfangreiches experimentelles Prüfprogramm durchgeführt. Insgesamt wurden 150 Versuche an unterschiedlichen Verbindungskonfigurationen vorgenommen. Dabei wurden verschiedene Verbindungsmitteltypen, Durchmesser, Last-Faserwinkel sowie unterschiedliche Arten von Zwischenschichten untersucht. Ergänzend dazu wurden die mechanischen Eigenschaften der Verbindungsmittel sowie die Kennwerte der Holz- und Betonbauteile bestimmt. Die Versuche zeigten deutlich, dass die bisherigen normativen Nachweise die Tragfähigkeit der untersuchten Verbindungen teilweise erheblich unterschätzen. Der entwickelte Modellansatz hingegen konnte das tatsächliche Tragverhalten wesentlich besser abbilden und zeigte eine hohe Übereinstimmung zwischen experimentellen Ergebnissen und theoretischen Vorhersagen.

## 3. Bemessungsvorschlag

Die Untersuchungen verdeutlichen, dass durch den vorgeschlagenen Ansatz eine realitätsnahe und gleichzeitig wirtschaftlichere Bemessung von Holz-Beton-Verbindungen möglich ist. Dementsprechend

wird empfohlen, die Tragfähigkeit  $R_v$  von Holz-Beton-Verbindungen mit auf Abscheren beanspruchten, stiftförmigen Verbindungsmitteln wie folgt zu bestimmen:

- nicht-tragende Zwischenschicht

$$R_v = \min \begin{cases} R_{v,1a} \\ R_{v,1b} \\ R_{v,1c} \end{cases}, \text{ mit} \quad (1)$$

$$R_{v,1a} = f_{h,w} \cdot t_w \cdot d, \quad (2)$$

$$R_{v,1b} = f_{h,w} \cdot d \cdot \frac{2\beta}{2 + \beta} \cdot \left[ -t_{zw} - \frac{t_w}{2} + \sqrt{t_{zw}^2 + t_{zw} \cdot t_w + \frac{t_w^2}{2} + \frac{t_w^2}{2\beta} + \frac{2 \cdot M_y}{f_{h,w} \cdot \beta \cdot d} + \frac{M_y}{f_{h,w} \cdot d}} \right] + 0,25 \cdot R_{ax}, \quad (3)$$

$$R_{v,1c} = f_{h,w} \cdot d \cdot \frac{1}{1 + \beta} \cdot \left[ -\beta \cdot t_{zw} + \sqrt{\beta^2 t_{zw}^2 + 4 \cdot \beta \cdot (\beta + 1) \cdot \frac{M_y}{f_{h,w} \cdot d}} \right] + 0,25 \cdot R_{ax}. \quad (4)$$

- tragende Zwischenschicht

$$R_v = \min \begin{cases} R_{v,2a} \\ R_{v,2b} \\ R_{v,2c} \end{cases}, \text{ mit} \quad (5)$$

$$R_{v,2a} = f_{h,w} \cdot t_w \cdot d, \quad (6)$$

$$R_{v,2b} = f_{h,c} \cdot d \cdot \left[ \frac{\lambda}{2\lambda + 1} \cdot \left( t_{zw} \cdot (2\delta - 2) - t_w + \sqrt{t_{zw}^2 \cdot \left( 4 - 4\delta - \frac{2\delta^2}{\lambda} + \frac{2\delta}{\lambda} \right) + t_w^2 (2 + 2\lambda) + t_{zw} \cdot t_w \cdot (4 - 4\delta) + \frac{4 \cdot M_y}{f_{h,c} \cdot d} \cdot \left( 2 + \frac{1}{\lambda} \right)} \right) - \delta \cdot t_{zw} \right] + f_{h,zw} \cdot t_{zw} \cdot d + 0,25 \cdot R_{ax} \quad (7)$$

$$R_{v,2c} = f_{h,c} \cdot d \cdot \left[ \frac{\lambda}{\lambda + 1} \cdot \left( t_{zw} \cdot (\delta - 1) + \sqrt{t_{zw}^2 \cdot \left( 1 - \delta + \frac{\delta}{\lambda} - \frac{\delta^2}{\lambda} \right) + \frac{4 \cdot M_y}{f_{h,c} \cdot d} \cdot \left( 1 + \frac{1}{\lambda} \right)} \right) - \delta \cdot t_{zw} \right] + f_{h,zw} \cdot t_{zw} \cdot d + 0,25 \cdot R_{ax} \quad (8)$$

und

$$\beta = \frac{f_{h,c}}{f_{h,w}}, \quad \delta = \frac{f_{h,zw}}{f_{h,c}} \quad \text{und} \quad \lambda = \frac{1}{\beta}, \quad (9)$$

mit  $f_{h,w}$ ,  $f_{h,c}$  ( $= 3 \cdot f_c$ , Zylinderdruckfestigkeit) und  $f_{h,zw}$  als Lochleibungsfestigkeiten des Holzbauteils, des Betonbauteils und der Zwischenschicht,  $t_w$  und  $t_{zw}$  als Dicken des Holzbauteils und der Zwischenschicht,  $M_y$  als Fließmoment des Verbindungsmittels und  $d$  als Nenndurchmesser des Verbindungsmittels. Aufgrund der Kombination aus Holz-, Beton- und Stahlversagen im Fall der Gleichungen (3), (4), (7) und (8) wird empfohlen, die Bestimmung des Bemessungswerts der Tragfähigkeit,  $R_{v,d}$  mit den Bemessungswerten der Eingangskenngrößen (Fließmoment und Lochleibungsfestigkeit) durchzuführen. Zusätzlich zu den Gleichungen (1) bis (9) sind in diesem Zusammenhang die Versagensmechanismen „Stahlversagen ohne Hebelarm“, „Betonausbruch“, „Betonkantenbruch“, „Stahlversagen bei Zusatzbewehrung“ und „Verankerungsversagen der Zusatzbewehrung“ gem. ON EN 1992-4 [2] zu berücksichtigen.

**Literatur:**

- [1] Ringhofer, A.; Wenzelhuemer, P. (2025). Zum Tragverhalten von Holz-Beton-Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln. Beitrag im Rahmen des 29. Internationalen Holzbau-Forums IHF 2025, Innsbruck.
- [2] ON EN 1992-4:2019-04-01. Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton.
- [3] Wenzelhuemer, P. (2025). Ein Beitrag zur Bestimmung des Last-Verschiebungsverhaltens von Holz-Beton-Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln, Masterarbeit, TU Graz.
- [4] Blaß, H.J., Laskewitz, B. (2003). Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten. Bauen mit Holz 105(1-2), pp. 26-35.