

Modifiziertes Holz für den Schwerlastverkehr

Fachwerkbrücke aus acetyliertem Kiefernholz – Projekt von Schaffitzel Holzindustrie im niederländischen Sneek

Im November 2008 wurde eine Schwerlastbrücke aus acetyliertem Holz im niederländischen Sneek (Friesland) errichtet. Bei dem offenen und ungeschützten Holzfachwerk rechnen die Experten mit einer Nutzungsdauer von etwa 80 Jahren. Als Ausgangsmaterial wurde Kiefernholz (Pinus radiata) aus Neuseeland verwendet, welches sich durch eine sehr gute Imprägnierbarkeit auszeichnet. Dies war notwendig, da es sich bei dem Acetylierungsverfahren nicht um eine Oberflächenbehandlung handelt, sondern der Wirkstoff durch und durch in den Querschnitt eindringen muss, um die Chemie des Holzes zu verändern.

Im November 2007 bekam die Schaffitzel Holzindustrie, Schwäbisch Hall, den Auftrag zur Planung und Bauausführung einer aufgehenden Brückenkonstruktion aus Holz. Die Brücke überspannt die niederländische Autobahn A7 und verbindet verschiedene Stadtteile von Sneek, das mit etwa 33 000 Einwohnern in der wasserreichen Provinz Friesland liegt. Die kürzlich errichtete Brücke weist eine Spannweite von 31,6 m und eine nutzbare Breite von 12 m auf. Darin untergebracht sind zwei Fahrspuren für den Schwerlastverkehr (60 t) und ein Geh- und Radweg. Die Höhe vom Auflager zum First beträgt etwa 15 m. Die Holzteile besitzen außergewöhnlich große Querschnitte, die Untergurte als größte Bauteile weisen eine Breite von etwa 108 cm und eine Höhe von 150 cm auf.

Das Primärtragwerk der Sneeker Brücke besteht aus zwei in Brückenlängsrichtung angeordneten Holzfachwerkschalen. Zwischen den Untergurten der Fachwerke liegt als Sekundärtragwerk das Stahldeck. An den Firstpunkten sind die Fachwerke über ein Gelenk miteinander gekoppelt. Das Stahldeck besteht aus einer durch Längströge gestützten Fahrbahnplatte, die auf neun über die Brückenlängsrichtung verteilt angeordneten Querträgern aufgelagert ist. Die Querträger spannen zwischen den Untergurten der Holzfachwerke und sind an deren Unterseite durch eine Aufhängekonstruktion mit eingeklebten Gewindestangen angeschlossen.

Als Ausgangsmaterial der Holzkonstruktion wurde neuseeländisches Kiefernholz (Pinus radiata) verwendet, das sich durch seine gute Imprägnierbarkeit auszeichnet. Bei dem Acetylierungsverfahren werden die Hydroxylgruppen in der Zellwand durch Essigsäureanhydrid in Acetylgruppen überführt. Dabei fällt Essigsäure an, die größtenteils mit Dampf ausgewaschen wird. Die Andockstellen für in den Holzquerschnitt eindringendes Wasser sind dadurch blockiert und somit die Wasseraufnahmefähigkeit der Holzquerschnitte erheblich reduziert.

Acetylierung der Holzlamellen

Als Folge wird die Dauerhaftigkeit des Holzes entscheidend verbessert. Zudem ist acetyliertes Holz durch die veränderte Zellstruktur resistent gegen Pilz- und Insektenbefall. Die Holzkonstruktion dieser Brücke ist im Nutzungszustand der Witterung ausgesetzt, die vorgesehene Nutzungsdauer beträgt etwa 80 Jahre. Darüber hinaus wurde auf jeglichen weiteren chemischen Holzschutz verzichtet. Entwickelt wurde das Verfahren (Produktname „Accoya“) von dem niederländischen Unternehmen Titan-Wood B.V.

An der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe wurden Versuche an Brettschichtholzträgern aus „Accoya“-Holz durchgeführt, bei denen eine relativ geringe charakteristische Biegefestigkeit (etwa



Eine architektonische Augenweide aus Holz.

