



*Stefan Helfenstein
Betriebsleiter der Zöllig
Holzleimbau AG in Arbon*

Das erste Grossobjekt aus faserverstärktem Brettschichtholz in Europa

Das erste Grossobjekt aus faserverstärktem Brettschichtholz in Europa

Faser Technologie macht Brettschichtholz stärker



Seit November 1999 steht im schweizerischen St. Erhard ein beeindruckender Holzhallenbau mit zahlreichen Innovationen.

Erstmals im europäischen Raum ist ein Grossobjekt aus faserverstärktem Brettschichtholz hergestellt worden.

Die in den USA entwickelte FiRP®-Bautechnologie zur Verstärkung von Brettschichtholz hat die

erforderlichen Dimensionen des Primärtragwerks stark reduziert.

Abbildung 1: Die Lagerhalle der Firma Bürli im schweizerischen St. Erhard

Die Bürli AG hat sich in ihrem hart umkämpften Markt von Spiel- und Sportgeräten, Tor- und Antriebstechnik als erfolgreiches Unternehmen etabliert. Der industriell eingerichtete Betrieb beliefert mit seinen Produkten den nationalen und internationalen Markt. Das stetige Wachstum erforderte eine Optimierung im Logistikbereich. In diesem Zusammenhang ist ein neues Lager- und Umschlaggebäude unmittelbar neben dem bestehenden Betrieb in St. Erhard erstellt worden.

Das zur Verfügung stehende Bauland hat unter topographischen Gesichtspunkten keine Probleme ergeben. Das geologische Gutachten hat jedoch eine ungenügende Tragfähigkeit des Baugrundes bestätigt, ein entsprechender Aufwand für Pfählung und Foundation war unabdingbar.

Das Konzept

Der direkte kostenmässige Vergleich zwischen Stahl- und Holztragwerk wies einen leichten Vorteil für den Stahlbau aus. Unter integralen Gesichtspunkten konnte die Lösung in Ingenieurholzbauweise aber überzeugen.

Mit einem bedeutend grosszügigeren Stützenraster konnten die Kosten für die Foundation des Bauwerkes entscheidend reduziert werden. Gleichzeitig entstand für die Bauherrschaft eine wesentlich höhere Flexibilität in der Nutzung des Gebäudes. Mitentscheidend für die Realisierung eines Ingenieurholzbaus waren für die Bauherrschaft die Identifikation mit der Firmenphilosophie des Unternehmens, die Wahl für den erneuerbaren Baustoff Holz und die tieferen Unterhaltskosten.

Das Primärtragwerk bildet sich aus drei Bindern und zwei Einbindern, die jeweils einen Abstand von 20 m zueinander haben. Die Primärträger bestehen aus zwei 35 m langen Teilen, die im Firstbereich biegesteif verbunden sind. Sie überspannen zwei Felder von je 30 Metern. Zwischen die Binder sind Sekundärträger aus BSH eingehängt. Der Abstand der Sparrenpfetten ist mit über 4 m für eine Eindeckung für Profilblech ausgelegt.

Alle BSH Teile sind aus maschinell festigkeitssortierten Lamellen hergestellt worden, um kleinere Verformungen zu erhalten.

Der grosse Binderabstand ergibt auf eine Fläche von 4840m² lediglich drei Innenstützen. Es entstehen dadurch aussergewöhnliche Lasten für die Binder, die mit herkömmlichen Konstruktionsmethoden nur schwer aufgenommen werden können.

Das Primärtragwerk und die europäische Novität

Die Träger sind partiell in den Zonen mit maximalen Biegezugspannungen verstärkt worden. Dazu wurden mehrere Lagen aus Aramid-Fasersträngen in die äussersten Leimfugen der Träger eingeleimt. Die Verleimung erfolgte mit herkömmlichem Resorcinharz Leim, wie er auch für unverstärktes Brettschichtholz verwendet wird.

