

Das von der Jury als erstrangig bewertete Wettbewerbsprojekt «Neumattbrücke» ist für die Realisierung einer über die Emme führenden Langsamverkehrsbrücke in Holzausführung bestimmt. Eine durchgeführte Machbarkeitsstudie sollte Klarheit schaffen, ob – neben der Verwendung von Nadelholz – der Einsatz von Laubholz für eine solche Brücke gerechtfertigt ist.

# Brückenbauprojekt: eine Machbarkeitsstudie zur Laubholzverwendung

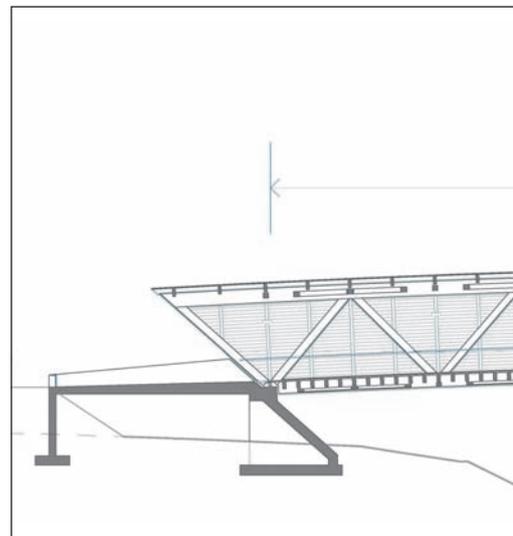
Die für Fussgänger und Velofahrer projektierte Neumattbrücke überspannt den gesamten Flusslauf stützenfrei in einem leichten Bogen und verschwindet in den Vorlandbereichen im Wald. Das grosszügige, offene Fachwerk (Spannweite: 59 m), das keine sichtbehindernden Brüstungen aufweist, entwickelt eine hohe allseitige Transparenz und trägt den Bedürfnissen der Nutzer und des modernen Holzbaus Rechnung. Ob Laubholz den diversen Anforderungen bei diesem Bauwerk gerecht werden kann, wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie geprüft (siehe Kasten «Zielsetzung»), um der Bauherrschaft (Stadt Burgdorf und Gemeinde Kirchberg) die nötigen Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen. Erarbeitet haben die Studie die ingenta ag ingenieure + planer, Bern, mit aktiver Unterstützung von Arn + Partner AG, Münchenbuchsee, Hector Egger Holzbau AG, Langenthal, sowie des Bundesamtes für Umwelt (Bafu), Bern.

## Zur Methodik

Bei der Verifizierung der in Betracht kommenden Laubhölzer (Esche, Eiche, Buche, Robinie) mit ihren für einen Baustoff wichtigen Eigen-

schaften und Parametern sind die Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Verfügbare wichtige Auswahlkriterien. Von besonderem Interesse sind dabei die Veränderungen von Querschnitten und Anschlüssen. Geprüft wurden zudem mögliche Veränderungen der Konstruktionsweise, welche positive Effekte auf die Gestaltung, das Tragwerk oder die Kosten haben könnten. Für den Holzbaubetrieb waren Konsequenzen abzuklären, die sich – aufgrund einer Laubholzverwendung – bei der Bearbeitung und der anschliessenden Montage ergeben. Eng mit der Machbarkeitsstudie verbunden ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Investitionsberechnungen sind aufgrund unterschiedlicher Holzarten dargestellt, wobei auch der Faktor Lebensdauer von grosser Bedeutung ist und, wo möglich, berücksichtigt wird.

Die Qualität in der Planung und Ausführung des konstruktiven Holzschutzes haben direkte Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit und den Unterhalt. Für die Neumattbrücke wird gemäss der Nutzungsvereinbarung aus dem Wettbewerb eine Nutzungsdauer für das Primärtragwerk von 80 Jahren verlangt. Voraussetzung sind regelmässige Kontrollen und entsprechender Unterhalt des Tragwerks. Nachfolgend sind die nach Bauteilen evaluierten Möglichkeiten der differenzierten Verwendung von Nadel- und Laubholz bei der Konstruktion der Neumattbrücke erläutert.



## Infos zum Wettbewerb

### Öffentliche Ausschreibung vom Juli 2011:

Gesamtleistungswettbewerb Holzbrücke, Emmenquerung Neumatt/Ey

### Veranstalterin:

Baudirektion der Stadt Burgdorf

## Zielsetzung der Machbarkeitsstudie

Mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie werden mehrere Ziele verfolgt:

- Erarbeiten von Grundlagen, um – bezogen auf die Holzeigenschaften – eine sinnvolle Auswahl einer oder mehrerer Laubholzarten zu treffen.
- Abschätzen der Auswirkungen von Laubholz auf Produktion/Ausführung, Qualität und Kosten. Der geführte Nachweis zur Machbarkeit über den Einsatz von Laubholz (Laubholzbauteilen) soll als Entscheidungsgrundlage für die Bauherrschaft dienen.