Fotos: Schaffitzel

21 N/mm²) sowie ein mittlerer E-Modul von etwa 9600 N/mm² ermittelt wurden. Dagegen ist die mittlere Rohdichte des Holzes mit 540 kg/m³ sehr hoch, was in erster Linie auf die hohe Rohdichte des Ausgangsmaterials zurückzuführen ist und weniger durch die Modifikation. Bemerkenswert ist auch die nahezu astfreie Qualität des Holzes. Dies wird mittels Aufasten des Plantagenholzes erreicht. Da nur acetyliertes Holz geprüft wurde, ist noch nicht geklärt, wie die Festigkeitsunterschiede zu vergleichbarem nicht acetyliertem Holz sind.

Folgen der Essigsäurebildung waren zu beachten

Bei der Modifikation des Holzes entsteht Essigsäure, die nach dem Verfah-

ren teilweise im Holz verbleibt. Die Essigsäure verursacht in erhöhtem Maße Korrosion bei Stahlverbindungen und den das Holz berührenden Stahlteilen. Im Vorfeld durchgeführte Untersuchungen mit gängigen Holzschrauben aus Baustahl zeigten innerhalb kürzester Zeit erhebliche Korrosionserscheinungen. Daher kamen diese Schrauben nicht infrage. Auch Edelstahlschrauben konnten mangels Verfügbarkeit und aufgrund enormer Herstellungskosten nicht eingesetzt werden. Die Entscheidung fiel auf Gewindestangen (Baustahl Güte 8.8), sowohl für die tragenden Verbindungen als auch für die Querzugbewehrung, die in 4 mm größere Bohrlöcher mittels aufgeschweißter punktförmiger Abstandhalter zentriert mit Epoxydharz eingeklebt sind. Durch die allseitige Überdeckung

der Gewindestangen mit Epoxydharz ist ein ausreichender Korrosionsschutz gegeben. Auch für die außen liegenden bzw. das Holz berührenden Stahlteile sind besondere Vorkehrungen getroffen. Sie sind feuerverzinkt und zusätzlich mit einem dreischichtigen Korrosionsschutzanstrich versehen.

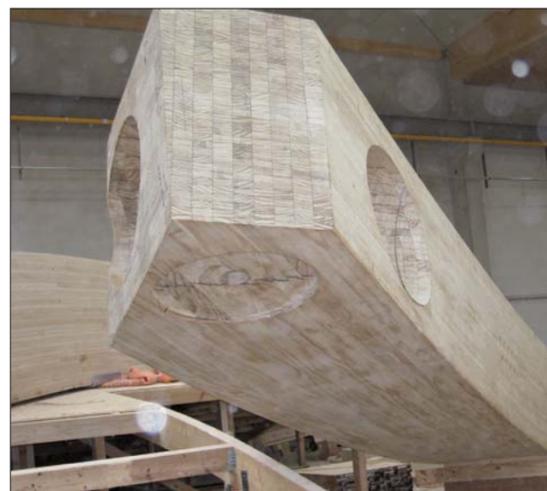
Umfangreiche Verleimungstests im Vorfeld

Bei der Firma Schaffitzel wurden im Vorfeld mehrere Versuche gefahren, „Accoya“-Holz zu verleimen. Die Melaminharzleime bewährten sich alle nicht. Der mit einem hohen Phenolgehalt ausgestattete „Aerodux“, der noch im Bootsbau Verwendung findet, brachte

Fortsetzung auf Seite 17



Zweiachsig gekrümmter Koloss aus Brettschichtholz, im Leimbett blockverklebt.



Die größten Hölzer weisen im fertig abgebundenen Zustand eine Breite von 108 cm und eine Höhe von 150 cm auf.



Mit der von Schaffitzel entwickelten Vorrichtung lässt sich das Bohrergerät exakt einjustieren.



Leimauftrag auf die acetylierten Lamellen aus neuseeländischer Kiefer.



Oberflächenfinish der Brettschichtholzträger. Im Prinzip wie beim Abschleifen von Holzböden.

Modifiziertes Holz für den Schwerlastverkehr

Fortsetzung von Seite 16

die besten Ergebnisse für die Schichtverleimung. Nach dem Schichtverleimen der „Accoya“-Lamellen zu einachsigen gekrümmten Bögen wurden diese in 5,5 cm dicke Schichten mit einer speziellen Bandsäge einfach oder zweifach getrennt. Ein erneutes Hobeln der einfach gekrümmten Bauteile brachte sie auf das exakte Dickenmaß. Nun begann die Blockverklebung, bei der die zweite Krümmung herzustellen war. Zunächst wurde ein zweiachsig gekrümmter, 8 m langer Versuchsträger hergestellt und blockverklebt.

