INFORMATIONSDIENST **HOLZ**

// drüber und drunter //

BRÜCKEN AUS HOLZ

Fahren oder laufen. Unter ihnen oder über sie. Kreuz und quer, mit oder ohne Ziel, so oder so. Zwei gegensätzliche Bewegungen im Raum. Beide beziehen sich auf einen Fixpunkt: die Brücke.

/// Inhalt

/// **Neublüte der Brücken aus Holz** /// S. 4 – 9

/// **Fuß- und Radwegbrücken** ///

01 Czorstyn S. 12 – 19
02 Lörrach S. 20 – 27
03 Neckartenzlingen S. 28 – 37
04 Hausach S. 38 – 45
05 Lohmar S. 46 – 53
06 Gera-Ronneburg S. 54 – 63
07 Schwäbisch-Gmünd S. 64 – 71

/// **Das Besondere einer Brücke ist ihr Ort** /// S. 72 – 89

/// **Straßenbrücken** ///

08 Lohmar S. 92 – 99
09 Schwarzach S. 100 – 111
10 Radlach S. 112 – 121
11 Malters S. 122 – 127
12 Peiden-Bad S. 128 – 133

/// **Klimaschutz und Holzbrücken** /// S. 134 – 139

/// **Grünbrücken** ///

13 Luckenwalde S. 142 – 151

/// **Ausblicke** /// S. 152 – 157

/// **Bildnachweise** /// S. 158 – 159

INFORMATIONSDIENST HOLZ

// drüber und drunter //

BRÜCKEN AUS HOLZ

drüber und drunter

BRÜCKEN AUS HOLZ

Sinnbild des Verbindenden

Die Brücke hat die Phantasie und den Mut der Baumeister und Ingenieure über Jahrtausende herausgefordert. Das Verbindende der Brücke im eigentlichen und übertragenen Sinn berührt jeden. Keine andere Bauwerksart fand einen vergleichbaren Widerhall in der Dichtung und der Malerei. Kühne und schöne Brücken finden stets allgemeine Bewunderung. Sie sind allgegenwärtig – nicht nur als tatsächliche Bauwerke, sondern auch als Vorstellungsinhalte und Bilder.

//Neublüte der Brücken aus Holz//

ARNIM SEIDEL

Mit der Mobilisierung des Menschen stieg der Bedarf an Verkehrswegen und Brücken in vorher nicht dagewesenen Dimensionen. Noch nie im Bauschaffen der Menschheit sind so viele Brücken errichtet worden wie seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, und ein Ende ist nicht in Sicht. Wie kaum bei einem anderen Bautyp verbindet sich bei ihnen technische Innovation und Ästhetik.

// Temporärer Abgesang auf die glorreiche Geschichte des Holzbrückenbaus: Lehrgerüst Pont de Pierres im Osten Frankreichs von 1910. //

Gleichzeitig stehen wir heute vor einem enormen Sanierungsbedarf bei infrastrukturellen Einrichtungen. Unser Versorgungsnetz ist gefährdet durch die stetig steigende Verkehrsdichte und die geringen Investitionen für Erhaltung und Neubau. Neueste Erhebungen in Deutschland zeigen, wie bedenklich sich der Zustand speziell von Brücken entwickelt hat. Gerade sie sind es, die schneller altern, als sie instand gesetzt werden.

Was hat das nun mit Brücken aus Holz zu tun, die in den aktuellen Statistiken mengenmäßig kaum Erwähnung finden? Immerhin wurden von der Urzeit bis weit ins 19. Jahrhundert die weitaus meisten Brücken aus Holz konstruiert. Dessen ungeachtet geriet der Baustoff Holz im Zuge der Industrialisierung in Vergessenheit, sein Einsatz beschränkte sich irgendwann fast nur noch auf Lehrgerüste für Betonkonstruktionen – komplexe, aber leider nur temporäre Bauwerke.

Spezielle Ästhetik von Holz

Einhergehend mit einem deutlichen Imagewechsel von Holz als nachwachsendem Rohstoff ist seit etwa drei Jahrzehnten eine Renaissance des Holzbrückenbaus erkennbar. Die Vorzüge des natürlichen Baustoffs für Brücken – geringes Gewicht, gute Lastverteilung, kostengünstige Reparaturen durch Auswechseln einzelner Teile – wurden durch neue Technologien im Bereich der Verbindungstechnik sowie durch die Entwicklung leistungsstarker Holzwerkstoffe und verbessertem Holzschutz gefestigt.

