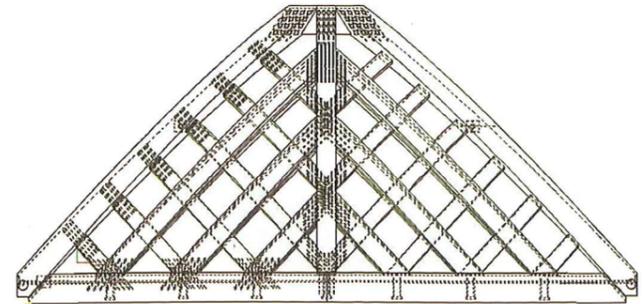




Eine Schwerlastbrücke aus acetyliertem Brettschichtholz in Nordholland demonstriert eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit des Holzbaus.

Bilder und Abbildungen: Schaffitzel Holzindustrie und IB-Miebach

Ansicht der Brücke, links mit Gewindestangen-darstellung und Untergurt-Zugband.



Schwerlastbrücke aus acetyliertem Brettschichtholz

Brückenbau: Im nordholländischen Sneek steht seit kurzem ein einzigartiges Brückenbauwerk, das 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, dies beim Bau mehrerer überquerender Brücken für eine neue Umgehungsautobahn in die Gestaltung der Brücken einfließen zu lassen. Die Architektengemeinschaft OAK – (Büro Onix/Haiko Maijer/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, oberliegenden 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 ei-

nen 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, stand 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 sie einzuhalten, doch dies hätte einen nicht tolerierten architektonischen Eingriff bedeutet. Nachdem also klar war, dass die komplexe Geometrie und Größe nur verleimte Bauteile

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) wird aus neuseeländischem Kiefernholz (*Pinus radiata*) auf 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 geprüft werden. Das Ergebnis ist zufriedenstellend und gleicht dem für konventionelles Brettschichtholz (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 – ohne Berührungs-

ängste gegenüber 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: Einklebte Gewindestangen (die in Deutschland nur bis 30 mm 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 verbreitet eingesetzt wird. 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 Fryslân, 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

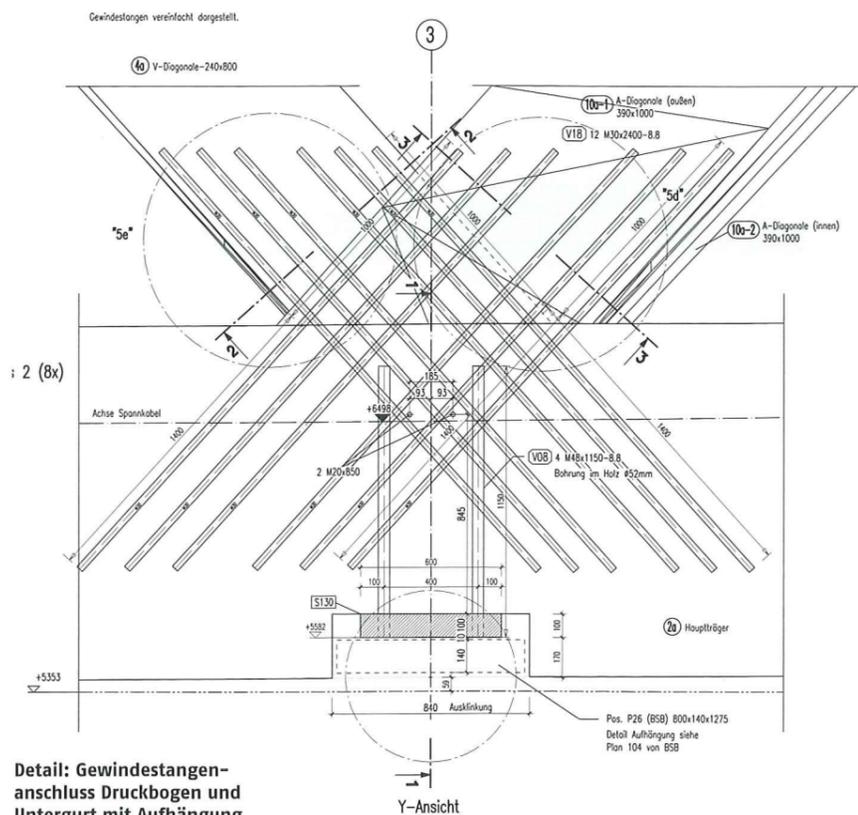
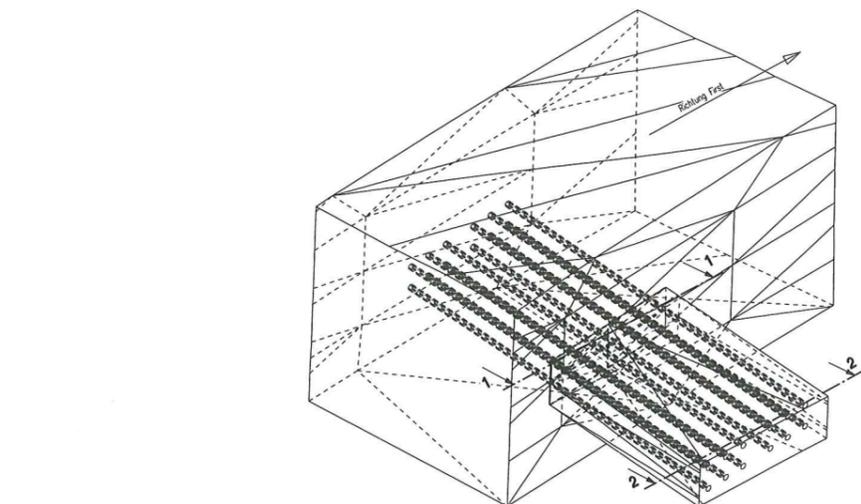
des Untergurts verläuft. Die Fahrbahn selbst, die aus einer orthotropen (Bauteil mit unterschiedlichen elastischen Eigenschaften in verschiedenen Ebenen) Stahlplatte besteht, ist unterseitig an die Holzuntergurte angeschlossen. Auch hier ist ein vorgespanntes Kabel in Querrichtung angeordnet. Wichtig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