Das entsprechende Verfahren ist von der Firma WSTI (Wood Science & Technology Institute) in Corvallis, Oregon, USA entwickelt und weltweit patentiert worden. Diese FiRP[®]-Technologie wird im Rahmen der Realisierung der Bürli-Halle zum erstenmal im europäischen Raum angewendet. Die Firma Zöllig Holzleimbau AG ist erster Lizenznehmer für FiRP[®]-Technologie in Europa.

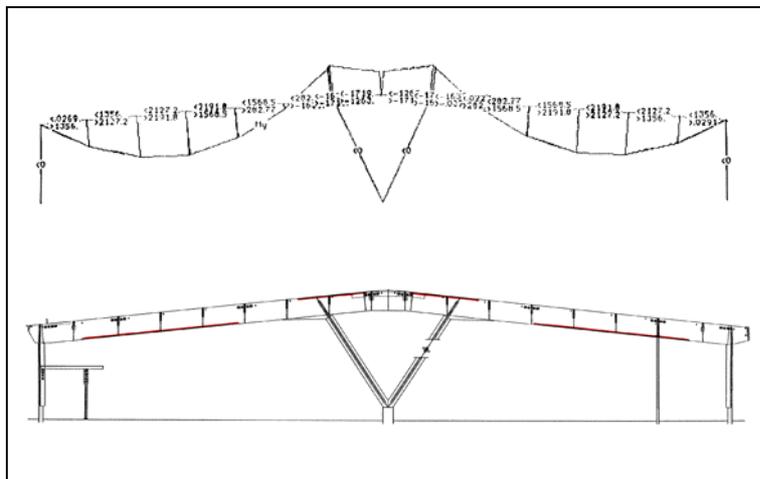


Abbildung 2

Die Biegespannungen unter dem Eigengewicht, den ständigen Auf- und Schneelasten sind in den Feldern und über den V-Stützen am grössten.

Die rot gezeichneten Aramid Faserverstärkungen sind in den Zonen mit den grössten Biegezugspannungen eingeleimt.

Die langen Auflagersättel reduzieren die Querdruckspannungen und verstärken lokal die Schubfestigkeit des Trägers.

Mit der eingesetzten Verstärkungstechnologie konnte der Träger-Querschnitt um ca. 25% reduziert werden. Trotz dieser Reduktion beeindruckt die Primärträger noch immer mit ungewöhnlichen Dimensionen. Träger mit einer Länge von 35 m und einer Höhe von 188 cm sind für die Firma Zöllig noch gut herstellbar, wogegen unverstärkte Träger mit einer Höhe von deutlich über 2 m einen wesentlich aufwändigeren Fertigungsprozess ergeben hätten. Abhängig von der dimensionsbestimmenden Beanspruchung (Moment, Schub oder Steifigkeit) der Träger resultieren andere Einsparungsmöglichkeiten.

Abgesehen vom geringeren Holzverbrauch und den damit verbundenen Kosteneinsparungen bringen die schlanken Träger zusätzliche Vorteile:

- Einfachere Produktion
- Geringere Schwind- und Quellmasse
- Geringere Lasten für Fundamente, Transport und Montage

Optisch leichteres Tragwerk First-Verbindung

Die Primärträger mit ihrer V-förmigen Stütze in der Mitte funktionieren im Prinzip wie Zweifeldträger: über den Stützen entsteht ein entsprechend grosses Moment. Beim Trägerstoss im First ist das Moment, welches durch eine Verbindung aufgenommen werden muss, immer noch sehr hoch. Als Alternative zu einem Keilzinkenvollstoss, sind beidseits des Stosses Bertsche Verbundanker in die Träger eingeleimt worden, die mittels eines Stahlteils verbunden sind. Um die sehr hohen Zugkräfte auf der Binderoberseite anschliessen zu können, sind seitlich Aufdoppelungen aufgeleimt worden.

