

Tragverhalten von Verbundankern

Versuche, Modellierung und Optimierung

> Die Holz-Beton-Verbund-Bauweise (HBV) erfreut sich in den letzten Jahren zunehmender Beliebtheit. Insbesondere im Sanierungsbereich zur Ertüchtigung von klassischen Holzbalkendecken im Mehrgeschoßbau findet diese Bauweise Zuwachs.

Zahlreiche Vorteile liegen dabei auf der Hand:

- Steigerung der aufnehmbaren Traglast der Decke.
- Verbesserung des Schallschutzes.
- Verbesserung des Brandschutzes.
- Erhöhung der Steifigkeit und somit besseres Verhalten bzgl. Schwingungsanfälligkeit.
- Möglichkeit zum Ausgleich bestehender Verformungen bzw. Durchbiegungen.

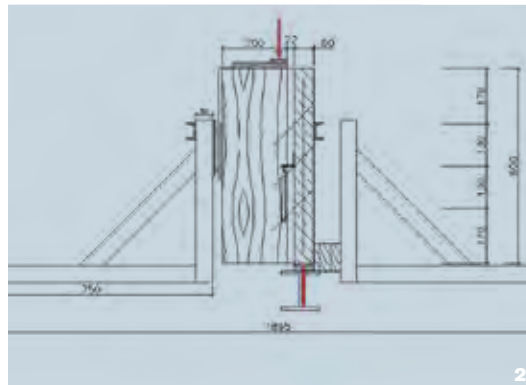
Das Institut für Holzbau der Hochschule Augsburg (IfH) wurde von der Firma FRIEDRICH UG Verbundsysteme beauftragt, einen sog. Holz-Beton-Verbundanker (Abb. 1) zu optimieren und eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) zu erwirken.



1



3



2

- 1 Holz-Beton-Verbundanker mit den beiden Teilen Schraubenspitze mit Holzgewinde und „Betongewinde“ mit Schraubenkopf.
- 2 Versuchsaufbau der Scherprüfungen.
- 3 Versuchsbau mit eingebauter Prüfkörper mit Zwischenschicht.

Wirkungsweise des Holz-Beton-Verbundes

Die Wirkungsweise der Holz-Beton-Verbund-Bauweise (HBV) beruht darauf, einen meist unten angeordneten Holzbalken mit einer darauf liegenden Betonplatte möglichst (schub-)fest zu verbinden. Dies geschieht in diesem Fall mit HBV-Ankern, die kontinuierlich unter einem Winkel von 45° in die Holzbalken eingeschraubt werden. Die dann noch überstehenden Schraubenteile werden mit der Ortbetonplatte vergossen. Anhand der Fachwerkkanalogie und der entsprechenden Ausrichtung werden die Verbundanker vornehmlich zugbelastet.

Je fester dieser Verbund ist, desto höher sind die Steifigkeit und die Tragfähigkeit des Tragsystems. Verbindungen im Holzbau sind jedoch dadurch gekennzeichnet, dass unter Belastung immer eine Verformung auftritt, d.h. die zu verbindenden Bauteile verschieben sich relativ zueinander. Diese Verschiebung sollte so gering sein wie möglich, um insbesondere Verformungen klein zu halten. Ziel war die Optimierung dieses Verbundankers:

- Aus produktionstechnischer Sicht, denn das Schraubengrundmaterial sowie etwaige Beschichtungen haben Einfluss auf die Herstellungskosten.
- Wegen Schraubengeometrie (Länge des „Betongewindes“, Länge des Holzgewindes sowie Schraubendurchmesser), denn diese hat aus bautechnischer Sicht gesehen erhebliche Relevanz auf die Tragfähigkeit der Verbindung.

Hierzu wurden zunächst Versuche mit einem bislang vorhandenen HBV-Anker durchgeführt, um eine erste Größenordnung der Schraubeneigenschaften zu bekommen. Geprüft wurden

- der Auszieh Widerstand der Schraube aus dem Holz sowie aus dem Beton.
- der Eindrehwiderstand beim Verschrauben der Anker in das Holz.
- das Abdrehmoment (Torsionsbruch) der Schraube selber.
- die Zugtragfähigkeit des Ankers.