Holzkonstruktionen sind zugegebenermaßen den scheinbar grenzenlosen Spannweiten weiterhin weltweit entstehender Viadukte nur schwer gewachsen. Der Alltag des Brückenbaus sieht dagegen auch anders aus: Der überwiegende Anteil der Brücken in Deutschland hat Spannweiten von bis zu 30 m, also genau der Bereich, in dem der Holzbrückenbau besonders effizient ist. Um es klar zu sagen: Hier besteht erhebliches Potenzial für die Ausweitung des Marktanteils von Holzbrücken.

Beispielgebende Holzbrücken im In- und Ausland belegen nicht nur ihr technisches Potenzial, sondern auch ihre besondere Ästhetik, die sich mit keinem anderen Baustoff erreichen lässt. Natürliche Einflüsse durch Sonneneinstrahlung und Regen verleihen jeder Holzbrücke über die Jahre einen ganz eigenen Charakter. Sie sind gestalterisch sehr anpassungsfähig und gelten in ihrer Materialität als besonders angemessen für den Landschaftsraum. Holzbrücken spielen hier in ihrer eigenen Liga.

Die steigende Aufmerksamkeit für Umweltfragen und die Qualitäten von Holz als nachwachsendem Rohstoff rücken mehr ins öffentliche Bewusstsein. So bekommen heute Bauentscheider in Bund und Ländern deutlich von den Bürgern zu spüren, dass der Rohstoff Holz einen wichtigen Beitrag für Klimaschutz und Lebensqualität leisten kann und soll, und prüfen darum für ihre Bauaufgaben immer öfter die „Option Holz“. Die nachhaltig betriebene Forstwirtschaft wie auch der Umstand, dass Holz Kohlendioxid speichert, sind derzeit die Hauptmotivation für den Einsatz von Holz als Baumaterial. Aktiver Klimaschutz geht schließlich alle etwas an.

OP ON HO

Zudem hat die Entwicklung neuer Holzprodukte wie Brettschichtholz mit gesteigerten Materaleigenschaften, großen Abmessungen und hoher Tragfähigkeit, aber auch der Fortschritt in der Verbindungstechnik entscheidend zum neuen Stellenwert von Holz im Brückenbau beigetragen. Heute werden – vergleichbar dem modernen Holzhausbau – ganze Brücken in Holzbauunternehmen vorgefertigt und auf der Baustelle zum kompletten Tragwerk montiert. Daraus resultiert ein zeitlicher, wirtschaftlicher und nicht zuletzt qualitativer Gewinn.

Seit einer Reihe von Jahren stärken auch bautechnische Innovationen die Wirtschaftlichkeit von Holzkonstruktionen. So belegt die Kombination zweier leistungsstarker Werkstoffe den Erfindungsgeist der Brückenbau-Ingenieure. Brücken in Holz-Beton-Verbundbauweise vereinen eine optimale Ausnutzung der Materialeigenschaften beider Baustoffe: Massive Holzträger werden auf ihrer Oberseite mit einer Betonplatte statisch verbunden. Letztere dient als Fahrbahn und wird durch Einbindung in das Tragwerk zur Lastabtragung herangezogen, zusätzlich bildet sie konstruktiven Schutz für das Holz in Form einer Überdachung.

Die Wettbewerbsfähigkeit von Holzbrücken muss sich natürlich auch über die Langlebigkeit der Bauwerke definieren lassen. Hier hat sich der Holzbau auf alte Tugenden besonnen, die der Trockenhaltung des Holzes dienen. Bei durchgängigem konstruktiven Holzschutz sind Konstruktionen von hoher Lebensdauer ohne den Einsatz chemischer Hilfsmittel realisierbar. Hält man sich den derzeitigen Sanierungsnotstand von Konstruktionen aus Spannbeton vor Augen, sind ihnen Holzbrücken in dieser Hinsicht überlegen.

Das Bauen mit Holz entdecken

Diese Veröffentlichung zeigt, dass Holzbrücken ihr Dasein in der Nische verlassen haben und sich für dringend anstehende Bauaufgaben empfehlen. Sie will schlicht über die kaum zu erschöpfende Vielfalt des Holzbrückenbaus informieren. Oder besser gesagt: Sie will darüber unterrichten. Denn selbstverständlich ist damit die Hoffnung verbunden, dass diese Beispiele zu neuen Beispielen anstecken, ermutigen, wohl auch anstiften. Diese Brücken eröffnen neue Wege architektonischen Denkens, Entwerfens, Konstruierens, des Bauens mit Holz.

