

Prolog zum IHF 2010  
in Garmisch: Ver-  
bindungstechnik im  
Holzbau – in thema-  
tischer Vielfalt einem  
interessierten Teil-  
nehmerkreis näher  
gebracht.

Fotos: W. Bogusch



Bei der gut besuchten Prologveranstaltung «Verbindungstechnik – Schrauben und Kleben im Holzbau» zum 16. Internationalen Holzbauforum Garmisch hat sich die Befestigungsvariante «Schrägverschraubung» wie eine roter Faden durch fast alle Vorträge gezogen.

## Verbindungstechnik mit Schrägverschraubungen

Nach den Grussadressen der Veranstalter (*Prof. Dr. Gerhard Schickhofer*, TU Graz, und *Vinzenz Harner*, Frohnleiten) und dem als Exkurs angesetzten Eröffnungsreferat von *Magister Stefan Plieschounig* ging *Dipl.-Ingenieur Harald Krenn*, TU Graz, bei seinen Ausführungen auf den konkreten Fall der Kombination von selbstbohrenden Holzschrauben mit Vollgewinde und aussen liegenden Stahlblechen an Brettchichtholz in Bauteilgrösse (Festigkeitsklasse GL 28h) ein. Der breite Anwendungsbereich dieses Verbindungstyps reicht von Haupt-Nebenträger-Anschlüssen über die Verstärkung von bestehenden Konstruktionen (z. B. Ertüchtigung von Altbauten) bis hin zum einfachen Zuglaschenstoss. Als wirtschaftliche Vorteile werden die relativ einfache Anwendung sowie – vom statischen Gesichtspunkt her – die hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit angeführt. Bei der Montage der vorgestellten, dreiteiligen Verbindung werden die Stahlbleche zuerst mit Schrauben rechtwinklig zur Holzoberfläche fixiert, wobei diesen Schrauben in der Folge – aufgrund ihrer geringen

Steifigkeit in Krafrichtung – keine tragende Bedeutung zukommt. Im Anschluss daran werden die für die Lastabtragung verantwortlichen Schrauben nach Möglichkeit abwechselnd symmetrisch zur Systemachse eingebaut, um eine Vorverdrehung der Anschlussbleche zu verhindern. Die Schrauben werden ohne Vorbohren mithilfe einer dafür vorgesehenen Führung eingebracht. Versuche haben gezeigt, dass Stahlblech-Holz-Verbindungen mit aussen liegenden Blechen und geneigt angeordneten, selbstbohrenden Holzschrauben sehr leistungsfähig betreffend Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind. Zum Nachweis dafür wurde ein einfaches Fachwerkmodell entwickelt, das die axiale Tragfähigkeit der Schraube, den Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung ( $45^\circ$  bis  $30^\circ$ ) sowie die Reibung zwischen Stahlblech und Holzoberfläche ( $\mu = 0,25$ ) berücksichtigt und ausreichend genau ist. Bei der konstruktiven Detailplanung gelte es – wie Krenn hinwies – zu berücksichtigen, dass starre Kopfplatten einen Einfluss auf die Reibung haben

können und ein Überlappen der Schraubenspitzen von mindestens  $4d$  in der Systemachse von symmetrischen Verbindungen unumgänglich ist. Die Dicke der Stahlbleche hängt insbesondere vom Kopfdurchmesser der verwendeten Schrauben und vom Winkel ab; sie sollte bei Schrauben mit einem Nenndurchmesser  $d$  von 8 mm nicht unter 15 mm liegen.

Die Wirkungsweise von Schrägverschraubungen mit Vollgewindeschrauben hat *Prof. Dr.-Ing. Martin H. Kessel*, TU Braunschweig/FH Hildesheim, an drei typischen Verbindungen des Holzbaus aufgezeigt:

– Bei einem Stützenfuss mit geringem Gefährdungspotenzial (Carports, Balkone und Überdachungen) und Normalkraftbeanspruchung handelt es sich um eine geregelte Bauart. Bei Verwendung von ABC-Spax-Vollgewindeschrauben, die unter einem Winkel von  $25^\circ$  zur Holzfaserrichtung eingedreht wurden, sind – wie Laborversuche gezeigt haben – bei Zugbeanspruchung deutlich höhere Tragfähigkeiten der Schrauben erreichbar.

– In einer weiteren Versuchsreihe sind in einen Sternzapfenverbinder, der im Hirnholz auf Zug und Abscheren beansprucht wurde, ABC-Spax-Schrauben unter einem Winkel von  $30^\circ$  zur Holzfaserrichtung eingedreht worden. Auch hier zeigen die Ergebnisse, dass bei diesem Winkel deutlich höhere Tragfähigkeiten zu erzielen sind als die, die der Zulassung zugrunde liegen.