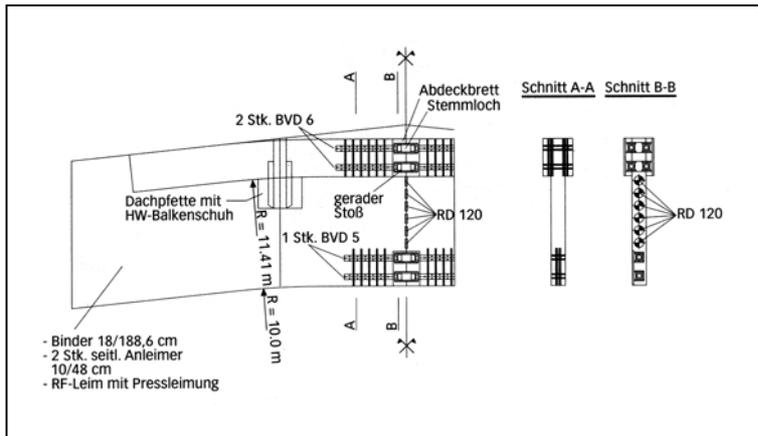


Abbildung 3

Zwei 35 Meter lange BSH Träger sind im First biegesteif miteinander verbunden. Dieser Trägerstoss muss sehr hohe Zug- und Druckkräfte aufnehmen, was sich mit Bertsche Verbindern relativ einfach und montagefreundlich realisieren lässt.

Diese Art der Stossausbildung ist wirtschaftlicher als ein Keilzinkengeneralstoss und viel weniger anfällig auf Witterungseinflüsse.

FiRP®-Technologie

FiRP®-Verstärkungstechnologie ist eine neue Methode, Brettschichtholz herzustellen. Faser-Lamellen werden mit bewährtem Klebstoff mit dem Brettschichtholz verklebt. Sie arbeiten als Zugverstärkung und haben lediglich einen Querschnittsanteil von 0.15 bis 5 Prozent. Die Faserlage besteht aus unidirektional gerichteten Fasern. Die hochfesten Fasern wie Aramid, Kohlenstoff oder Glas haben ausgezeichnete Zugfestigkeiten. Aramid Fasern sind etwa fünfmal stärker als Stahl bei einem Fünftel des Eigengewichts. Um die Fasern verarbeiten und verleimen zu können, werden sie in eine Matrix eingebunden. Die eingesetzte Verstärkungsmatrix wird aus rezyklierten Materialien wie PET hergestellt. FiRP®-BSH kann wie gewöhnliches BSH entsorgt werden.



Abbildung 4

CARP(Carbon) und ARP(Aramid) Fasern sind wesentlich steifer und zugfester als FARP Glasfaserlamellen. Sie sind aber auch ungefähr doppelt so teuer.

Es muss bei jedem Objekt geprüft werden, welcher Fasertyp sich am besten eignet und wie hoch der Faseranteil gewählt werden muss.

Fiber Reinforced Plastic



Abb. 5: Carbon Fasern und FiRP®-Lamelle



Abb. 6: Einlegen der Aramid Lamelle



Abb. 7: Resorcinharzbeleimte Aramid Lamelle

Mit Hilfe der Verstärkung in der Zugzone des Querschnitts kann der Holzdruckwiderstand über der neutralen Achse ausgenutzt werden. Dieses Vorgehen erlaubt dem Ingenieur eine Druckbemessungsmethode, wie sie im Stahlbeton-Bau eingesetzt wird. Daraus folgt eine höhere Duktilität, eine grössere Tragfähigkeit und eine geringere Streuung als bei unverstärkten Trägern. Die Bemessung hat nach der amerikanischen Norm ER5100 der ICBO zu erfolgen.

Die Faserverstärkung im Zugbereich reduziert den Einfluss von Holzfehlern wie Ästen oder Schrägfasrigkeit und erhöht die üblicherweise festigkeitsbestimmenden Eigenschaften von BSH.