//Fuß- und Radweg

Kleinere Brücken mit größeren Freiheiten

Beim Entwurf von Fußgänger- und Radwegbrücken sind die Freiheiten, außergewöhnliche Ideen einfließen zu lassen, weitaus größer als bei Straßenbrücken. Die im Vergleich kleineren Spannweiten und Brückenbreiten, aber auch die geringeren Lasten der Nutzung, lassen die ein oder andere kühne Form zu. Kühn im Sinne von leicht, schlank und filigran, und dabei vielleicht sogar spielerisch oder originell in der Form. Noch bevor sich ein Planer von den Rahmenbedingungen „Technik", „Statik" und „Material" beim Entwurf einschränken lässt, darf er bei diesem Brücketyp vor allem erst mal daran denken, welche Form die Funktion am schönsten übersetzt und optisch am besten zur Geltung bringt. Immer mit Blick auf die Nutzer, die das Brückenbauwerk – beispielsweise langsam zu Fuß – durchqueren und es dabei besonders intensiv erleben. Hier spielen die fortlaufenden Perspektivwechsel eine ebenso besondere Rolle wie die harmonische Einbindung in die Umgebung und den Ort, an dem sie stehen sollen.

Im nächsten Schritt unterscheidet sich die Planung von Fußgänger- und Radwegbrücken dann allerdings kaum mehr von Straßenbrücken. Die statische und konstruktive Umsetzung folgt natürlich den gleichen Prinzipien wie die des „großen Bruders".

Ein Hauptaugenmerk bei der Planung einer Fußgänger- und Radwegbrücke aus Holz liegt auf der sogenannten Gebrauchstauglichkeit. Dieser Begriff umfasst die drei Aspekte Komfort des Gehbelags, Verformungen und Schwingungen. Vor allem Letzteres muss begrenzt werden, um ein unangenehmes Federn zu verhindern. Die Oberfläche des Belags darf außer-

brücken //

dem nicht glitschig werden, sondern muss auch bei Nässe rutschfest bleiben. Belagsfugen wiederum sollten nicht in Fahrbahnrichtung, sondern quer dazu orientiert sein, um ein Festfahren der Räder und Reifen von Kinderwägen oder Fahrrädern zu vermeiden. Darüber hinaus empfinden Fußgänger und Fahrradfahrer Steigungen von über 6 Prozent als unbequem. Und ebenfalls wichtig: Die einfache Austauschbarkeit von Verschleißteilen …

… und damit wären wir schon beim Detail und mittendrin. Wie das im Einzelnen gelöst werden kann, zeigen die Fußgänger- und Radwegbrücken auf den folgenden Seiten.

01 //// **Czorstyn**

/ Pylonbrücke

/ Sondervorschlag siegt

Im Jahre 2003 stellte die Gemeinde Czorstyn (Polen) im Rahmen des grenzüberschreitenden EU-Förderprogramms PHARE einen Antrag auf Förderung für den Bau einer Fußgängerbrücke über den Fluss Dunajec. Bis dahin hatte man etwa 15 km zwischen dem polnischen Ort Sromowce Nizne und dem Czerwony Klasztor, dem Roten Kloster, in der Slowakei zurückzulegen. Die neue Brücke verkürzt diese Strecke auf 250 m.

Die Gemeinde Czorstyn lobte dafür einen Architekturwettbewerb aus. Eine etwa 112 m lange Hängeseilbrücke mit einer Stahlfachwerkkonstruktion als Überbau und einer Gehbahn aus Stahlbeton ging als Siegerentwurf daraus hervor. Nach der Ausschreibung ging ein Alternativvorschlag in Holz ein, den die Bauherrin im Auge behalten wollte, da das vorhandene Budget zur Realisierung des Siegerentwurfs bei Weitem nicht ausgereicht hätte.
Und so kam es, dass am Ende eine Holzbrücke das Rennen machte. Ein entscheidender Faktor war zudem, dass sich Holz als Baustoff besonders gut in die vom Gebirge geprägte Landschaft Landschaft einfügt.

01 // Czorstyn

Bauherr . Gemeinde Czorstyn . Gemeinde Klasztor
Tragwerksplanung und -beratung . Schmees & Lühn Polska .
SP. z o.o Budownictwo inzynieryjne z drewna i stali . Walrzych (Polen) .
Schmees & Lühn . Holz- und Stahlingenieurbau . Fresenburg . Remost .
Debica (Polen) und HSW-Ingenieure . Bad Oeynhausen

HOLZ FÜGT SICH INS GEBIRGSBILD EIN

/ Längste Brücke dieses Typus auf der Welt

Die Ende 2006 fertiggestellte elegante Fußgängerbrücke wurde als Pylonbrücke realisiert und ist bis auf den Pylon und die Stahlabspannungen hauptsächlich in Brettschichtholz ausgeführt. Mit 112 m ist sie eine der längsten Brücken dieses Typus' auf der Welt. Ihre größte freie Stützweite misst 90 m.

