

Schwerlastbrücke aus acetyliertem Brettschichtholz

Frank Miebach
Ingenieurbüro Miebach
Köln, Deutschland



Schwerlastbrücke aus acetyliertem Brettschichtholz

In Sneek / Niederlande entsteht ein einzigartiges Brückenbauwerk, das gleich mehrfach Innovationen in sich trägt. Die Spektakulärste ist ein neuartig modifiziertes Holz, das dem Holzbau enorme Möglichkeiten zu verleihen scheint.

1. Entwurf und Architektur

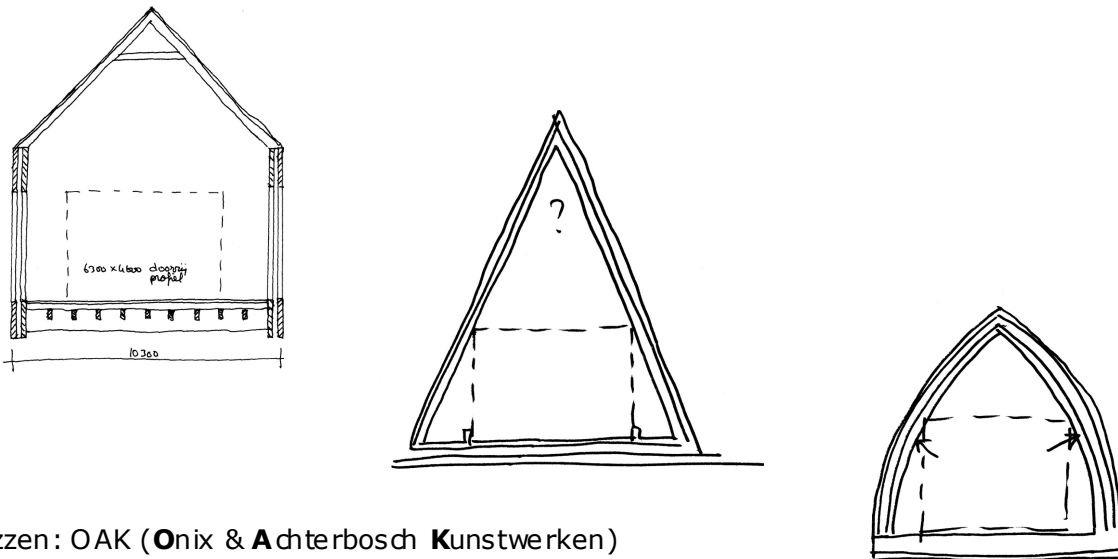
Die Architektengemeinschaft **OAK** – ein Zusammenschluss des Büros Onix, Herr Haiko Maijer, und dem Büro Hans Achterbosch - konnten sich in einem ausgeschriebenen Wettbewerb für die Gemeinde Sneek in Holland mit markanten Holzbrückenentwürfen durchsetzen.

Das in der Provinz Friesland (Nordholland) gelegene Sneek mit schönem Altstadtkern ist bekannt durch Wassersporttourismus und hat unter anderem ein markantes historisches Wassertor als Wahrzeichen.

Im Zuge einer nun ausgeführten Umgehungsautobahn, die ringförmig am Zentrum vorbeiführt, sind mehrere überquerende Brückenneubauten erforderlich geworden.

Um nun den passierenden Autofahrern, die unter den Neubauten entlangfahren, das Gefühl zu geben, ein Tor mit gewissem Bezug zum Wahrzeichen zu durchqueren, erdachten die Planer einen gewagten Entwurf:

Eine massive, komplexe Schalenkonstruktion - aus exponierten Holzträgern.



Skizzen: OAK (Onix & Achterbosch Kunstwerken)

Hier gab es bei der Formfindung einen Zugang über traditionelle Holzbrücken:

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 fadenwerkartige Füllung dieses Dreiecks spannt sich mit kreuzenden Diagonalen wie ein Gitternetz in die Schalengeometrie.