Die Versuche zeigten, dass die Geometrie des Ankers dem Grunde nach schon nahe am Optimum lag. Die Verhältnisse zwischen den Tragfähigkeiten im Beton und im Holz sowie des Schraubenmaterials selbst lagen in einer gewünschten

Größenordnung, wobei die material-spezifischen Sicherheiten berücksichtigt wurden. Somit musste an der Schraubengeometrie keine Änderung vorgenommen werden.

Das Verhältnis von Eindrehwiderstand und Abdrehmoment wies ebenfalls einen ausreichenden, wenn auch knappen Abstand auf. Dies bedeutete, dass das kostengünstigere, ungehärtete Schraubengrundmaterial für den Anwendungsfall ausreichend war.

Bei weiteren Schraubenchargen mit Änderungen in einer Gleitmittelbeschichtung sollte der Effekt dieser Beschichtung beim Eindrehen in das Holz überprüft werden. Dieses Gleitmittel erzeugte allerdings keine befriedigende Minderung des Eindrehwiderstands, so dass auf diese Beschichtung, nicht zuletzt auch aus Kostengründen, verzichtet wurde.

Ermittlung des Verschiebungsmoduls Kser

Im Hinblick auf die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) wurden neben den oben beschriebenen Versuchen an den Schrauben selbst noch Scherverversuche an Kleinbauteilen zur Ermittlung des Verschiebungsmoduls Kser durchgeführt.

Hierzu wurden auf 60 cm langen Holzbalken mit unterschiedlichen Rohdichten Betonplatten (30 cm breit, 6 cm stark) aufbetoniert, die mit einer Betonstahlmatte bewehrt wurden.

- Die erste Versuchsreihe bestand aus Prüfkörpern ohne Zwischenschicht,
- in der zweiten Versuchsreihe wurde eine Zwischenschicht bestehend aus einer 22 mm OSB-Platte zwischen Balken und Betonplatte angeordnet, um einen Einfluss dieser Zwischenschicht zu ermitteln.

Um eine verhältnismäßig geringe Betonfestigkeit nahe der Festigkeitsklasse C20/25 zu erreichen, wurden im Baustofflabor mehrere Betonrezepturen erprobt und die Festigkeitsentwicklung dieser Betonvarianten in regelmäßigem Abstand untersucht. Letztendlich wurde ein probates Rezept gefunden, das die vorgegebenen Anforderungen entsprechend erfüllte.



PROF. DR. FRANÇOIS COLLING

Hochschule Augsburg
Fakultät für Architektur und Bauwesen
Leiter des Instituts für Holzbau
Tel. +49 821 5586-3109
francois.colling@hs-augsburg.de

Fachgebiete

- Konstruktiver Ingenieurbau
- Holzbau
- Baustatik



DIPL.-ING. (FH) HENRIK BOLL

Tel. +49 821 5586-3143
henrik.boll@hs-augsburg.de

Im Versuch wurden die Prüfkörper senkrecht aufgestellt und auf der Schmalseite der Betonplatte gelagert. Die Kraft wurde in den Holzbalken eingeleitet und die Relativverschiebung zwischen Balken und Betonplatte gemessen. Der Versuchsablauf (zeitlicher Verlauf der kraft- bzw. weggesteuerten Belastung) wurde in Anlehnung an die DIN EN 26891:1991 definiert (Abb. 2, 3).

In Abbildung 4 sind die Kraft-Verformungs-Linien von sechs Prüfkörpern ohne Zwischenschicht dargestellt. Der Verschiebungsmodul wurde im Bereich zwischen 10 % und 40 % der Maximalkraft ausgewertet und anhand der Steigung der Kurven ermittelt.

Erwartungsgemäß waren die Tragfähigkeit und auch der Verschiebungsmodul der Prüfkörper mit Zwischenschicht geringer, weil die effektive Einbindelänge der Verbundanker im Holz um die Dicke der Zwischenschicht kleiner war.