Um eine höhere Tragfähigkeit im Brandfall zu erreichen, wird auf der Unterseite des Brettschichträgers eine zusätzliche Holzlamelle aufgeleimt. Brandtests im Masstab 1:1 an FiRP®-Brettschichtholz haben das gute Verhalten des kombinierten Materials bestätigt. In der Norm ER 5100 sind diese geprüften Formeln zur Berechnung des Feuerwiderstands enthalten.

FiRP®-BSH-Träger lassen sich in gebogener und gerader Form herstellen. Es sind Breiten von 6 bis 26 cm und Längen bis 40 m möglich. Die Fasern können in der Zug- und Druckzone über die ganze Länge oder nur partiell angeordnet werden. Die Position, Dicke, Länge und Steifigkeit der Fasern werden für jeden BSH-Träger individuell berechnet. Die Fasern können auch mehrlagig eingeleimt werden.

Die FiRP® Verstärkungstechnologie eignet sich hervorragend zur nachträglichen Verstärkung bestehender Holzbauten.

Erhöhte Sicherheit dank FiRP®-Verstärkungen



Abbildung 8
Spannungsmesspunkte am Versuchsträger

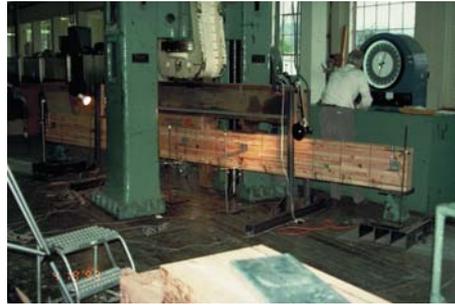


Abbildung 9
Für die ER 5100 Norm sind über 700 grosse FiRP® verstärkte Träger getestet worden.

Zahlreiche Tests und regelmässige Qualitätskontrollen der FiRP®-Hersteller bürgen für eine gleichbleibend hohe Qualität. FiRP®-Technologie wird nach der amerikanischen Norm ER 5100 bemessen und hat für Deutschland noch keine Zulassung. Gegenwärtig werden in Deutschland Versuche gemacht, über die zu einem späteren Zeitpunkt berichtet wird.

Weltweit sind bereits über 300 Bauten mit dieser Technologie ausgeführt worden. Seit 1999 wird die FiRP®-Technologie auch in der Schweiz und Österreich eingesetzt.



Abbildung 10
Der Entwickler der FiRP®-Technologie Dr. Dan Tingley überprüft auf der Baustelle das fachgerechte Verleimen der Aramidfasern.
Von den Fasern ist auf der Trägersenseite nur die feine dunkle Resorcinharz Leimfuge sichtbar.

Daten der Holzkonstruktion

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Halle | 80.40 x 60.20 m |
| Überdachte Fläche | 5768 m ² |
| Dachneigung | 6 ° |
| Anzahl Stützen in der Halle | 3 |
| Primärträger Länge | 35 m |
| Primärträger Spannweite | 2 x 30.10 m |
| Primärträger Querschnitt | 18 x 188.6 cm |
| Firsthöhe | 13 m |
| Sparrenpfetten Spannweite | 20 m |
| Sparrenpfetten Querschnitt | 16 x 90.2 cm |
| Faserverstärkungen | Aramid 3 x 1.8 mm/180 mm |
| Volumen BSH | 375 m ³ |

Bauherr

Bürli Spiel- und Sportgeräte Tor- und Antriebstechnik AG
CH-6212 St. Erhard

Architekt und Planer

Bürli Generalunternehmung AG
CH-6003 Luzern

Tragwerkplaner

Häring & Co AG
CH-4133 Pratteln

BSH-Produktion und FiRP® Technologie

Zöllig Holzleimbau AG
CH-9320 Arbon

Montage

Häring & Co AG
CH-4133 Pratteln

FiRP® Projekte 2000 / 2001



Abbildung 11
Abbundhalle Gebr. Gebert, Eschenbach

Durch das Einleimen von zwei Lagen Glasfaserlamellen über den Mittelstützen konnte auf eine konische Trägerform verzichtet werden. Die Träger liegen auf drei Lagern auf, sind 34.50 Meter lang und haben lediglich einen Querschnitt von 16*73.2cm
Ausgeführt: Juli 2000