Die Erschließung der Brückenkonstruktion erfolgt auf der polnischen Seite über eine in Brückenlängsachse angeordnete Rampenkonstruktion. Auf der slowakischen Seite wird der Brückenüberbau sogar durch zwei Rampenkonstruktionen aus „bewehrter Erde" erschlossen.

Die Brücke wurde schließlich sogar als „Brückenbauwerk des Jahres 2006" mit dem Polnischen Brückenbaupreis TYTAN 2007 ausgezeichnet.

Primärtragwerk aus Längsträgern und ausgekreuzten Stahlrahmen

Die Gesamtlänge zwischen den Endauflagern beträgt etwa 112 m, wobei sich durch die Anordnung der beiden Endwiderlager, des Pylons und der Zwischenstütze Einzelstützweiten von 10,50 m, 10,50 m und 90 m ergeben.

Die Haupttragglieder des Überbaus, zwei parallel verlaufende Brettschichtholz-Träger aus Fichte, sind 1,60 m hoch und 30 cm breit. Zwischen den Bindern sind U-förmige Rahmen aus Stahlprofilen im Abstand von etwa 2,30 m angeordnet. Die Querträger der Rahmen nehmen die Gehbahn auf, Windverbände aus Stahlrundrohren in Querträgerebene sorgen für die Aussteifung.

// Verankerung der Zugstangen am Widerlager auf der polnischen Seite. Vier Stahlbleche je Widerlagerflügel nehmen sie auf. //

// Brückenuntersicht mit brüstungshohen Brettschichtholz-Hauptträgern, den abgespannten Stahlquerträgern, Windverbänden und Nebenlängsträgern. //

Gehbahn aus geriffelten Holzbohlen

Die Gehbahn besteht aus geriffelten Lärchenbohlen, die mit einer Fuge verlegt wurden. Sie wird von insgesamt fünf Nebenträgern aus Lärchenvollholz getragen. Diese Längsträger sind auf den zuvor beschriebenen U-Rahmen aufgelagert und durch angeschweißte Winkelprofile an sie angeschlossen. Eine glasfaserverstärkte Bitumenpappe deckt sie ab und schützt sie vor Feuchtigkeit und Verschmutzung.

Stahlbleche verbinden die Einzelteile der Hauptträger

Die Einzelelemente der Brücke sind durch jeweils vier, über die gesamte Trägerhöhe an beiden Seiten der Hauptträger angeordnete Stahlbleche und je 85 Passbolzen biegesteif miteinander verbunden. Durch die mehrteilige Ausbildung der Stoßbleche werden Querzugspannungen infolge natürlicher Schwindprozesse minimiert.

Geringfügige Montageungenauigkeiten wurden durch das Ausgießen der Stoßfuge mit Epoxidharz oder Vergussmörtel ausgeglichen.

Pylon mit beidseitigen Abspannungen hält den Brückenkörper

Zur Aufnahme der Abspannung des Brückenüberbaus wurde ein A-förmiger Stahlpylon aus Rundrohren angeordnet. Die Fußpunkte sind über eine spezielle Konstruktion im Stahlbetonfundament verankert. Die Abspannung des Pylons zum Widerlager erfolgt mit je vier übereinander angeordnete Stahlzugstangen.

Die Querträger am Pylonkopf bestehen ebenfalls aus Stahlrundrohren. An ihnen sind Befestigungen aus Stahlblechfahnen für die Zugstangen und die Spiralseile angeschweißt.

Das Brückenmittelteil wird durch fünf Stahlseil-Paare gehalten. Die Seile sind über fünf in Seilrichtung geneigte Querträger aus Stahlrundrohren im Abstand von etwa 15 m am Brückenüberbau über außen liegende Stahlblechverbindungen an den Hauptträgern angeschlossen. Rückwärtig wird der Pylon durch insgesamt acht Zugstangen, die jeweils mit Stahlblechkonstruktionen auf den Widerlagerflügeln befestigt sind, gehalten.

// Anschluss eines Stahlseiles an einen Stahlquerträger. //

// Zusammenfügen eines Elementstoßes: Vier an beiden Seiten der Hauptträger angeordnete Stahlbleche und Passbolzen sorgen für die biegesteife Verbindung der vorgefertigten Einzelelemente der Brücke. //