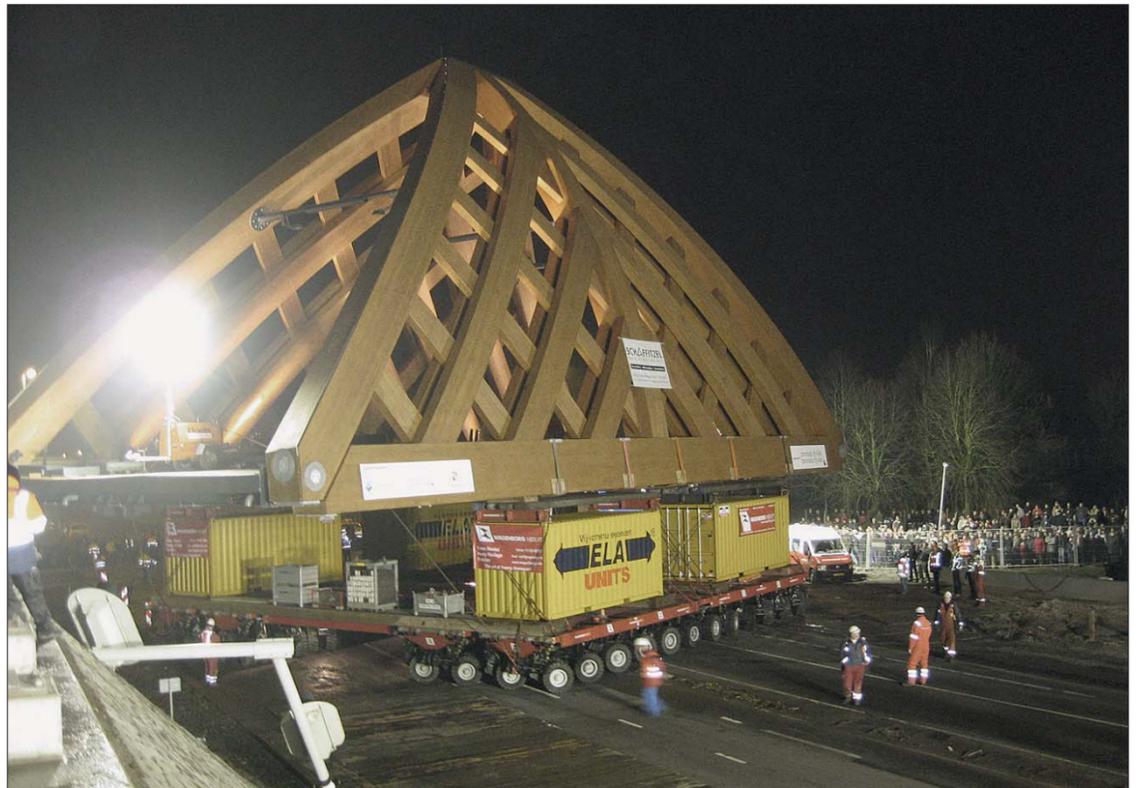
Der Holzbaubetrieb aus Schwäbisch Hall probierte zweierlei Leimsysteme aus, zum Einen „Dynosol S 204“ mit Fugenfüller Wirkung, zum Anderen der für die Schichtverleimung verwendete „Aerodux“. Der Probeträger wurde zersägt und an den Teilen Delamierungsprüfungen vorgenommen. Beide Kleber erwiesen sich als geeignet. Man entschied sich von Bauherrenseite für „Aerodux“, was eine geringe Fugendicke und entsprechend sehr genaues Arbeiten bei der Herstellung der BSH-Träger erforderte. In den Hallenboden wurden Presssysteme eingebaut, um für die verschiedenen Formen der blockverklebten Teile die Geometrie für die zweite Krümmung einrichten zu können, ohne ein vollständiges Lehrgerüst bauen zu müssen.