Der dem Wettbewerb zugrunde liegende Entwurf des Tragwerks bzw. der Brücke darf nicht massgebend verändert werden. Weiter sind die Eckterminaten, welche von der Bauherrschaft in den Wettbewerbsunterlagen definiert wurden, verbindlich. Das im Jurybericht aufgeführte Optimierungspotenzial (besserer konstruktiver Holzschutz) und die verlangten Feuchtigkeitsbeiwerte haben in der Machbarkeitsstudie Eingang gefunden.

Publikationsvorlage:

Marchand + Partner AG (seit Juni 2012: ingenta ag ingenieure + planer) Bern/  
«Machbarkeitsstudie: Verwendung von Laubholz für die Neumattbrücke»



Das zur Ausführung bestimmte Projekt «Neumattbrücke»: Der Längsschnitt zeigt die wichtigsten Strukturelemente des transparent wirkenden Tragwerkes in BSH-Fachwerkausführung.

### Dachverband mit Eschenholz

Der als Fachwerk ausgebildete Dachverband ist wechselwirkenden Kräften ausgesetzt, sodass die Diagonalstäbe auf Druck wie auch auf Zug beansprucht werden. Mit den höheren Festigkeiten von Laubholz (Buche und Esche) liessen sich die Querschnittsabmessungen der Druck- und Zugstäbe herabsetzen; zugleich eröffnet sich ein weiteres Sparpotential bei den Anschlüssen.

Nach der Erörterung möglicher Varianten bei der Ausführung des Dachverbandes (u.a. mit einem Andreaskreuz) sprechen relevante Fakten für eine Lösung, bei der Laubholz für die wechselbeanspruchten Diagonalstäbe als vorteilhaft erachtet wird:

- eine Verkleinerung des Querschnittes gegen etwa 50 Prozent ist möglich,
- die Stahlverbindungsmitel können besser ausgenutzt werden und
- verglichen mit dem Wettbewerbsprojekt sind anzahlmässig nicht mehr Bauteile notwendig.

Nach einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Verwendung von Teilen aus Laubholz im Dachverband bzw. für Teile des Dachverbandes wurde die Variante mit Diagonalstäben mit zum Teil aus brett-schichtverleimtem Eschenholz (bis GL48h, etwa 150 mm x etwa 150 mm) als sinnvoll bewertet und damit zur Ausführung empfohlen. Die Sparrenlage des Daches wird

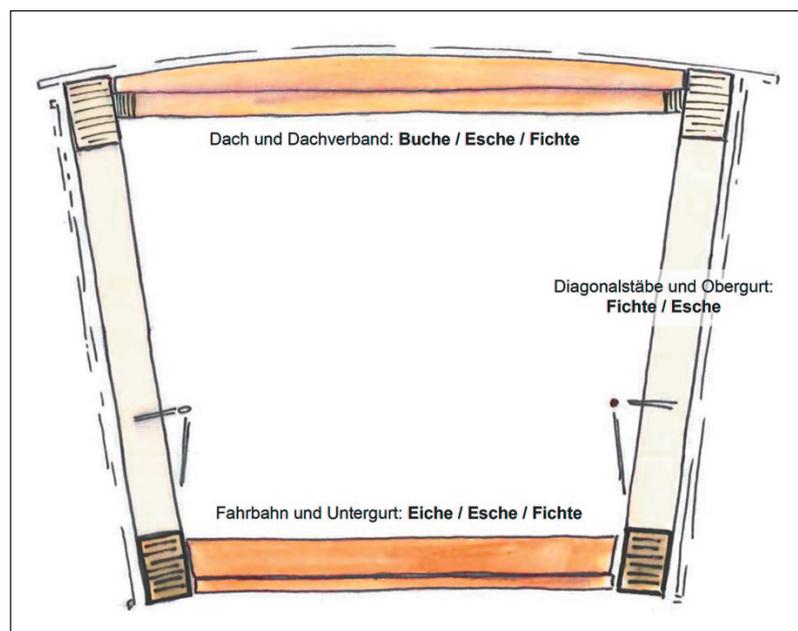
mit 4,9 bis 5,1 m langen Fischbauchträgern (Fi/Ta, GL24h) mit variierendem Querschnitt (180 – 320 mm x 120 mm) ausgeführt.

### Das Hauptfachwerk

Die in erster Linie druckbeanspruchten Obergurte der beiden Primärfachwerke erhalten zusätzlich Biegemomente aus den Dachlasten und den Windkräften. Davon leitet sich eine Stabilitäts- bzw. Knickproblematik für diese Bauteile ab, die sich mit der Wahl von Baustoffen mit höheren Festigkeiten bzw. grösseren Abmessungen lösen lässt. Mit der Verwendung von Brett-schicht-holzquerschnitten aus Buche oder Esche ist eine Reduktion der Träger-

höhe der Obergurte um 28 Prozent möglich. Allerdings ergab die detaillierte wirtschaftliche Betrachtung eines hybriden Obergurtes mit einem Mittelstück aus Esche (GL40k) und Seitenstücken aus Fichte/Tanne (GL36k) gegenüber der projektierten, reinen NH-Variante Mehrkosten von etwa 30 Prozent. Angesichts dessen wird der unter dem Dach liegende, druckbeanspruchte Obergurt aus Fi-/Ta-Brett-schicht-holz mit unterschiedlichen Festigkeiten (GL28k/ GL36h) hergestellt. Die Abmessung für den Querschnitt fällt mit 360 mm x 640 mm etwas grösser aus als jene des Untergurtes.