Abdeckungen als konstruktiver Holzschutz

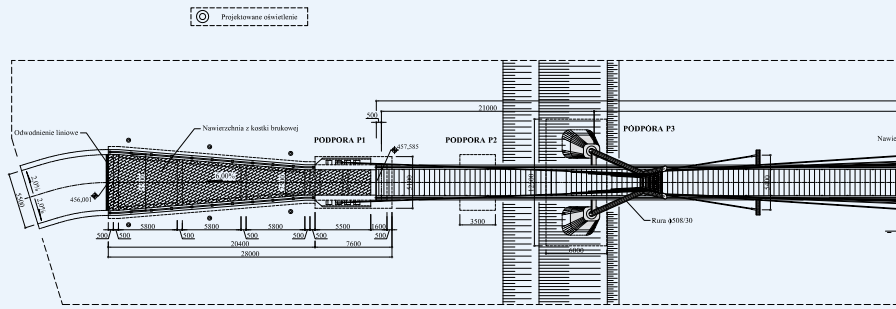
Um die Brettschichtholz-Hauptträger vor Bewitterung zu schützen, wurden sie auf voller Höhe auf den Außen- und Innenseiten mit Lärchenholzbrettern bekleidet. Die Oberseiten decken dachförmig profilierten Lärchenholzbretter mit einer darunter liegenden Bitumenpappe ab. Darauf befindet sich noch zusätzlich ein Handlauf aus Lärchenvollholz, der die erforderliche Brüstungshöhe der Gehbahn auf 1,20 m definiert.

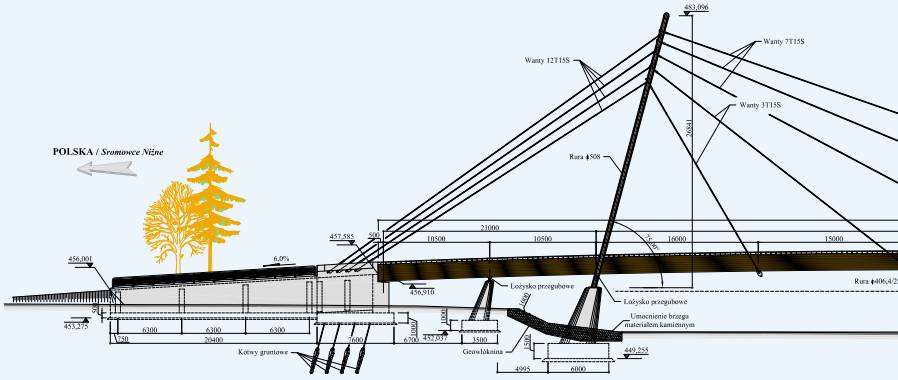
Montage mit Hilfsgerüsten und Vermessern

Die Montage erfolgte auf Montagehilfsgerüsten. Die darauf abgelegten Überbauelemente wurden mit Hilfe der während der Montage ständigen Präsenz eines Vermessungsbüros millimetergenau in Höhe und Längsachse ausgerichtet. Anschließend konnten die Monteure alle Überbauteile durch Verbinden der Längsstöße zu einem Strang zusammenfügen.

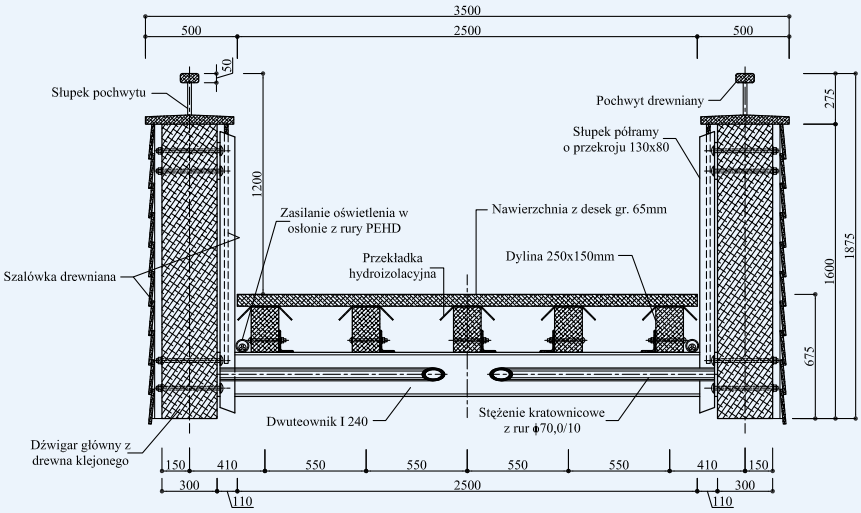
Danach wurden die Zugstab- und Seilabspannungen gemäß einer zuvor genau festgelegten Montagestatik montiert. Die erforderliche Vorspannung der Zugstäbe und Spiralseile wurden mit Hilfe von Hydraulikpressen je Seil- oder Zugstangenpaar synchron aufgebracht.