Nach Einrichten der Verleimpresen auf die ermittelten Sollhöhen wurden entsprechend der Krümmung zugeschnittene Keilhölzer aufgebracht, die den Winkel zwischen Presse und Blockunterseite ausfüllen. Seitliche Böcke, die justierbar sind, brachten den Block in Form. Die offene Zeit des Klebers war begrenzt und der Verleimvorgang musste schnell durchgeführt werden. Der Kleber wurde in ein Wasserbassin gestellt, welches mittels Tauchmilkühler auf die erforderliche Temperatur gebracht wurde. So verlängerte sich die offene Zeit des Klebers um 15 bis 20 min auf über 1 h.

Beim Ausfräsen der Untergurte wurden auch die Leerrohre für ein Vorspannkabel in beiden Untergurten eingebaut. Die Ausfräsung erfolgte vor der Blockverklebung, für die zwei Montagetische gebaut und mit einem OSB-Belag versehen wurden. Nach den Zugschnitten wurden die Teile wieder fugegerecht aufgelegt. Dieses maßgenaue Anlegen der Bauteile im Maßstab 1:1 brachte die Vorgaben für die räumlichen Ausrichtungen der exakten Bohrungen der Bauteile. Abgekappt wurden die Bauteile mittels einer Motorsäge mit einer Schwertlänge von 2,13 m. Dieses Gerät wurde eigens für diesen Zweck beschafft und mit einem Plexiglasschutz und zusätzlichen Griffen ausgestattet. Leichte Unebenheiten der Schnitte wurden mit dem Balkenhobel geglättet.

Das Verbohren der Konstruktion erforderte spezielle Bohrer. Mit einer von Schaffitzel selbst entwickelten Vorrichtung lässt sich das Bohrergerät exakt in jeder Neigung und Richtung einjustieren. Dies war bei jeder der insgesamt rund 1200 Bohrungen notwendig, um exakte Bohrlöcher herzustellen. Die Bauteile wurden anschließend komplett verschliffen, die Kanten gerundet. Danach wurden die Bauteile einmal farblos mit „Aidol“-Imprägniergrund „GN“ eingelassen und einmal mit „Aidol-HK-Lasur“ im Farbton Pinie gestrichen. Der zweite Anstrich erfolgte auf der Baustelle.

Der zweite Montagetisch wurde zur Baustelle transportiert und dort aufgebaut. Das fertig abgegebene Brett-schichtholz wurde zusammengefügt und mit Gewindestangen verbunden. Das Einkleben der Gewindestangen erfolgte unter einem beheizten Zelt. Jede Gewindestange erhielt Aufschweißpunkte, die dem gleichmäßigen Abstand der Gewindestange zu dem „Accoya“-Holz gewährleisten. Durch seitliche Bohrlöcher wurde das Epoxidharz eingepresst. Mit dem Austreten des Kle-



Dem Schauspiel der nächtlichen Montage der Brücke wohnten zeitweilig hunderte Schaulustiger bei.

bers aus Entlüftungsbohrungen konnte die Füllung kontrolliert werden.

Die Kontur der Holzfachwerke wird neben den Untergurten durch die Druckbögen gebildet, die von den Auflagern bis zum Firstgelenk verlaufen. In Brückenmitte sind zwischen den Untergurten und dem Firstgelenk die so genannten „Königsstiele“ angeordnet. Die Flächen zwischen Untergurt, Druckbögen und Königsstiel werden durch sich kreuzende V-förmig angeordnete, einteiligen Streben und A-förmig angeordnete, zweiteilige Streben gefüllt. Die Holzquerschnitte besitzen außergewöhnlich große Dimensionen, die Untergurte als größte Bauteile haben eine

Abmessung von etwa 108 × 150 cm (B/H). Alle Holzbauteile sind stumpf gestoßen und durch eingeklebte Gewindestangen biegesteif miteinander verbunden. Einzige Ausnahme ist die Verbindung zwischen den Untergurten und den Druckbögen. Diese werden lediglich durch die Anordnung von Vorspannkabeln aneinander gehalten. In etwa 8 m Höhe sind zwischen den jeweils gegenüberliegenden Druckbögen und den Königsstielen Stahlriegel zur Stabilisierung angeordnet. Aufgelagert ist die Brücke an den Enden der Fachwerkuntergurte und an den Fußpunkten der Druckbögen. Zudem liegen die Stahlquerträger in den Endachsen über ihre Länge an je fünf Punkten auf.