Ähnlich den Obergurten sind auch die Untergurte auf Normalkraft und Biegung beansprucht. Trotz



Das Variantenstudium zur Auswahl möglicher Nadel- und Laubholzarten ergab die Empfehlung, Eschenholz für Teile des Dachverbandes und partiell des Hauptfachwerkes (Untergurte) sowie Eichenholz als Decklamellen für die Fahrbahnbalcken zu verwenden.

des Kräftewechsels von Druck auf Zug sind die Querschnitte ähnlich denen der Obergurte. Die Zugfestigkeit von BSH-Laubholz der Festigkeitsklasse GL48h liegt knapp 65 Prozent über den Zugfestigkeiten von BSH-Nadelholz der Festigkeitsklasse GL28h. Daher eignet sich Laubholz vor allem in den Zuggurten. Der Verlust durch querschnittsreduzierende Verbindungsmittel ist jedoch beachtlich. Der gleich bleibende Querschnitt des Untergurtes mit abgestuften Festigkeiten wurde bereits beim Entwurf als sinnvoll erachtet. Nach einer eingehenden wirtschaftlichen Betrachtung eines hybrid verlaufenden Untergurtes (Q/S: 360 mm x 600 mm) bot sich eine brett-schichtverleimte Ausführung mit Eschenholz für das zugbeanspruchte Mittelstück (Festigkeit: GL40k) und Nadelholz (GL36k) für die verbleibenden Seitenstücke an.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass eine Laubholzverwendung auch für die Diagonalstäbe in den Primärfachwerken in Betracht kam, und zwar aufgrund des möglichen Reduktionspotentials bei den Querschnitten und Anschlüssen. Eine Veränderung der ihrer Belastung entsprechenden Abstufung der Querschnitte war aus gestalterischen Gründen nicht erwünscht. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird auf die Materialisierung der Diagonalen nicht weiter eingegangen.

## Die Fahrbahnbalcken

Beim Wettbewerbsprojekt «Neumattbrücke» sind für die Ausführung der Fahrbahn BSH-Biegebalken (Fi/Ta; GL24h) in der Dimension 140 mm x 320 mm vorgesehen. Die für den Biegenachweis relevante Einwirkung resultiert aus einem aussergewöhnlichen Lastfall mit einem zweiseitigen Fahrzeug mit einem Gesamtgewicht von 10 Tonnen. Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit wird als Variante ein hybrid aufgebauter BSH-Balkenquerschnitt in Betracht gezogen. Weil die Lebensdauer des Fahrbahnverbundes mit hybrid aufgebauten Balken gegenüber der Wettbewerbsvariante massgeblich erhöht werden kann, wird die Verwendung von Eichenholz für die Decklamellen der BSH-Balkenquerschnitte (140 mm x 280 mm; GL28k) empfohlen. Über den Zeitraum der vereinbarten Nutzungsdauer von 80 Jahren betrachtet, ist dies – trotz höheren Investitionskosten – die wirtschaftlich kostengünstigere Variante.

## Zielführende Studie

Mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie konnten für den Dachverband, die zwei Hauptfachwerke und für die Fahrbahnbalcken wirtschaftlich funktionierende Varianten für die Verwendung von zwei Laubholzarten

(Esche, Eiche) aufgezeigt werden. Nutzt man die breite Palette der unterschiedlichen Festigkeitsklassen, können schlanke Systeme geschaffen werden. Diese ergeben insgesamt, aufgrund eines gut ausgenutzten Verhältnisses zwischen auftretender Spannung und zulässigem Bemessungswert der Festigkeit wirtschaftlich interessante Lösungen. Obwohl Laubholz über die höhere Dichte verfügt, weist die Brückenvariante mit Teilen aus Laubholz ein geringeres Gewicht auf, unter anderem dank effizienteren Verbindungsmitteln in geringerer Anzahl und kleineren Querschnitten. Dies ermöglicht, das Montagekonzept aus dem Wettbewerb zu optimieren.

Eine Brückenvariante mit Teilen aus Laubholz – gemäss der oben erörterten Konstruktion – kann für die Neumattbrücke im Vergleich zur reinen Nadelholzausführung als konkurrenzfähige Variante eingestuft werden. Diese Ausführungsvariante mit Teilen aus Laubholz kann – bezogen auf die nachgeführte Nadelholzvariante aus dem Wettbewerb – zu etwa vier Prozent höheren Kosten realisiert werden. Da mit dem Einsatz von Laubholz der Innovationsgehalt aus dem Wettbewerb umgesetzt werden kann, wird die Variante mit Laubholzanteilen zur Ausführung empfohlen.

P.R./-bo



In der virtuellen Animation: die 59 m weitgespannte Neumattbrücke in Harmonie mit der bewaldeten Flusslandschaft der Emme. Die bauliche Realisierung wird Anfang 2013 erfolgen.