



Eine Schwerlastbrücke aus acetyliertem Brettschichtholz in Nordholland demonstriert eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit des Holzbaus.

Schwerlastbrücke aus acetyliertem Brettschichtholz

Brückenbau: Im nordholländischen Sneek steht seit kurzem ein einzigartiges Brückenbauwerk, welches gleich mehrfach Innovationen in sich trägt. Verbindungstechnik, Montage und nicht zuletzt das verarbeitete Holz zeigen das Potenzial des Holzbaus.

Wahrzeichen der nordholländischen Stadt Sneek ist unter anderem ein markantes historisches Wassertor. Da lag die Forderung an die Architekten nahe, beim Bau mehrerer überquerender Brücken für eine neue Umgehungsautobahn dies in die Gestaltung der Brücken einfließen zu lassen. Die Architektengemeinschaft OAK - (Büro Onix/ Haiko Majjer/ Büro Hans Achterbosch) - konnte sich im Wettbewerb mit

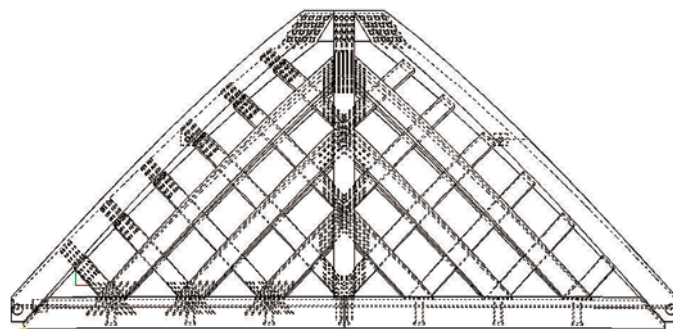
markanten Holzbrückenentwürfen durchsetzen: Vom Querschnitt überdachter Brücken ausgehend, war die Idee des Fachwerksystems eine bewusste gestalterische Konstante. Eine im Schnitt dreieckige Anordnung der Träger macht bei einer nicht überdachten Brücke durchaus Sinn – jedoch ist hier das Verhältnis der Baugeometrie zum Freiraumprofil nicht sonderlich günstig. Daher wurde letztlich eine im Querschnitt gebogene Variante

geschaffen, die einen ausreichenden Freiraum garantiert ohne dabei insgesamt zu groß auszufallen.

Die Form des dreieckigen, obenliegenden Hängewerks tritt in der Seitenansicht in Erscheinung. Eine fachwerkartige Füllung dieses Dreiecks spannt sich mit kreuzenden Diagonalen wie ein Gitternetz in die Schalengeometrie. Das gewagte an dieser Geometrie ist gewiss die Ausführung in Holz, die zum einen



Ansicht der Brücke, links mit Gewindestangendarstellung und Untergurt-Zugband.



durch die exponierte Anordnung enorme Anforderungen an das Material stellt und zum anderen eine herstellerische Herausforderung birgt. Für beide Aspekte mussten Lösungen gefunden werden.

Sehr hohe Lebensdauer beim verwendeten Holz versprochen

Neben der Sympathie, die der Bauherr für den Werkstoff Holz bekundete, kam die Forderung nach einer Lebensdauer von 80 Jahren. Dies ist unter normalen Umständen für eine derart exponierte, ungeschützte Konstruktion ein kaum realisierbarer Anspruch. Lediglich mit konstruktiven Holzschutzmaßnahmen ist dies einhaltbar, doch dies hätte einen nicht tolerierten architektonischen Eingriff bedeutet. Nachdem also klar war, dass die komplexe Geometrie und Größe nur verleimte Bau-

teile gestattet, jedoch natürlich dauerhafte Hölzer wie Bongossi oder Eiche nur unverleimt im Außenbereich eingesetzt werden dürfen, schlug die Stunde für eine technische Neuerung im Holzbau: die Verwendung von acetyliertem Nadelholz, das durch einen chemischen Behandlungsprozess die Resistenzklasse 1 erhält. Dieses Holz mit Handelsnamen Accoya (Hersteller: Titanwood) aus neuseeländischem Kiefernholz (*pinus radiata*) aus Plantagen erzeugt. Dabei wird im Wesentlichen das im Holz gebundene Wasser unter Einsatz von Druck, Zeit und Temperatur durch Essigsäure (Acetyl) ersetzt.

Dieses Ausgangsmaterial wird bisher nur als Vollholz im Fenster- und Wintergartenbau eingesetzt. Als Nadelholz lässt es sich jedoch auch gut verleimen, so dass es für diese Anwendung geeignet schien und erstmalig Verwendung fand. Doch ob die Acetylierung den Leimvorgang beeinträchtigt, musste erst durch zahlreiche Proben nachgewiesen werden. Das Ergebnis ist zufriedenstellend und gleichwertig wie konventionelles Brettchichtholz (BSH). Es musste lediglich mit einem bestimmten Resorcinharz verklebt werden.