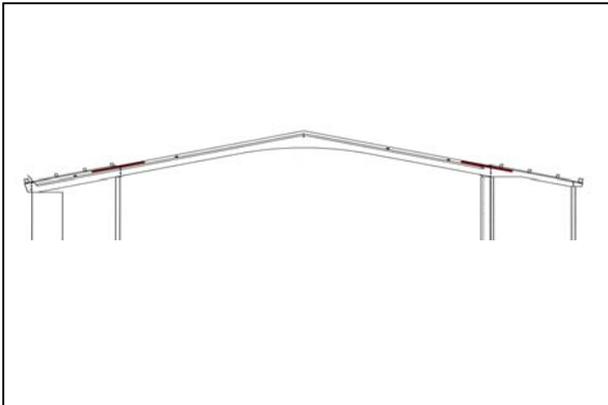


Abbildung 12
Landi Halle, Obfelden

Dank der Faserverstärkung konnten die Bogenformen der verschieden stark beanspruchten Träger gleich belassen werden, was sich positiv auf die Produktionskosten ausgewirkt hat.
Ausgeführt: September 2000

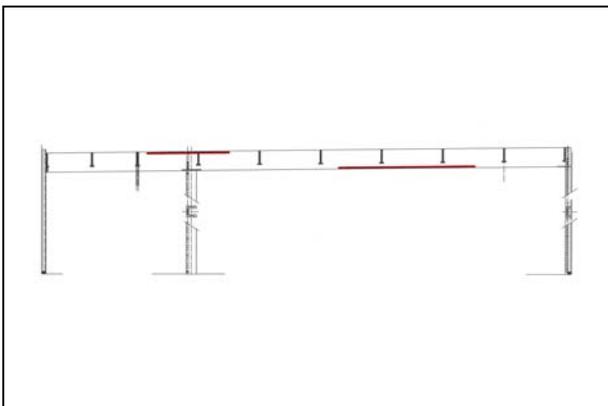


Abbildung 13
Dreifachturnhalle, Kaisten

Die Hauptträger haben eine Länge von 38.40 Metern und sind als Doppelträger ausgebildet. Zusammen mit dem Sekundärtragwerk werden 140m³ BSH verbaut.
Ausführung: Januar 2001

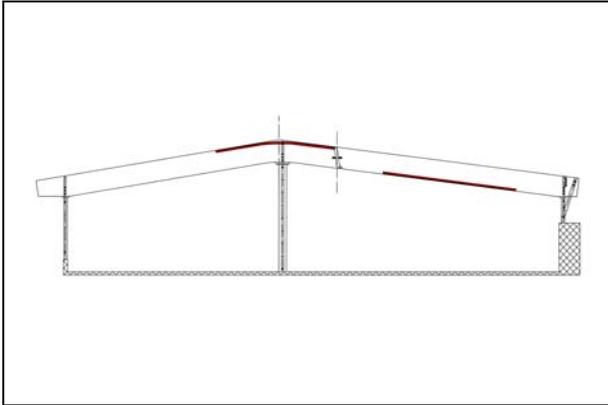


Abbildung 14
Sägewerk Iten, Sattel

In der Schweiz ist immer noch sehr viel Holz auf dem Markt, das vom Sturm Lothar gefällt worden ist. Damit produziert Zöllig im Februar 2001 eine Produktionshalle. Die Träger sind überdimensioniert und haben als zusätzliche Sicherheit 370 Laufmeter eingeleimte Glasfaserlamellen.
Ausführung: Februar 2001