Technologien und Werkzeuge – z. B. für den Leimauftrag oder für die Bohrlöcher der Verbindungsmittel – entwickelt. Erstmals wurden in Bohrlöcher eingeklebte Stahlstangen als durchgängig eingesetzte Technik für die Knotenverbindungen angewandt. Entstanden ist ein Holzbauwerk, in dem sich niederländisches und deutsches Know-how vereinen.

HINTERGRUND

Beteiligte der Holzkonstruktion

- ◆ Bauherr: Provinz Frysland
- ◆ Architekt: Architektengemeinschaft Achterbosch, Leeuwarden (NL) und Onix, Groningen (NL)
- ◆ Herstellung und Ausführung: Schaffitzel Holzindustrie GmbH & Co. KG, Schwäbisch Hall
- ◆ Entwurf: Adviesbureau Luning, Doetinchem (NL)
- ◆ Tragwerksplaner: Blaß & Eberhart, Ingenieurbüro für Baukonstruktionen, Karlsruhe
- ◆ Werkplanung: Dipl.-Ing. Rolf Malthaner, Rülzheim



Vor-Ort-Montage der beiden Holzfachwerk-Halbschalen aus mächtigen Einzelbauteilen.



Zusammen mit dem Stahldeck der Fahrbahn ergeben sie das Tragwerk der Brücke.

Zahlreiche Innovationen im Bauwerk vereint

Die Brücke in Sneek vereint eine Reihe von Innovationen. Zu ihrer Herstellung wurden im Querschnitt relativ große, zweiachsig gekrümmte Bauteile aus acetyliertem BS-Holz gefertigt, die vor Ort zu fachwerkartigen Stabwerkstrukturen gefügt wurden. Hierfür mussten von wissenschaftlicher Seite Werte für die Tragfähigkeit des acetylierten Holzes beigestellt werden. Praktische Tests führten zu Erkenntnissen über die Eignung von Klebstoffen. Zur Herstellung der Bauteile wurden neue

BÜCHERTISCH

Baulicher Brandschutz

Baulicher Brandschutz im Bestand. Brand-schutztechnische Beurteilung vorhandener Bausubstanz. Von Gerd Geburtig. Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung Beuth Verlag GmbH: Berlin, Wien, Zürich. 1. Auflage. 2008. 264 DIN-A5-Seiten, broschiert. Preis 48 Euro.

Um das Brandverhalten historischer Bausubstanz richtig einschätzen zu können, ist die Kenntnis der zum Zeitpunkt des Baus geltenden Brandschutzbestimmungen unumgänglich. Der Band aus der Reihe Beuth Praxis legt seinen Schwerpunkt auf die staatlichen bautechnisch relevanten Brandschutzstandards der DDR (TGL). Gerd Geburtig kommentiert in dem in Erstauflage erscheinenden Praxis-Band die TGL 10685 und erläutert mögliche Spielräume, die Bezüge zu den heutigen Bestimmungen des bautechnischen Brandschutzes zulassen. Ausgehend von der Analyse des zentralen Begriffs der „konkreten Gefahr“ wird damit die Lücke zu DIN 4102-4 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ geschlossen. Eine Checkliste zur Bewertung von Bestandsbaustoffen und Bestandsgebäuden rundet das Werk ab. Der Band ist auch als E-Book über www.beuth.de erhältlich.

Hermann Kaufmanns Holzbaukunst

Hermann Kaufmann Wood Works. Ökorationale Baukunst – architecture durable. Text: Deutsch/ Englisch/Französisch. Von Otto Kapfinger; Springer-Verlag GmbH, Wien, 2009. 254 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, Format 21,6 × 27 cm, gebunden. Preis 59,95 Euro.

Hermann Kaufmann ist ein Pionier des modernen Holzbaus in Europa. Sein in 25 Jahren entwickeltes Œuvre reicht vom Gewerbe- und Landwirtschaftsbau über Wohnanlagen, Gemeindezentren und Schulen bis zu Hotels. Es zeigt die Wende von den klassischen Holzbautechniken zu den Möglichkeiten neuer Holzwerkstoffe. Das 2006 fertig gestellte Gemeindezentrum in Ludesch erhielt viele Auszeichnungen, setzt baubiologisch und ökologisch Maßstäbe für die Zukunft. Das Buch gibt detaillierten Einblick in Kaufmanns technische und räumliche Innovationen und vermittelt seinen anlassgemäßen Einsatz von Material und Konstruktion. Das gesamte berufliche Lebensbild, das sich in Kaufmanns Biografie begründet, beginnt und endet nicht bei „schöner Architektur“, sondern praktiziert das Bauen als Teil des verantwortlichen Umgangs mit Natur und Landschaft.