Erstmals überdimensionierte Gewindestangen eingeklebt

Das Übersetzen der architektonisch beeindruckenden Geometrie in die Sprache der technischen Mechanik kam einem namhaften Büro zu, das Einiges an Erfahrung auf diesem anspruchsvollen Gebiet hat: Das Ingenieurbüro Emil Lüning, das unter anderem durch geodätische Holzkuppelbauten Erfahrung mit komplexen Strukturen hat, ging beherzt an die Umsetzung heran – ohne Be-

rührungsängste vor neuartigen Methoden. Schnell stellte sich heraus, dass der Art der Verbindungsmittel eine besondere Rolle zukam. Denn die Brücke selbst führt eine Autostraße für Schwerlastverkehr, so dass eine 60 Tonnen Befahrbarkeit zu garantieren ist.

Die Vorgabe an die Verbindung lautete: hoher Kraftfluss bei geringer Sichtbarkeit. Neben konventionellen Methoden fiel dann das Augenmerk auf ein Novum: eingeklebte Gewindestangen (die in Deutschland nur bis 30mm zugelassen sind) werden mit Dimensionen bis zu 48 mm als biegesteife Hauptverbindungsmittel eingesetzt. Dabei haben die Stangen teilweise Längen über 2 m, und sind jeweils in das Hirnholz der Diagonalen eingebohrt. Da es kaum Erfahrungswerte für diese Dimensionen gab, wurden auch hierfür am niederländischen Holzbauinstitut SHR in Wageningen zahlreiche Versuche durchgeführt. Als Kleber diente dabei ein Epoxidharz, der sich bei der Holzsanierung bereits bewährt hatte und gängig Einsatz findet. Neben dem Platzbedarf durch Randabstände bewirkte diese Verbindungsmethode auch einen hohen Anteil an Trägerdurchdringung. Dies musste statisch berücksichtigt werden.

Hiermit wurde schließlich das Büro Blaß & Eberhardt aus Karlsruhe von der ausführenden Holzbaufirma beauftragt, das für fast alle Anschlüsse Gewindestangen nachzuweisen hatte. Einige Bauteile wurden jedoch so umfangreich durchdrungen, dass Sie nur mit 50 Prozent des Querschnitts angesetzt wurden.

Zusätzlich musste der Untergurt mit den schräg nach oben verlaufenden Druckbögen gekoppelt werden. Dies ist mit einem längs vorgespannten Kabel gelöst, das innerhalb

Bautafel

Obenliegendes, räumlich gebogenes Fachwerksystem mit angehängter Fahrbahn

Bauherr
Provincie Fryslan, Gemeente NL-Sneek, www.a7sneek.nl
 Architektur
**Achterbosch, NL-Leeuwarden, www.achterboscharchitectuur.nl,
 Onix, NL-Groningen, www.onix.nl**
 Holzbauentwurf
Büro Emil Lüning, NL-Doetinchem, www.luning.nl
 Holzbaustatik
Büro Blaß & Eberhardt, D-Karlsruhe www.ing-bue.de
 Ausführung Holzbau
Schaffitzel Holzindustrie GmbH, D-Schwäbisch Hall www.schaffitzel.de
 Werkplanung
IB Malthaner, D-Rülzheim, www.holzman.de
 Projektleitung Holzbau
IB Miebach, D-Köln, www.ib-miebach.de