– Bei Verwendung als Verankerungselement im Holztafelbau wird der aus 2,5 mm Stahlblech bestehende Zuganker vom Typ Tri-Z auf der Baustelle an die Beplankung angelegt und mit der patentierten Schrägverschraubung durch die OSB-Platte am Holzstiel befestigt. Die Kräfte werden über die Schrauben direkt in den Anker eingeleitet, wobei keine Belastung der Schrauben durch Abscheren auftritt.

### Schraubenverbindungen für Laubholzkonstruktionen

Mit der Vorbemerkung, dass er seine Darlegungen als Denkanstöße für

die Zukunft verstanden wissen möchte, und nicht als pfannenferne Lösungen, widmete sich Prof. em. Ernst Gehri, Rüschlikon, einer verbindungstechnischen Herausforderung, die im Zusammenhang mit der aufkommenden Verwendung von Laubhölzern für konstruktive Bauaufgaben steht. Von grosser Bedeutung ist, das Verhalten geschraubter Verbindungen zu steuern. Bekannterweise treten bei senkrechter Schraubenanordnung (d. h. 90° zur Faserrichtung) mit zunehmender Verformung Zugkräfte auf, wobei aus Gleichgewichtsgründen an der Kontaktfläche ein Querdruck entsteht. Je nach Reibungskoeffizient bildet sich ein nicht unwesentlicher Reibungsanteil, der baupraktisch grossen Schwankungen unterworfen ist. Eine bessere Leistung wird durch eine Schrägstellung der Schrauben erreicht. Doch ist hierbei zu beachten, dass an der Kontaktfläche höhere Querdrücke (und im Mittelteil auch Querzug!) entstehen und sich somit auch höhere Reibungsanteile ergeben. Im Weiteren wies Prof. Gehri auf die mögliche Beeinflussung des Verformungsverhaltens durch die Variation der Schraubenneigung hin. Hierzu wurden Versuche mit Probekörpern (Laschenstoss) und folgenden Parametern angestellt:

- Beidseitig 40 mm dicke Laschen aus Esche (mit Vorbohrung); Mittelteil aus Fichte (80 mm),
- Schraube (Durchmesser  $d_a = 8$  mm) mit Tellerkopf (Durchziehen ausgeschlossen) und
- eingelegte Gleifolien.

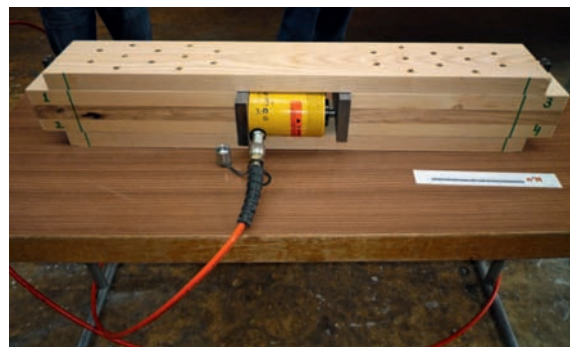
Die Ergebnisse waren aufschlussreich: Hohe Werte wurden mit Schraubenneigungen von 45° und 60° erreicht, bei allerdings geringer Duktilität. Die 90°-Anordnung zeigte ein grosses Verformungsvermögen auf, doch ist die Verbindung im Gebrauchszustand zu «weich». Eine mittlere Stellung mit ähnlichem Tragvermögen und besserem Verhalten im Gebrauchszustand wird mit einer Neigung um 75° erreicht.

Ein Plädoyer gab Gehri für Verbindungen parallel zur Faser ab, also in Form eines Stosses, wobei er weniger die Verwendung von kostspieligen, massiven Stahlplatten

favorisierte, als vielmehr die direkten Verschraubungen, bei denen eine geringe Neigung gegenüber der Faserichtung möglich ist. Derartige Verbindungen seien bereits in den 90er-Jahren für Windverbandsanschlüsse erfolgreich eingesetzt worden. Verglichen mit Fichtenholz ergaben Versuche mit Eschenholz eine höhere Effizienz: Bei den untersuchten Querschnitten (80 mm x 120 mm) und dem Einsatz von acht Vollgewindeschrauben ( $\varnothing 8$  mm) wurde eine Bruchkraft von 210 kN ermittelt. Aus der «nachgiebigeren» Lagerung der Schrauben resultiert eine gleichmässige Schraubenbelastung; der Gruppeneinfluss ist vernachlässigbar.