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 klar, 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 zweiachsigen gebogenen Bauteilen: War man sich im Vorfeld noch einig, alle Bauteile einachsiger Block zu verleimen und danach mit



Detail: Gewindestangenanschluss Druckbogen und Untergurt mit Aufhängung.

CNC-Maschinen die „zweiachsige Biegung“/Verdrillung aus dem vollen Material herauszufräsen, wurde hier später nach anderen Möglichkeiten gesucht und das Einsparpotenzial erkannt. Die verdrillten Bauteile beschreiben in ihrer Form einen Ausschnitt aus einer Spirale oder Helix, so dass die Überlegung einer direkten, verdrillten Verleimung in den Vordergrund trat. Das preisentscheidende Kriterium war letztlich einzig der komplette Wegfall der CNC-Bearbeitung – ein kühner Vorschlag des Holzbauunternehmens, der an-

fänglich viel Skepsis bei den Bauherren 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 der Bauherren war, ob man mit dieser Vorgehensweise noch die Geometrie einhalten könne und eine Toleranz von 2 mm einzuhalten sei? Es galt zu klären, um wie viel sich



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

ein verdrilltes Bauteil zurückbewegt, wenn die Verleimpresen geöffnet werden (Rückstellung). Hier zeigte sich durch die Probebauteile 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 waren, war eine hohe Präzision erforderlich – auch hier ohne CNC-Unterstützung. Mit Schablonen und Hilfskonstruktionen wurden die geeigneten Bohrungen auf den gekrümmten Bauteilen aufwendig eingebracht.

Als Vormontagehilfe wurde für die beiden „Schalen“ jeweils ein gebogener Montagetisch gebaut, der den gleichen Radius wie die Schale aufwies. Darauf wurden die verleimten Bauteile ausgelegt und nacheinander abgebunden – bei Einzelteilgewichten bis zu 20 Tonnen. Nach diesem Vorabbund wurden 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 wurden alle Einzelbauteile rund 800 m vom späteren Stand-

ort auf einem Montageplatz angeliefert. Dort erfolgte wieder das Auslegen auf den Montagetischen. Nachdem alle Gewindestangen gefügt und eingebracht waren, stellt die Arbeiter ein großes Zelt über die Schalen und beheizten dies.

Nun konnte 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 wurden 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 Endstandorts über der 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 Winternacht Ende November 2008.



Den Anwohnern erschien die Errichtung der Brücke Ende November 2008 als mitternächtliches Spektakel.

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

Schlagworte: Brettschichtholz, Brücke

Autor

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