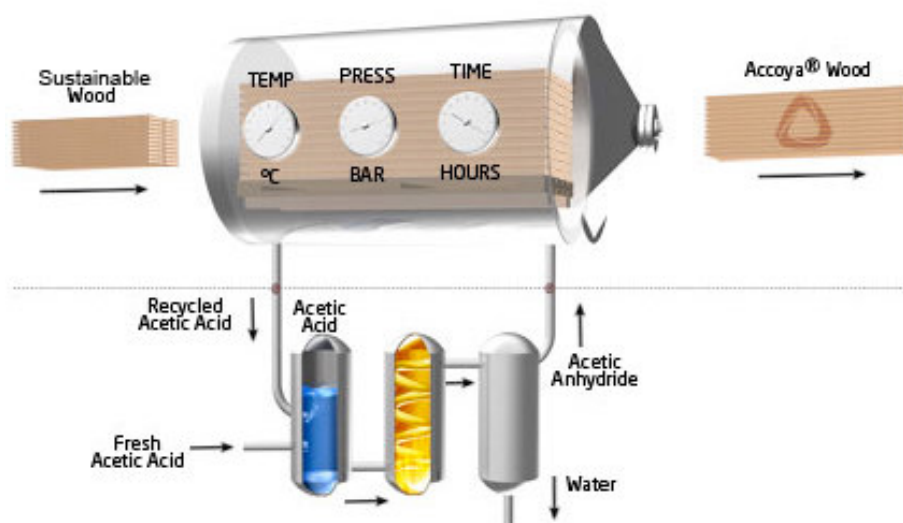


Das gewagte an dieser Geometrie ist gewiss die Ausführung in Holz, die zum einen durch die exponierte Anordnung enorme Anforderungen an das Material stellt und zum anderen eine herstellerische Herausforderung birgt. Für beide Aspekte mussten Lösungen gefunden werden.

2. Material

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 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 Namen Accoya wird von der Firma Titanwood aus neuseeländischem Kiefernholz (pinus radiata) aus Plantagen erzeugt. Dabei wird im Wesentlichen das im Holz gebundene Wasser durch Essigsäure (Acetyl) substituiert.



Schema Produktionsprozess Acetylierung

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 scheint und erstmalig Verwendung findet. Doch ob die Acetylierung

den Leimvorgang beeinträchtigt, musste erst durch zahlreiche Proben nachgewiesen werden. Das Ergebnis ist zufriedenstellend und gleichwertig wie konventionelles BSH. Es muss lediglich mit einem bestimmten Resorcinharz verklebt werden.

3. Konstruktion

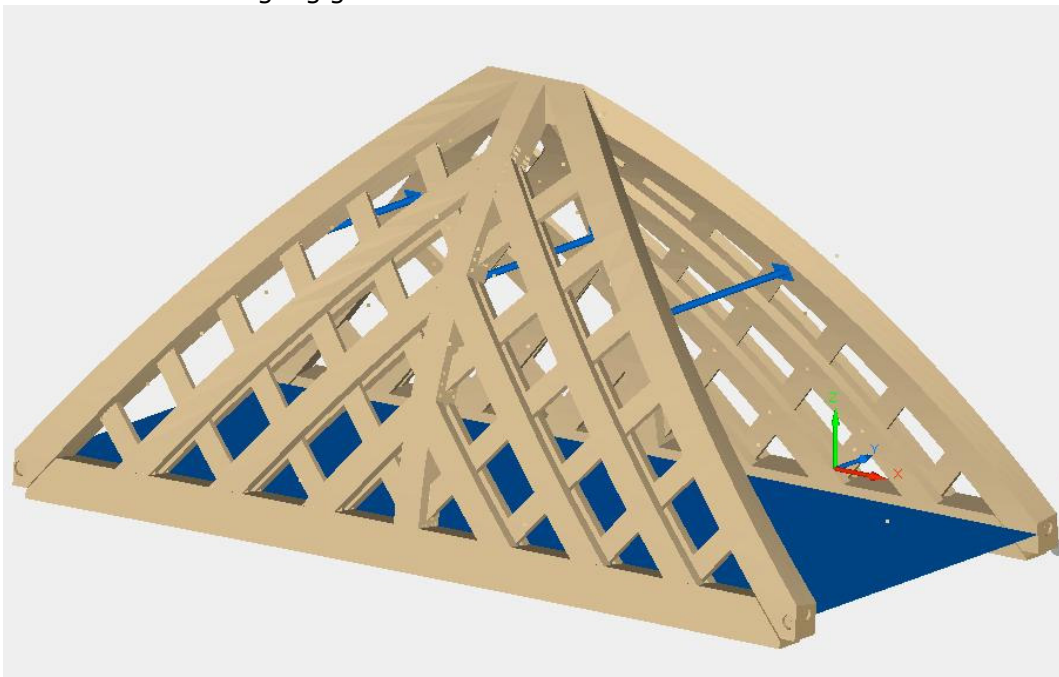
Das Übersetzen der architektonisch beeindruckenden Geometrie in die Sprache der technischen Mechanik kam einem namhaften Büro zu, das Einiges an Erfahrung auf diesem anspruchsvollen Gebiet hat: Das Ingenieurbüro Emil Lüning, das unter anderem durch geodätische Holzkuppelbauten Erfahrung mit komplexen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

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

Eingeklebte Gewindestangen

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 48mm als biegesteife Hauptverbindungsmittel eingesetzt.