### Verstärkung schubbeanspruchter Bauteile

Wie Dipl.-Ingenieur Oliver Krüger, KIT Holzbau und Baukonstruktionen, Karlsruhe, darlegte, erweisen sich selbstbohrende Holzschrauben und normkonforme Gewindestangen (DIN 7998) aufgrund ihrer hohen axialen Verbundsteifigkeit als wirkungsvolle Schubverstärkungen für Holzbauteile. Allerdings ist die Steifigkeit stiftförmiger Verbindungsmittel bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse vergleichsweise gering. Durch die Anordnung von Holzschrauben oder Gewindestangen unter Winkeln von weniger als 90° zur Faserrichtung des Holzes kann die hohe axiale Steifigkeit besser ausgenutzt werden – am besten, wenn der Einschraubwinkel der Verstärkungselemente 45° beträgt. Sind grosse Einschraublängen erforderlich, so sind Gewindestangen den selbstbohrenden, langen Holzschrauben – auf dem Markt sind Längen bis 1000 mm verfügbar – vorzuziehen, da letztere beim Einschrauben dazu neigen, aus der Sollachse zu verlaufen. Dem Einschrauben der Gewindestangen, die in Längen bis zu drei Metern und Nenndurchmessern von 16 mm und 20 mm erhältlich sind, geht ein Vorbohren des Holzes voraus. Erfolgreich eingesetzt werden Gewindestangen bereits bei der Querzugverstärkung von Satteldachbindern und gekrümmten Bauteilen.



Probekörper aus Eschenholz-Lamellen mit schräg eingebrachten Schrauben im Beanspruchungstest.

### Technik braucht Entwicklung

«Neue Entwicklungen können per Definition nicht dem Stand der Technik entsprechen. Sie sind vielmehr die Zukunft davon und können daher noch nicht normativ geregelt sein» – so die Kernaussage von Dipl.-Ingenieur Robert A. Jöbstl, TU Graz, bei seinen grundsätzlichen Betrachtungen über die Unterschiede von Normung und Zulassungsverfahren. Damit innovative Lösungen rascher dem Markt zugeführt werden können, gleichwohl aber dem Sicherheitsbedürfnis gerecht werden, braucht es – im Vorweg zur Normung – eine Zulassung mit einem entsprechenden Verfahren. Das neue Branding soll – ähnlich dem bekannten und gewohnten deutschen Ü-Zeichen – Zuverlässigkeit signalisieren. Das Ziel eines in Ausarbeitung befindlichen Zulassungsverfahrens auf europäischer Ebene (CUAP = Common Understanding of Assessment Procedure) besteht darin, Innovationen schneller marktreif zu machen als es die langsamere Reaktionszeit des Normungswesens möglich macht. So werden sich für die modernen Holzbauschrauben aus hochfesten Stählen durch eine in naher Zukunft vorliegende Europäische Technische Zulassung (ETA) gegenüber der Produktnorm für stiftförmige Verbindungsmittel (EN 14592) neue Möglichkeiten eröffnen, die den Ingenieurholzbau einer Weiterentwicklung zuführen – so die abschliessende Einschätzung von R. A. Jöbstl.

### Systemverbinder in der Übersicht

Auf der Basis selbstbohrender Holzschrauben sind den Teilnehmern des IHF-Prologes «Verbindungstech-

nik» drei Systemverbinder vorgestellt worden. Den Anfang machte *Dipl.-Ingenieur G. Flatscher*, TU Graz, der anhand eines umfassenden Arbeitsmittels (Handbuch) zwei Berechnungsbeispiele (Kombinierte Beanspruchung, Querkzugbeanspruchung) für das flexible und vielfältig einsetzbare Verbindungssystem «Sherpa» erläutert hat. Im Allgemeinen dürfen Sherpa-Verbindungen bei der Nachweisführung als gelenkige Lagerung angenommen werden. Die Kraftübertragung der Sherpa-Verbinder XL oder DXL erfolgt bei einer Beanspruchung in Richtung der Nebenträgerlängsachse ausschliesslich über die Momentenschrauben, die hauptsächlich unter Beanspruchung auf Herausziehen zu berücksichtigen sind. Die Anteile der Schrägschrauben an der Kraftübertragung werden vernachlässigt. Da bei der beschriebenen Beanspruchung immer der Hauptträgeranschluss massgebend wird und die Anzahl der Momentenschrauben für beide Verbinder-typen (XL, DXL) konstant ist, kann die Tragfähigkeit für eine Rohdichte von  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$  mit  $R_{1,k} = 62,3 \text{ [kN]}$  angegeben werden.

Mit der Formel «Ästhetik durch Verborgensein» stellte *Dipl.-Ingenieur Patrick Schädle*, KIT, Karlsruhe, das kraftschlüssige Verbindungsmittel «Sihga-IdeFix» für Hirnholzanschlüsse vor. Bei diesem «unsichtbaren» Verbinder wird ein gedrehtes Stahlformteil in das vorgebohrte Loch eines Bauteils eingelassen und dort mit geneigt angeordneten Schrauben fixiert. Das zentral im

Für die dreidimensionale, nicht sichtbare Verschraubung im Hirnholz: der Holzverbinder IdeFix von SIHGA.



