

# **Bauvorhaben mit eingeklebten Gewindestangen – Erfahrungen bei ZÜBLIN Timber**

Joachim Sauter  
ZÜBLIN Timber Gaidorf GmbH  
Gaidorf, Deutschland





# Bauvorhaben mit eingeklebten Gewindestangen – Erfahrungen bei ZÜBLIN Timber

## 1. Einleitung

Mit dem Einkleben von Gewindestangen aus Stahl beschäftigt sich ZÜBLIN Timber an den Standorten in Gaildorf (ehemals STEPHAN) und Aichach (ehemals MERK) schon seit vielen Jahren. Erste Erfahrungen wurden Anfang der 1990er Jahre gemacht. Zunächst hauptsächlich als Quersugsicherung bzw. bei rechtwinklig zur Faser bestehenden Beanspruchungen. In der Folge und nach den ersten guten Erfahrungen auch mit faserparallel eingeklebten Stahlstangen. Vereinfacht wurde die Anwendung dann mit der DIN 1052:2004, in welcher erstmalig die Bemessung normativ geregelt wurde.

Die Einsatzbereiche und damit umfangreiche Erfahrungen umfassen bei ZÜBLIN Timber die unterschiedlichsten Verbindungs- und Beanspruchungsarten. Angefangen von Verstärkungen bei Trägern auf Querszug, Querdruck und Schub über biegesteife Verbindungen von Rahmenecken und das biegesteife Anschließen von Stahlteilen bis hin zur Sanierung von Holzbauteilen wurden im Laufe der Jahre umfangreiche Erfahrungen gesammelt. Die Bemessung der Verbindungen ist einfach und bei entsprechender Dimensionierung erhält man ein duktileres Versagen der Verbindung durch das Fließen der Stahlstangen. Die dadurch entstehende „Gutmütigkeit“ der Verbindung ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber Verbindungen, beispielsweise mit Vollgewindeschrauben, welche durch das Härten doch ein relativ sprödes Versagen haben. Bei der Planung von Tragwerken generell und im Speziellen beim Bauen in Erdbebengebieten ist ein duktileres Versagen von Verbindungen immer gewünscht.

In den nachfolgenden Beispielen soll auf die Besonderheiten und Erfahrungen der einzelnen Verbindungsarten eingegangen werden. Und dabei sind es oft nicht die großen und spektakulären Bauvorhaben, bei welchen die Stärken von Verbindungen mit eingeklebten Gewindestangen ausgeschöpft werden können. Es sind auch immer wieder die kleinen, unspektakulären Bauvorhaben bzw. Einsatzzwecke bei welcher die Verbindung besonders effizient und damit günstig ist.

## 2. Anwendungsbereiche und Beispiele

### 2.1. Metropol Parasol Sevilla

Ein Bauvorhaben welches weithin bekannt ist und bei welchem die eingeklebte Gewindestange eine wahrhaftig tragende Rolle spielt ist der Metropol Parasol in Sevilla. Mit einer Länge von 150 m, einer Breite von 70 m und einer Höhe von 26 m gilt er nach wie vor als die größte Holzkonstruktion der Welt.



Abbildung 1 und 2: Metropol Parasol Sevilla

Bei ca. 3200 Bauteilen aus Kerto-Furnierschichtholz wurden Gewindestangen mittels Epoxidharz eingeklebt. Dabei waren die Anforderungen aufgrund der klimatischen Einflüsse, insbesondere der Temperaturen, alles andere als normal. Folgende Randbedingungen galt es zu erfüllen:

- Temperaturen bis 47°C
- starke Sonneneinstrahlung
- Empfohlenes SOLL:  $T_G > 75^\circ\text{C}$  (Norm 60 °C)

Um diese Anforderungen verlässlich zu erfüllen wurde der Weg der Nachtemperung gewählt. Dieser Prozess wurde durch umfangreiche Tests im Rahmen der Qualitätssicherung und werkseigenen Produktionskontrolle begleitet. Dies waren:

- Einklebetests
- Überprüfung der Glasübergangstemperatur
- Zugprüfung unter Temperatur
- zerstörende Zugprüfungen an parallel hergestellten Prüfkörpern
- Zugprüfungen an Bauteilen auf Bemessungsniveau



Abbildung 2: Zugprüfung im Werk



Abbildung 3: angeschlossenes Stahlteil

Fertiggestellt wurde das Bauvorhaben im April 2011. Über die gesamte Montagedauer wie auch unter Nutzung bis heute zeigten und zeigen sich keine Mängel an der Verklebung der Stahlstäbe.