01 + 02





03



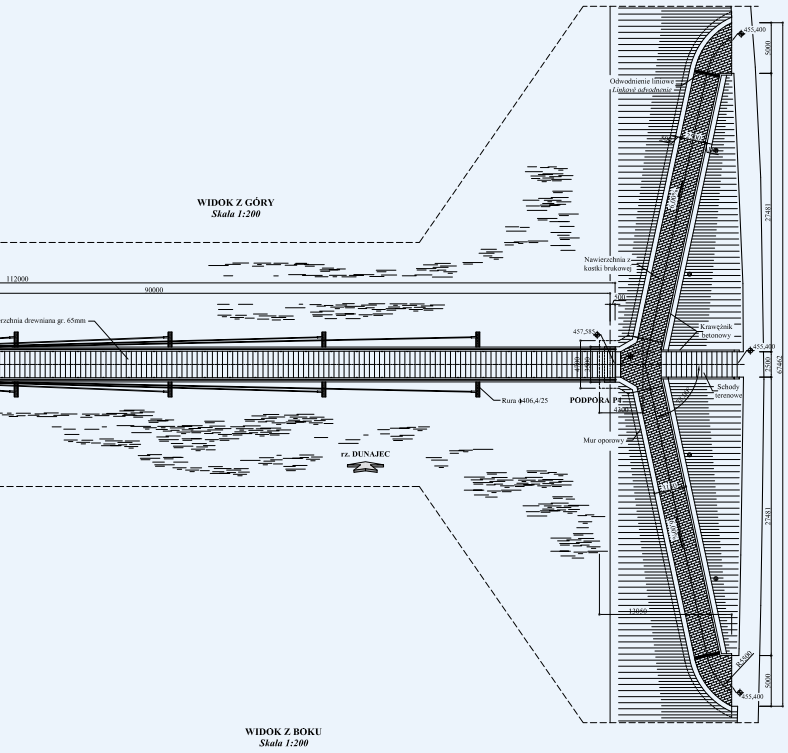
01 **Grundriss**
Eine 20,50 m lange Rampenkonstruktion aus Stahlbeton auf der polnischen Seite und zwei 27,50 m lange, quer zur Brückenachse angeordneten Rampenkonstruktionen aus „bewehrter Erde“ auf der slowakischen Seite führen auf die 112 m lange Brücke.

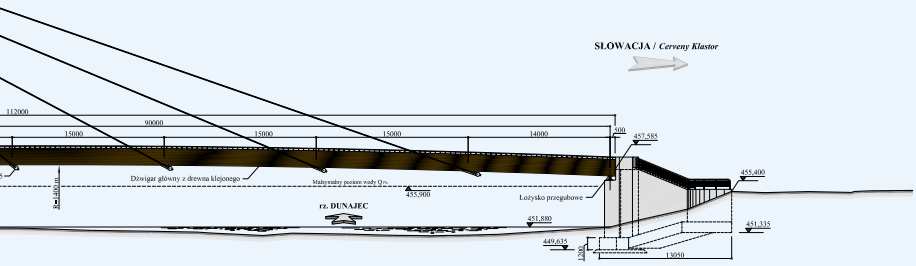
02 **Längsansicht**
Die 112 m lange Brückenkonstruktion im Längsschnitt mit Stützweiten 10,50 m – 10,50 m – 90 m. Die Abspannung des Pylons zum Widerlager erfolgt beidseitig durch vier übereinander angeordnete Stahlzugstangen.

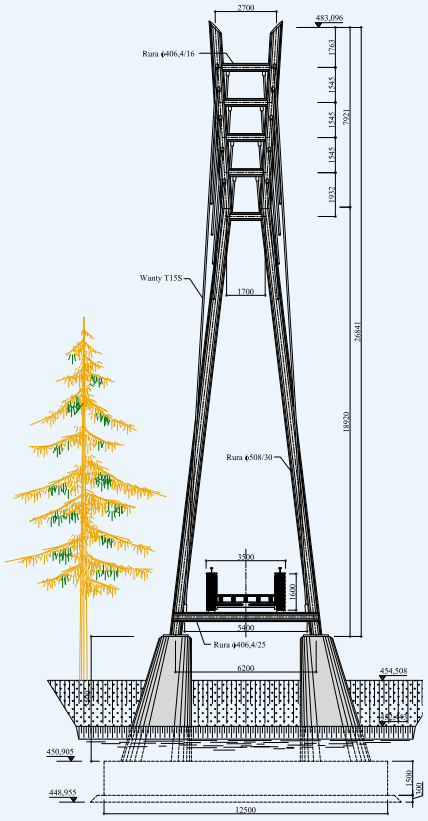
03 **Regelquerschnitt Brückenkörper**
Querschnitt der 3,32 m breiten Brücke im Entwurf; Nebenlängsträger und Bohlenbelag wurden während der Ausführungsphase optimiert; Die Haupt-Träger sind 1,60 m hoch und 30 cm breit.