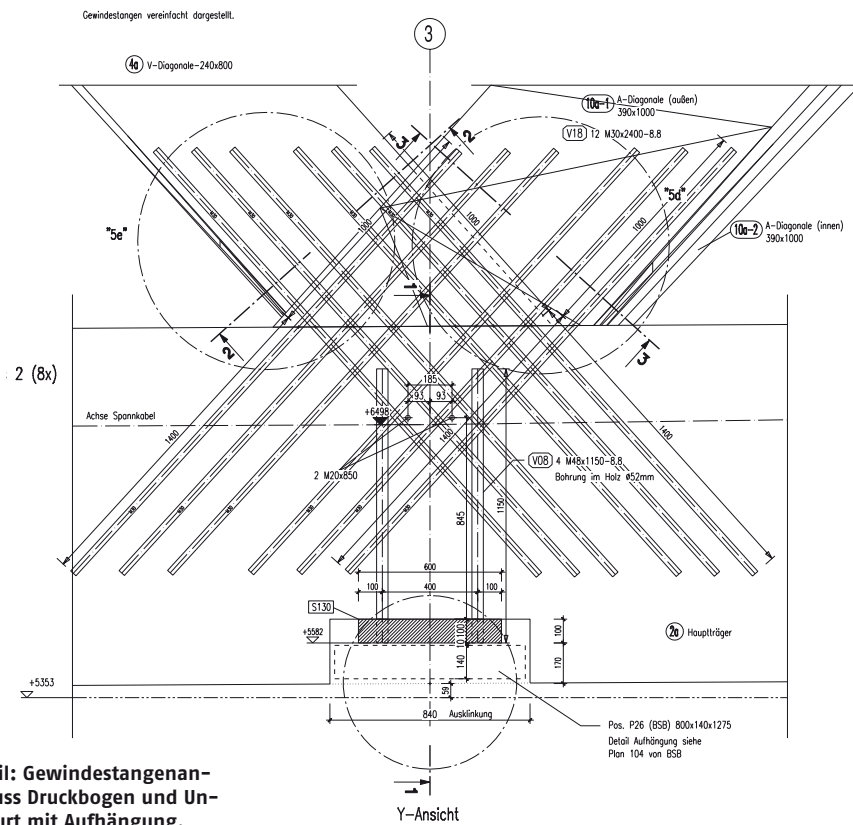
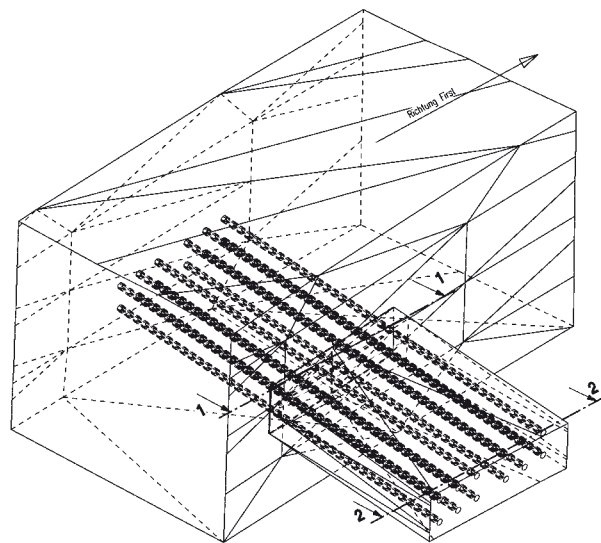
des Untergurtes verläuft. Die Fahrbahn selbst, die aus einer orthotropen (Bauteil mit unterschiedlichen elastischen Eigenschaften in verschiedenen Ebenen) Stahlplatte besteht, ist unterseitig an den Holzuntergurten angeschlossen. Auch hier ist ein vorgespanntes Kabel in Querrichtung angeordnet. Wichtig ist hierbei die Bewegungsmöglichkeit zwischen Stahlplatte und Holzkonstruktion, die durch geeignete Anschlüsse mit Elastomerstreifen und Langlöchern Zwängungsfreiheit garantieren.

Verzicht auf CNC-Unterstützung löste das Kostenproblem

Nach einer europaweiten Ausschreibung konnte sich die auf den Holzbrückenbau spezialisierte Firma Schaffitzel aus Schwäbisch Hall behaupten. Der große Erfahrungsschatz der Firma hinsichtlich Blockverleimung war für die Bauherren sehr wichtig – doch letztlich entscheidet immer der Preis.

Nach einer ersten Ausschreibungsrunde wurde den Bauherren deutlich, dass selbst das preislich attraktivste Angebot von Schaffitzel deutlich über dem Kostenrahmen lag. So wurden die teilnehmenden Firmen um Optimierungsvorschläge gebeten.

Der entscheidende Faktor lag bei den zweiachsig gebogenen Bauteilen: war man sich im Vorfeld noch einig, alle Bauteile ein-



Detail: Gewindestangenanschluss Druckbogen und Untergurt mit Aufhängung.

achsig Block zu verleimen, und danach mit CNC-Maschinen die „zweiachsig Biegung“/Verdrillung aus dem vollen Material herauszufräsen, wurde hier später nach anderen Möglichkeiten gesucht und das Einsparpotential erkannt. Die verdrillten Bauteile beschreiben in Ihrer Form einen Ausschnitt aus einer Spirale oder Helix, so dass die Überlegung einer direkten, verdrillten Verleimung an Fahrt aufnahm. Das preisentscheidende Kriterium lag letztlich einzig im kompletten Wegfall der CNC-Bearbeitung – ein kühner

Vorschlag des Holzbauunternehmens, der anfänglich viel Skepsis beim Bauherrn auslöste. Ist manueller Abbund für solch eine Komplexität geeignet?

Auch hinsichtlich verdrillter Verleimungen gibt es äußerst wenige Erfahrungen. So musste schließlich auch hier empirisch vorgegangen werden, und es wurden Probebauteile verleimt. Die dringlichste Frage des Bauherrn war, ob man mit dieser Vorgehensweise noch die Geometrie einhalten könne, und eine Toleranz von 2 mm einzuhal-



Versuche im Vorfeld ermittelten die nach der Verleimung zu erwartenden Rückstellkräfte. Die gefundenen Werte wurden benutzt, um die vorgegebene Toleranz von 2 mm einzuhalten.