Dabei haben die Stangen teilweise Längen über 2m, und sind jeweils in das Hirnholz der Diagonalen eingebohrt. Da es kaum Erfahrungswerte für diese Dimensionen gibt, wurden auch hierfür an dem niederländischen Holzbauinstitut SHR in Wageningen zahlreiche Versuche durchgeführt. Als Kleber dient dabei ein Epoxidharz, der sich bei der Holzsanierung bereits bewährt hat und gängig Einsatz findet.

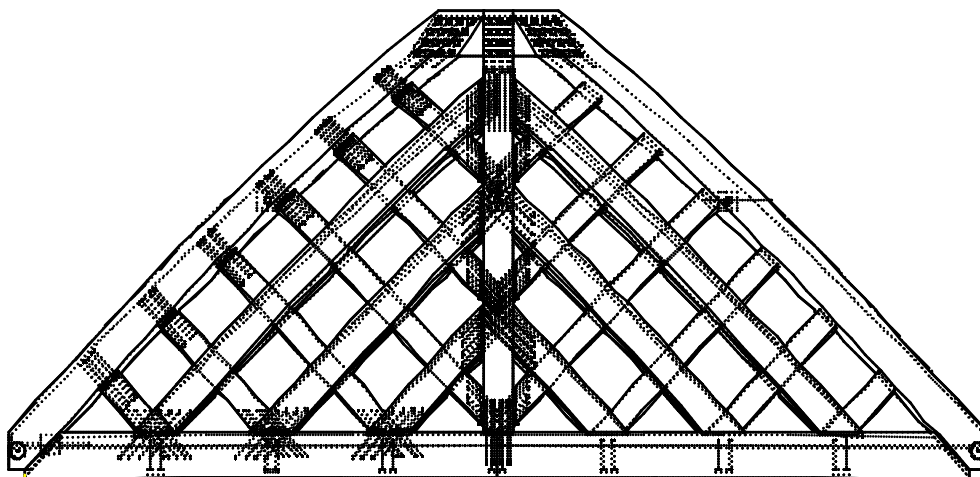


Neben dem Platzbedarf durch Randabstände bewirkt die Verbindungsmethode auch einen hohen Anteil an Trägerdurchdringung. Dies muss statisch berücksichtigt werden.

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

Vorspannung der Untergurte

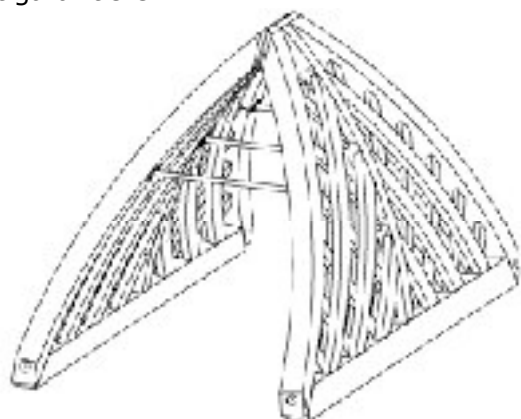
Zusätzlich musste der Untergurt mit den schräg nach oben verlaufenden Druckbögen gekoppelt werden. Dies ist mit einem längs vorgespannten Kabel gelöst, das innerhalb des Untergurtes verläuft.



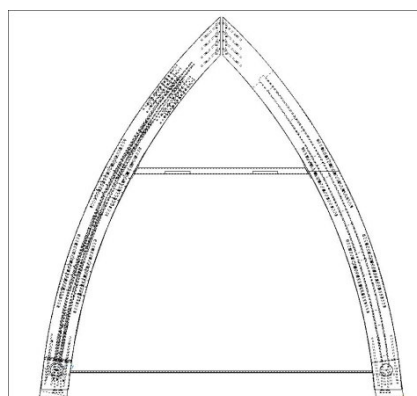
Ansicht Brücke, links mit Gewindestangendarstellung und Untergurt-Zugband

Die Fahrbahn selbst, die aus einer orthotropen 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.



Isometrie



Schnitt Holzkonstruktion

4. Herstellung

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.

Denn 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 einachsig 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 bzw. 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 Bauherren auslöste. Ist manueller Abbund für solch eine Komplexität geeignet?