04 **Gesamtquerschnitt mit Pylon**
Ein A-förmiger Stahlpylon mit einer Gesamthöhe von 26,85 m aus Rundrohren nimmt die Abspannungen des Brückenüberbaus auf.

01 // Czorstyn







04

02 //// **Lörrach**

/ Fachwerkbrücke

/ Überdachter Ersatzbau

Mit 85 m Gesamtlänge hat die neue Geh- und Radwegbrücke bei Lörrach eine beachtliche Dimension. Die Holzbrücke überspannt außer einer Bundesstraße auch einen Fluss und einen Wirtschaftsweg. Als überdachte Fachwerkbrücke konzipiert, ersetzt sie den baufällig gewordenen Vorgänger, der 1983 im Rahmen der Landesgartenschau als Verbindung vom Stadtteil Lörrach-Haagen zum Grütt-Park errichtet wurde, und lehnt sich an dessen Gestaltung an.

Die Architektur der alten Brücke sollte also in der neuen wieder aufleben, jedoch leichter und transparenter ausfallen und einen besseren konstruktiven Holzschutz erhalten. Aus Letzterem ergab sich ein Satteldach mit großem Dachüberstand und die seitliche Verschalung des Geländers.

Bauherr . Bundesrepublik Deutschland . Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg
Planung . Regierungspräsidium Freiburg . Ref. 43 Ingenieurbau . Freiburg
Tragwerks- und Ausführungsplanung . HSW-Ingenieure . Bad Oeynhausen

02 // Lörrach

TRANSPARENTE BAUWEISE

/ Fachwerk ersetzt Fachwerk

Die neue Fuß- und Radwegbrücke über den Fluss Wiese und die Bundestraße 317 ist wie ihr Vorgänger eine Fachwerkbrücke. Das alte Bauwerk wurde als überdachte Brücke ohne seitlichen Witterungsschutz geplant. Später zwar ergänzt, erwies sich der konstruktive Schutz dennoch als nicht ausreichend, was über die Jahre dazu führte, dass 2016 ein Ersatzbau her musste.

Den Dachüberstand des als Dreifeld-System geplanten Bauwerks haben die Planer von den ursprünglich 70 cm auf 95 cm vergrößert. Dadurch war es möglich, den seitlichen Witterungsschutz tiefer anzubringen als bei der alten Brücke. Das Pfettendach mit sichtbarer Dachkonstruktion erhielt eine Lärchenholzschalung mit Stehfalzeindeckung. Zusammen schützen sie die seitlichen Fachwerke über mehr als die halbe Höhe unterhalb der Traufe sowie die in Obergurtebene liegende horizontale Aussteifung.

Leichter Zugang für einfachere Kontrolle

Um die Tragstruktur jederzeit kontrollieren zu können, haben die Planer sie außerdem sichtbar bzw. überall einsehbar gestaltet. Das entsprach gleichzeitig dem Wunsch des Bauherrn nach einer transparenten Konstruktion. Dem ist auch der Einbau von Stahlzugdiagonalen in den stehenden Fachwerken zu verdanken. Auskreuzungen einzelner Gefache ergaben sich zudem aufgrund des statischen Systems.

// **Innenansicht:** Alle Bauteile der Brücke sind einsehbar. Das Dach schützt die oben liegende horizontale Aussteifung sowie die seitlichen Fachwerke bis zur Brüstung. //

Besondere Zusatzlasten: Erdbeben und Anprall

Neben den üblichen Beanspruchungen des Bauwerks wie Eigengewicht, Schnee, Wind und Verkehrslasten mussten bei der statischen Berechnung auch Erdbebenlasten berücksichtigt werden – die Brücke liegt in der Erdbebenzone 3 – sowie Temperatur- und Feuchteänderungen, wenn etwa die Sonne einseitig auf die Brücke scheint. Es galt zudem, Schwingungsanalysen durchzuführen und die Fachwerkuntergurte im Bereich der B317 für die Aufnahme eines Fahrzeuganpralls auszulegen.

Vorfertigung in sieben Teilsegmenten

Das Montagekonzept sah vor, die Brücke in drei Abschnitten mit Einzellängen von 23,80 m, 22,10 m und 39,10 m einzuheben. Die dafür erforderlichen sieben Teilsegmente (ohne Dach) wurden im Werk in Norddeutschland vorgefertigt – ebenso der Auflagerbock – und zur Baustelle nach Süddeutschland transportiert. Um die hohen Zugkräfte im Untergurt verformungsarm und praxistauglich anzuschließen, wurde ein Zuganschluss mit seitlichen Blechen und schräg eingeschraubten Vollgewindeschrauben entwickelt.