## 2.2. Hallenbad Buchholz, Uster (Schweiz)

Beim diesem Hallenbad wurden eingeklebte Gewindestangen zur Querdruckverstärkung der Brettschichtholzträger im Auflagerbereich eingesetzt. Planer wie Auftraggeber wünschten sich eine qualitativ sehr hochwertige Ausführung des Bades. Hintergrund war der Umstand, dass im alten Hallenbad in Uster 1985 die Unterdecke einstürzte. 12 Tote waren die Folge dieses schwerwiegenden Unglücks. Hauptursache waren durchgerostete Deckenabhängler aus Stahl. Die Bügel bestanden zwar aus korrosionsbeständigem V2A-Stahl. Dieser ist aber nicht gegen Chlor beständig.

Speziell auch für den Holzbau hatte dieses zur Folge, dass ausschließlich die Verwendung von nichtrostenden Stählen (molybdänlegierte Chromnickelstähle) möglich bzw. gewünscht war. Und Gewindestangen gibt es im Gegensatz zu Schrauben in vielen Legierungen.



Abbildung 4: Montage der Träger

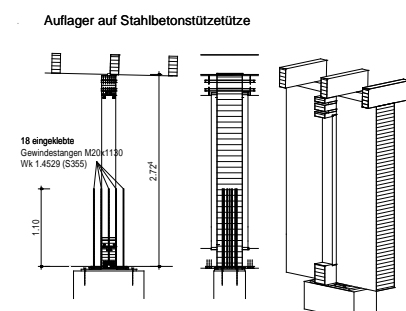


Abbildung 5: Auflagerverstärkung

## 2.3. Montage Brücke Satteldorf

Ein gutes Beispiel, welches Vertrauen man in die Tragfähigkeit von eingeklebten Stahlstäben setzen kann, zeigte sich bei der Montage dieser Brücke. Im Prinzip zur als Verbindung zur Montage eingesetzt zeigt dieses kleine Beispiel doch die ganze Leistungsfähigkeit.

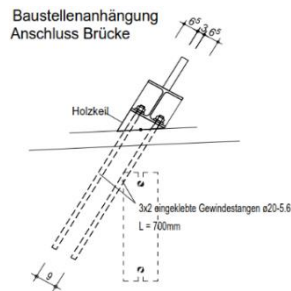


Abbildung 6: Brückenmontage

Abbildung 7 und 8: Verbindung

## 2.4. Sanierung von Brettschichtholzträgern

Im Bereich der Sanierung und Instandsetzung wurden mit eingeklebten Stahlstangen sehr gute Erfahrungen gemacht. Neben der planmäßigen Zuweisung von Zugkräften wird beim Verfüllen der Verbindung auch der angrenzende Bereich vergütet.

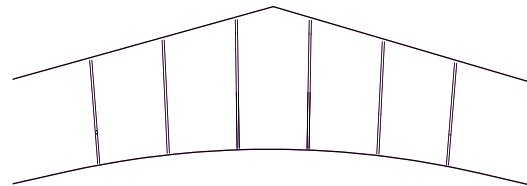


Abbildung 9: Quersugschäden Satteldachträger

Abbildung 10: Trägersanierung

Die oft negative Begleiterscheinung, dass das Harz bzw. der Klebstoff durch kleinste Risse und Spalte im Bereich der Verbindungen wieder austritt hat hier einen positiven und durchaus gewünschten Nebeneffekt. Innere Risse und Schädigungen werden kraftschlüssig verfüllt und somit von außen nicht einsehbare und ansonsten auch nur schwer detektierbare Schädigungen beseitigt.

## 2.5. Ausstellungspavillon

Auch mit BauBuche liegen inzwischen erste, positive Erfahrungen vor. Beim Ausstellungspavillon der Forst BW für die Landesgartenschau Baden-Württemberg in Öhringen wurden filigrane biegesteife Rahmenecken hergestellt. Die CNC gefertigten Rahmenteile wurden im Bereich der Ecken stumpf gestoßen. Als Verbindungsmittel dienten gewöhnliche Beton-Rippenstähle. Vor allem für die doch eher schwierig bearbeitbare BauBuche stellen Verbindungen mittels eingeklebter Stahlstangen eine wirtschaftliche und leistungsfähige Verbindung dar.