Um einige Nachteile dieses Versuchsaufbaus der senkrechten Prüfkörper zu umgehen, wurden in einer weiteren Versuchsreihe die Prüfkörper geneigt eingebaut, so dass die aufgebrachte Prüfkraft durch den Schwerpunkt des Prüfkörpers hindurch in das untere Auflager eingeleitet wurde (Abb. 5, 6).

Dieser Versuchsaufbau hat folgende Vorteile gegenüber dem senkrecht eingebauten Prüfkörper:

- Beim senkrecht eingebauten Prüfkörper entsteht wegen der exzentrischen Lasteinleitung eine horizontale Haltekraft, die ihrerseits eine erhöhte Reibung verursacht. Diese tritt bei den geneigt eingebauten Prüfkörpern nicht auf.
- Der Einbau der frei stehenden geneigten Prüfkörper geht schneller und einfacher und ist daher wirtschaftlicher.

Die Versuche zeigten, dass die ermittelten Steifigkeiten und Tragfähigkeiten bei beiden Versuchs-Varianten auf einem vergleichbaren Niveau liegen. Somit wurden die weiteren Versuche mit dem einfacheren schrägen Einbau der Prüfkörper durchgeführt.

Überprüfung des Verschiebungsmoduls Kser anhand von Bauteilversuchen

Neben den beschriebenen Versuchen mit kleinen Scherprüfkörpern wurden zusätzlich Biegeversuche mit größeren Bauteilen durchgeführt.

Die Bauteilabmessungen wurden vorab rechnerisch anhand des Gamma-Verfahrens und per Stabwerksberechnung dahingehend festgelegt, dass das Erreichen der Schubtragfähigkeit der Holz-Beton-Verbindung als Versagenskriterium maßgeblich werden sollte.

Es wurden erneut zwei Varianten (mit und ohne Zwischenschicht) geprüft. In Abbildung 7 ist ein eingebauter Prüfkörper dargestellt.

Die in den Versuchen ermittelten Durchbiegungen wurden mit den rechnerisch abgeschätzten Verformungen verglichen.

Mit den in den Kleinversuchen ermittelten Verschiebungsmoduln (Kser) wurden die erwarteten Durchbiegungen dieser Träger rechnerisch abgeschätzt und mit den tatsächlich gemessenen Durchbiegungen verglichen.

Diese Gegenüberstellung zeigt eine aus baupraktischer Sicht gute und ausreichende Übereinstimmung zwischen Versuch und Berechnung.