Denn auch hinsichtlich verdrehter 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 2mm einzuhalten sind?

Es galt zu klären, um wie viel sich ein verdrehtes Bauteil zurückbewegt, wenn die Verleimpresen geöffnet werden (Rückstellung).

Hier zeigte sich durch die Probestücke ein definiertes Maß, so dass eine ausreichende Rückstellung berücksichtigt und die Maßeinhaltung bei der Fertigung angenommen werden konnte.



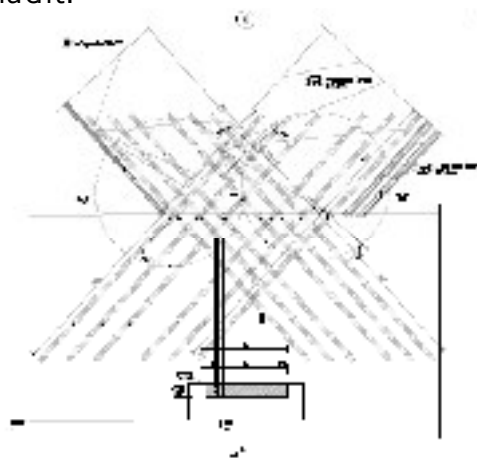
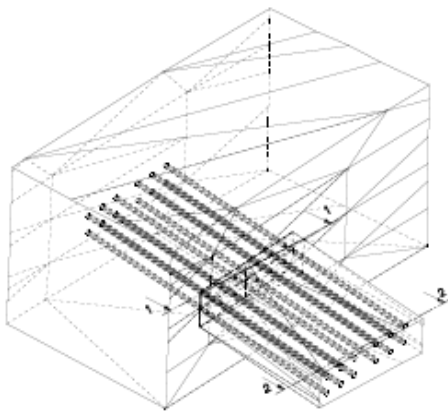
Verdrilltes Musterstück



fertiggestellter Druckbogen

Ebenfalls sehr anspruchsvoll gestaltete sich die Bohrung von teilweise 2,70m 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.



Detail Gewindestangenanschluss Druckbogen und Untergurt mit Aufhängung



Präzision beim Bohren



Auslegen in der Werkhalle

Als Vormontagehilfe wurden für die beiden „Schalen“ jeweils ein gebogener Montagetisch 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.

5. Montage

Für die Montage werden alle Einzelbauteile ca. 800m vom späteren Standort auf einem Montageplatz angeliefert. Dort erfolgt wieder das Auslegen auf den Montagetischen. Nachdem alle Gewindestangen gefügt und eingebracht sind, stellen die Arbeiter ein großes Zelt über die Schalen, und beheizen dies.



Diagonalenanschlüsse am Bauplatz



Verleimung im Klimazelt

Nun kann das Verleimen der Gewindestangen mittels Zugangs und Ausgangslöchern erfolgen. Eine Leimmengenkontrolle ist dabei die einzig verlässliche Möglichkeit, eine komplette Befüllung zu garantieren.

Besondere Anstrengungen sind auch für das Firststahlteil nötig, das erst vor Ort eingebaut werden kann. Zwei massive Stahlplatten mit 100mm Dicke, über 5m Länge und 1,6m Höhe

Nach Fertigstellung der beiden Holzschalen erfolgt das Zusammenfügen der drei Großelemente: An die Stahlfahrbahn werden die beiden Holzschalen jeweils seitlich aufgesetzt, und von unten angeschlossen.



Luftbild vom Montageplatz in Sneek, Oktober 2008

Die Endmontage der Brücke erfolgt dann als eine komplette Einheit mit fast 400 Tonnen Gewicht, die vom Montageplatz die 800m zum Standort gebracht wird. Dazu dienen zwei SPMT (Self Propelled Modular Transporter)-Fahrzeuge mit jeweils zehn lenkbaren Einzelachsen



Skizze SMPT-Transporter mit drehbarer Auflagerkonstruktion

Nach Erreichen des Endstandortes über die Autobahn wird die Konstruktion auf die Endhöhe von ca. 5m mittels Pressen hochgedrückt und exakt eingefahren. Für die Endmontage ist die Dauer von einem Wochenende vorgesehen.

Resümee:

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.

Steckbrief:

Gesamtlänge	Ca. 32,00 m
Breite im Lichten	Ca. 12,0 m
Höhe	Ca. 15,0 m
Besonderheit	Obenliegendes, räumlich gebogenes Fachwerkssystem 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 Lünig, 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