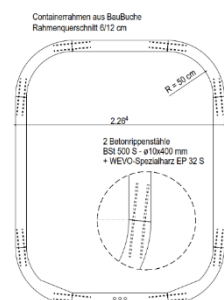


Abbildung 11: Rahmen

Abbildung 12: Container

### 3. Erfahrung

Die im Laufe der fast drei Jahrzehnte, welche die beiden Firmenstandorte in Aichach und Gaildorf mit eingeklebten Stahlstangen gemacht haben kann man festhalten, dass es Erfahrung und Sorgfalt in der Ausführung dieser Verbindungen bedarf. Dieses gilt aber grundsätzlich für alle verklebten Verbindungen. Auf folgende Randbedingungen sollte bei der Planung und Ausführung besonders geachtet werden:

#### **Bemessung**

Ganz allgemein sind für Tragsysteme geklebte Verbindungen von besonderer Bedeutung. Deshalb sollte die Bemessung sorgfältig und mit einem besonderen Augenmerk auf Tragfähigkeit, Steifigkeit und Duktilität gelegt werden. Werden diese Parameter entsprechend berücksichtigt erhält man eine robuste Verbindung.

#### **Feuchtigkeit**

Erfahrungen liegen nur in der Nutzungsklasse 1 und 2 vor. Die Holzfeuchtigkeit bei der Herstellung sollte unter 12 % bzw. relativ nahe an der zu erwartenden Ausgleichsfeuchte des Tragwerks in der Nutzung liegen. Ein späteres Nachschwinden des Holzes wirkt sich äußerst negativ auf die Robustheit und Tragfähigkeit aus. Dieser Grundsatz gilt natürlich ganz allgemein für den Holzbau. Aber insbesondere der sehr steife Anschluss in Verbindung mit dem eingeklebten Stahlstab verzeiht hier oftmals keine Fehler.

#### **Temperatur**

Im Gegensatz zu mechanischen Verbindungen ist es wichtig bei der Planung und Ausführung Kenntnis über die Beanspruchung hinsichtlich höherer Temperaturen zu haben. Klebstoffe wie Epoxidharz haben hier ihre Schwächen. Mittels geeigneter Maßnahmen wie Temperung kann hier aber gezielt auch entgegengewirkt werden.

#### **Einwirkungsdauer**

Es wurden bei den ausgeführten Tragwerken keine Beobachtungen hinsichtlich eines Abfallens von Steifigkeiten oder gar Schäden infolge eines Abfallens der Tragfähigkeit beobachtet.

#### **Klebstoffe**

Erfahrungen beziehen sich ausschließlich auf das Einkleben der Stahlstäbe mit einem zugelassenen 2K-Epoxidharz. Zu Beginn der Entwicklung wurden die Gewindestäbe noch in das Holz zusammen mit dem Klebstoff eingedreht. Relativ schnell ging man dann Anfang der neunziger Jahre dazu über, die Löcher mit Übermaß zu bohren und ausschließlich mit Epoxidharz zu verpressen. So sind die Stahlstäbe vollständig mit Klebstoff umhüllt. Die geschilderten guten Erfahrungen beziehen sich ausschließlich auf diese, jedoch sowieso in den letzten 20 Jahren grundsätzlich ausgeführte Technik.

### 4. Fazit

Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben zählen zu den leistungsfähigsten Verbindungen im Holzbau. Richtig eingesetzt können planmäßig hohe Kräfte übertragen werden. Diese liegen bei entsprechender Anordnung und Dimensionierung in der Größenordnung der Tragfähigkeitswerte des Netto-Holzquerschnittes.

Im eingebauten Zustand sind die Verbindungsmittel bzw. die Klebstoffverbindung nicht mehr sichtbar. Eine nachträgliche visuelle Kontrolle ist daher nicht möglich. Aus diesem Grund ist bei der Herstellung der Verbindungen große Sorgfalt und Erfahrung im Umgang mit Klebstoffen nötig. Deshalb ist das eingeführte Überwachungssystem, in welcher die Betriebe ihre Eignung hinsichtlich der technischen wie auch personellen Ausstattung nachweisen müssen, ein wichtiger Bestandteil damit die Ausführungsqualität der Verbindung nicht abfällt. Ist das der Fall, gehören diese Anschlüsse und Verstärkungen sicher zu denen, bei welchen im Laufe der Nutzungsdauer eines Gebäudes oder einer Konstruktion nur sehr wenige Schäden, welche aus der verklebten Verbindung resultieren, auftreten.