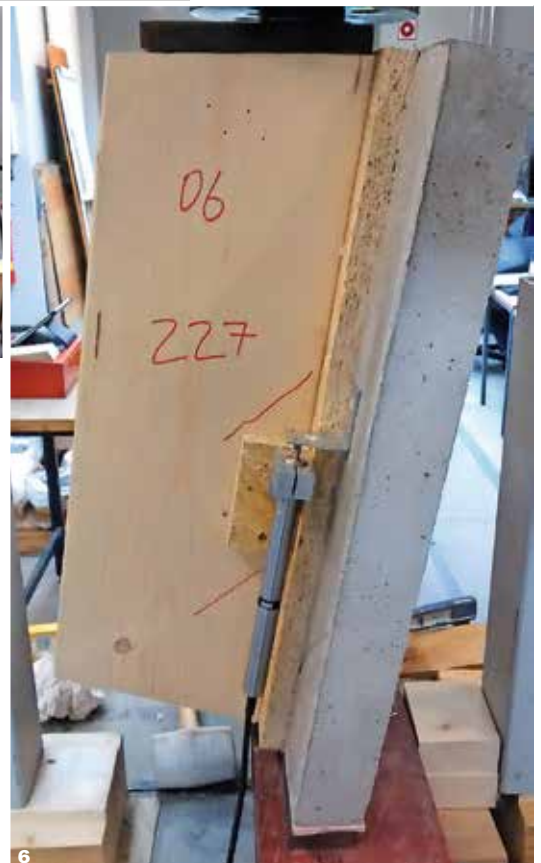
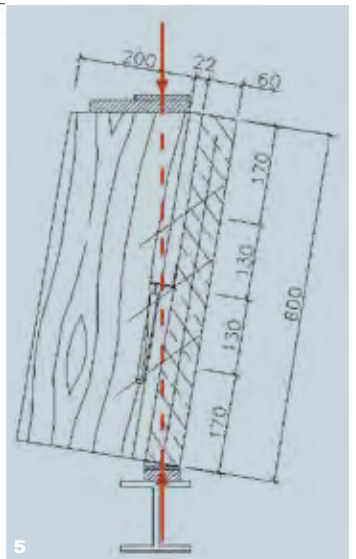
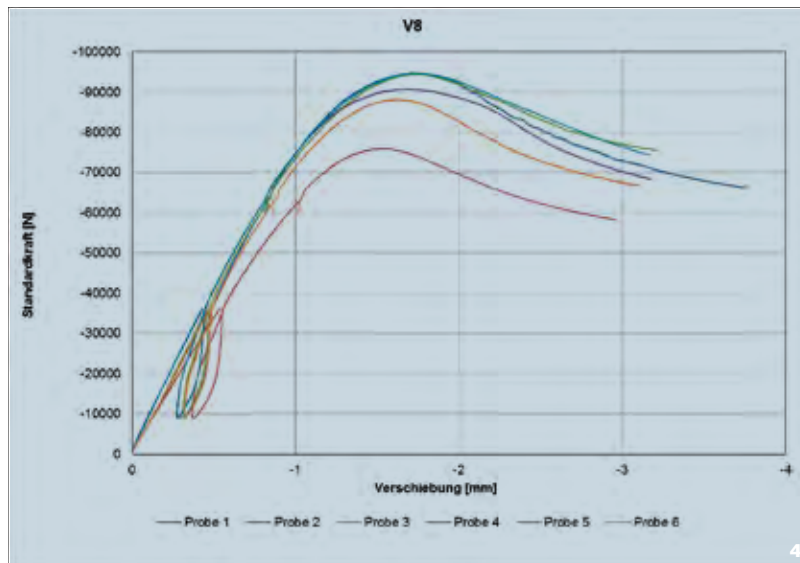
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Im März 2015 wurde durch das DIBt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für den untersuchten Verbundanker für den untersuchten Verbundanker erteilt (Z-9.1-851). Das Gesamtprojekt „Verbundanker“ fand somit für den Hersteller sowie für das IfH ein sehr befriedigendes Ende.

Firmen, die eine deutsche oder auch eine europäische Zulassung nach einem europäischen Bewertungsdokument anstreben, finden mit dem Institut für Holzbau an der Hochschule Augsburg einen kompetenten Partner, der Ihnen bei diesem Anliegen umfassend – von Planung und Versuchsdurchführung, bis hin zur Bewertung der Ergebnisse und einem Zulassungsentwurf – behilflich sein kann. <

PRÜFKÖRPER	W BERECHNUNG [mm]	W VERSUCH [mm]	ABWEICHUNG [%]
C1.1	5,27	4,71	10,6
C1.2	5,27	6,42	-21,8
C1.3	5,27	5,96	-13,1
C2.1	5,27	5,76	- 9,3
C2.2	5,27	5,42	- 2,8
C2.3	5,27	5,09	3,4
Mittelwert		5,56	5,5

Tabelle: Gegenüberstellung der Ergebnisse aus Berechnung und Versuchen bei einer Belastung von 60 kN.



- 4 Kraft-Verformungsdiagramm der Versuchsreihe mit Zwischenschicht.
- 5 Versuchsaufbau der Scherprüfungen mit geneigter Prüfkörperlagerung.
- 6 Versuchsaufbau eingebauter Prüfkörper mit geneigter Lagerung.
- 7 Eingebauter Prüfkörper als Biegeträger.