Schallschutz von Decken in Holz

Aufgrund der höheren Empfindlichkeit der Benutzer bezüglich Umweltmissionen wie Lärm verfügt die Gebäudehülle heute über eine hohe Schalldämmung. Demzufolge entsteht ein tiefer Grundschallpegel in den Hauptnutzräumen, was wiederum die Sensibilität bezüglich Schallimmission erhöht. Insbesondere bei Neubauten werden mittlerweile höhere Ansprüche an den Schallschutz gestellt, als dies vor einigen Jahren noch der Fall war. Diesem Umstand wird in der Regel über die erhöhten Anforderungen gemäß Norm SIA 181 (2006) Rechnung getragen.

Moderne Deckensysteme in Holz meistern auch diese hoch gelegte Latte. Tieffrequenten Trittschallemissionen, die von den Normen (noch) unzureichend bewertet werden, wird inzwischen im Holzbau vermehrt Beachtung geschenkt. Das in der Lignum-Reihe „Lignatec“ lieferbare Heft „Schallschutz von Decken“ erläutert einleitend die Elemente des Schalldämmkonzepts. Schwergewichtig geht die Publikation dann auf die Mechanismen der direkten Schallübertragung im Bauteil sowie der indirekten Übertragung auf Nebenwe-

gen ein und zeigt die Möglichkeiten zu deren Kontrolle auf.

Konkretisiert wird das theoretische Gerüst mit der Darstellung von fünf Objekten aus der Schweiz und dem angrenzenden Ausland, die mit Holzdecken aus Schweizer Produktion sehr gute schalltechnische Werte erreichen. Das 48-seitige Heft kostet 35 CHF, zusätzlich Versandkosten, und kann direkt unter www.lignum.ch bezogen werden.

Holz-Beton-Verbundbrücken

Weiterentwicklung der Holz-Beton-Verbundbauweise unter Einsatz von blockverleimten Brett-schichtholzquerschnitten bei Straßenbrücken – Schlussbericht. Von Karl Rautenstrauch, Antje Simon, Bauhaus-Universität Weimar, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau -IKI-, Professur Holz- und Mauerwerksbau, 2008, 179 Seiten, 165 Abbildungen, 34 Tabellen. Preis 47 Euro, Download 18 Euro. Direktbezug: Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart; www.baufachinformati-on.de.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde das Trag- und Verformungsverhalten von Straßenbrücken in Holz-Beton-Verbundbauweise detailliert untersucht. Dabei standen differenzierte Pa-

rameteranalysen sowie die Entwicklung eines geeigneten Verbundelementes im Vordergrund. Mithilfe von FE-Simulationen erfolgte eine rechnerische Verifikation der Versuchsdaten. Auf der Basis möglicher Versagensmodi wurde ein Bemessungskonzept für das Verbundelement Dübelleiste erarbeitet und anhand der Versuchsdaten verifiziert.

In Auswertung der umfangreichen Bauteilversuche und der rechnerischen Simulationen kann eingeschätzt werden, dass das Verbundelement Dübelleiste eine hohe Steifigkeit und Tragfähigkeit besitzt und sich daher für den Einsatz im Hybridbrückenbau hervorragend eignet. Zur Beurteilung der prinzipiellen Ausführbarkeit und Konkurrenzfähigkeit von Holz-Beton-Verbundbrücken wurde eine Parameterstudie anhand von zwei praxisrelevanten Überbaugesamtheiten durchgeführt.

Dabei erfolgte eine Quantifizierung der Einflüsse variabler Steifigkeiten der Teilquerschnitte und Verbundelemente ebenso wie die Variation der Verbundelementanordnung mit dem Ziel einer Optimierung der Querschnittsgeometrie.

Informations-Tankstelle auf der Datenautobahn: <http://www.holz-zentralblatt.com>