Verbinderteil sitzende Gewinde wird durch einen Bolzen oder eine Gewindestange durch das andere Bauteil hindurch so gefasst, dass eine Verbindung entsteht. Jeweils am Hirnholz-Bauteil angebracht, findet durch die geneigt angeordneten Schrauben die Lasteinleitung schräg zur Faser statt, was die Traglast erheblich steigert. So entsteht eine dreidimensionale Lasteinleitung, d. h. bei angreifenden Kräften muss nicht mehr zwischen den Achsen des Anschlussbauteils unterschieden werden.

Die Ausführung von biegesteifen Anschlüssen, beispielsweise bei Rahmenecken von Hallenkonstruktionen, ist eine ebenso wiederkehrende wie anspruchsvolle Aufgabe für Tragwerkplaner, für deren Lösung es diverse Varianten gibt. Vergleicht man die Tragfähigkeiten und Steifigkeiten der unterschiedlichen Verbindungsmittel, die bei Rahmeneckkonstruktionen zum Einsatz kommen, so erweist sich – wie *Dipl.-Ingenieur Henning Ernst*, Rülzheim, darlegte – eine neu entwickelte Verbindung, die aus einem zweiteiligen Stahlteil («ZD-Platte») mit schräg eingedrehten Vollgewindeschrauben besteht, als sehr vorteilhaft.

Die ZD-Platte besteht aus einem Deckel und einer trapezförmigen Grundplatte, die mit Bohrungen zur Aufnahme von vier Vollgewindeschrauben (exklusiv: Würth Assy VG plus,  $\varnothing 10 \text{ mm}$ ) versehen ist. Nach dem Einbringen der Vollgewindeschrauben wird der Deckel aufgesetzt und mit einer metrischen Schraube M16 (10.9) mit der Grundplatte verschraubt. Der Deckel hat die Aufgabe, das Herausschieben der druckbeanspruchten Vollgewindeschrauben zu verhindern. Die vorgestellte ZD-Platte nutzt die hohe axiale Tragfähigkeit und Steifigkeit der systembezogenen Vollgewindeschrauben, die bei der Ausführung von Rahmenecken mehrere Funktionen wie Lasteinleitung, Querkzug- und Querkdruckverstärkung erfüllen.

### Holz und Glas im statischen Verbund

Recht exotisch im thematischen Vortragsreigen der metallischen Ver-

bindungsmittel nahmen sich die Ausführungen von *Prof. Wolfgang Winter*, TU Wien, aus, der – im letzten Referat des Prologs – auf die Grundlagen tragender Holz-Glas-Klebeverbindungen und deren Anwendungsmöglichkeiten im konstruktiven Ingenieurbau einging. Er wies darauf hin, dass der Verbundpartner Glas aufgrund seiner sehr guten Materialeigenschaften – über die vorteilhaften transparenten und bauphysikalischen Möglichkeiten hinaus – als tragendes Element genutzt werden kann. Um das grosse Potenzial von Gläsern in Verbundscheiben, -trägern oder -platten ausschöpfen zu können bedarf es eines gleichmässigen Lasteintrags über Verbindungsmittel, deren Härte unter jener von Glas liegen muss. Dieser Anforderung werden vor allem elastische Klebstoffe gerecht, die zudem noch Dichtungsfunktionen übernehmen oder thermische Differenzbewegungen, wie sie im Fassadenbau auftreten, kompensieren können. Die Verwendung steifer Klebstoffe (z. B. Acrylate) bietet sich speziell bei grösseren Laststufen an.

Der Verbundpartner Holz – bei Scheiben und Trägern als Koppelrahmen und Unterkonstruktion, bei Platten als Rippe eingesetzt – weist hinsichtlich Thermodynamik wohl die grössten Vorteile für Verbundkonstruktionen mit Glas auf. Da es bis heute keine Möglichkeit gibt, Holz-Glas-Verbundkonstruktionen normativ zu berechnen und zu bemessen, kommt einem Forschungsprojekt am Institut für Architekturwissenschaften, Abteilung Tragwerksplanung und Ingenieurbau der Technischen Universität Wien, grosse Bedeutung zu. Im Mittelpunkt steht dabei die Erarbeitung von Grundlagen für die Berechnung des Tragverhaltens von Holz-Glas-Verbundkonstruktionen sowie für geeignete Bemessungskonzepte. In der abschliessenden Beurteilung von Prof. Winter wird es nur mit gültigen Normen und festgelegten Sicherheitskriterien möglich sein, Neuentwicklungen der beschriebenen Art dem Markt zugänglich zu machen.

Dr. Walter Bogusch