Den Anwohnern erschien die Errichtung der Brücke kurz vor Weihnachten 2008 als mitternächtliches Spektakel. .

ten sind? Es galt zu klären, um wieviel sich ein verdrilltes Bauteil zurückbewegt, wenn die Verleimpresen geöffnet werden (Rückstellung). Hier zeigte sich durch die Probe-stücke ein definiertes Maß, so dass eine ausreichende Rückstellung berücksichtigt und die Maßeinhaltung bei der Fertigung angenommen werden konnte.

Ebenfalls sehr anspruchsvoll gestaltete sich die Bohrung von teilweise 2,70 m langen Löchern. Da durch das enge Bohrraster nur geringe Abweichungen zulässig sind, ist eine hohe Präzision erforderlich – auch hier ohne CNC-Unterstützung. Mit Schablonen und Hilfskonstruktionen wurden die geneigten Bohrungen auf den gekrümmten Bauteilen aufwendig eingebracht.

Als Vormontagehilfe wurden für die beiden „Schalen“ jeweils ein gebogener Montage-tisch gebaut, der den gleichen Radius wie die Schale aufweist. Darauf wurden die verleimten Bauteile ausgelegt und nacheinander abgebunden – bei Einzelteilgewichten bis zu 20 Tonnen. Nach diesem Vorabbund wurde lediglich im Mittleren senkrechten Träger (Königsstiel) im Werk schon Gewindestangen eingeleimt. Die übrigen Bauteile konnten wegen des Großformats erst vor Ort mit den anderen Verleimt werden.

Die Montage erfolgte vor Ort in einem beheizten Zelt

Für die Montage werden alle Einzelbauteile rund 800 m vom späteren Standort auf

einem Montageplatz angeliefert. Dort erfolgt wieder das Auslegen auf den Montage-tischen. Nachdem alle Gewindestangen gefügt und eingebracht sind, stellen die Arbeiter ein großes Zelt über die Schalen, und beheizen dies.

Nun kann das Verleimen der Gewindestangen mittels Zugangs und Ausgangslöchern erfolgen. Eine Leimmengenkontrolle war dabei die einzig verlässliche Möglichkeit, eine komplette Befüllung zu garantieren. Besondere Anstrengungen waren auch für das Firststahlteil nötig, das erst vor Ort eingebaut werden konnte: zwei massive Stahlplatten mit 100 mm Dicke, über 5 m Länge und 1,6 m Höhe. Nach Fertigstellung der beiden Holzschalen erfolgte das Zusammenfügen der drei Großelemente: An die Stahlfahrbahn werden die beiden Holzschalen jeweils seitlich aufgesetzt, und von unten angeschlossen.

Die Endmontage der Brücke erfolgte dann als eine komplette Einheit mit fast 400 Tonnen Gewicht, die vom Montageplatz zum Standort gebracht wurde. Dazu dienten zwei SPMT (Self Propelled Modular Transporter)-Fahrzeuge mit jeweils zehn lenkbaren Einzelachsen. Nach Erreichen des Endstandortes über die Autobahn wurde die Konstruktion auf die Endhöhe von rund 5 m mittels Pressen hochgedrückt und exakt eingefahren. Die Endmontage verlief unter großer Anteilnahme der Bevölkerung in einer kalten Winter-nacht Ende November 2008.

Fazit: Bauwerk von historischer Bedeutung erstellt

Die Größe des Bauwerks ist durch seine Massivität sicherlich einzigartig im Holzbrückenbau. Bei der Herstellung gab es Situationen, die nahe an der Grenze des Machbaren lagen. Somit muss man auch ein solches Bauwerk aus einer kritischen Perspektive betrachten. Auch ob eine 80 jährige Lebensdauer garantiert werden kann – wie es die Firma Titanwood angibt – bleibt abzuwarten. Die handwerkliche Leistung des Holzbauunternehmens ist dabei eine besondere Erwähnung wert – zumal hier der Beweis von hoher Präzision ohne CNC-Hilfe erbracht wurde. Es zeigt sich am Schluss, dass eine enorme Motivation aller Beteiligten dieses Projekt zur Vollendung gebracht hat – und vermutlich historisch für den Holzbrückenbau sein wird. Hierbei ist die niederländische Offenheit im wahrsten Sinne des Wortes grenzüberschreitend und erfrischend unkonventionell hervorzuheben.

Frank Miebach

Schlagnote: Brettschichtholz, Brücke

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Frank Miebach ist Inhaber des Ingenieurbüros für Holzbau und Holzbrückenbau im rheinischen Lohmar.