/// kreuz und quer ///

Bauherr . Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK) . Abteilung Ostende . Ostende (B)
Architektur . West 8 urban design & landscape architecture . Rotterdam (NL)
Tragwerksplanung . Snoeck en Partners . architectuur & engineering . Kortrijk-Marke (B). Arup . London (GB)

// Hölzerne Windverbände stabilisieren die Obergurte. //

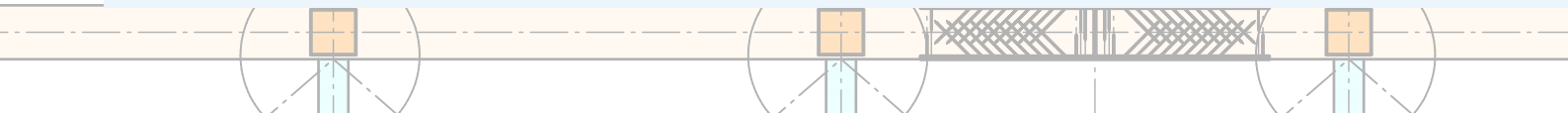
UNAUFFÄLLIG AUFFÄLLIG: FACHWERK MAL ANDERS

Der kleine Ort Wenduine gilt als Königin unter den Feriendestinationen an der flämischen Küste. Zu ihm gehören ein 12 km langer Sandstrand und ein rund 4 km langer Dünenstreifen. Letzterer trennt den Strand vom Ort und von der vierspurigen Nationalstraße (N34) bzw. den Gleisen der „Küstentram“.
Für eine direkte und sichere Verbindung zwischen Ort und Strand musste eine neue Fuß- und Radwegbrücke her.

83 m lang, mit Aussicht und mehr
Das Bauwerk sollte so wenig wie möglich in die Natur und das Gelände eingreifen, sich gut in die Landschaft einzufügen, an die bestehende Treppenanlage, die von der Düne herabführt, anschließen und zudem als Aussichtsplattform auf Meer, Dünen und die Umgebung dienen.

Heraus kam eine gitternetzartige Holz-Stahl-Konstruktion; das Gitternetz ist als Metapher für angespülte Hölzer zu verstehen, die in zufälliger Anordnung beieinander liegen. Die Konstruktion wird von zwei aufgelösten Holz-Fachwerkträgern und einer liegenden Stahlrahmenkonstruktion aus Längs- und Querträgern mit Auskreuzungen gebildet. Die Fachwerkträger bestehen aus aufgelösten und mehrteiligen Ober- und Untergurten, zwischen denen sich kreuzende Diagonalen eingefügt sind. Insgesamt halten 345 Knoten das „Balkengebilde“ aus Bongossi-Holz im Gleichgewicht. Die direkte Bewitterung der ungeschützten Konstruktion wird leider zu einer verkürzten Lebensdauer des Bauwerks führen.

Die „Wrakhout“-Brücke mit einer lichten Gehbahnbreite von 4 m überspannt eine Länge von 83 m über acht Felder. Aufgelagert ist das Ganze auf U-förmigen Stahlbeton-Bügeln, quer versetzt hintereinander angeordnet. Eingebettet zwischen Meer, Düne und Naturschutzgebiet, erscheint der Holzbau als logische Antwort auf die gewünschten Eigenschaften der Brücke.



Aus sieben Teilen werden drei Montagesegmente

Sechs Woche vor der Montage der neuen Brücke wurde die alte demontiert. Die Montage startete mit dem Segment über die Bundestraße 317. Für dieses knapp 24 m lange Segment wurden zwei Teilsegmente auf dem Montageplatz vormontiert, die Dacheindeckung aufgebracht und der seitliche Witterungsschutz vervollständigt. Damit war der Teilbereich über die viel befahrene Straße fast fertiggestellt, und eine längere Verkehrsbehinderung konnte vermieden werden.

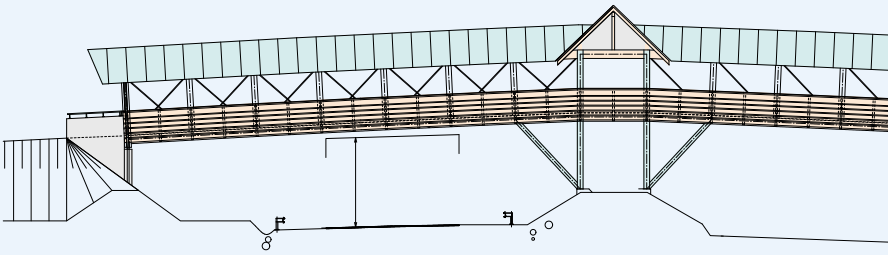
Für die Montageabschnitte 2 und 3 über den Fluss wurde am Flussufer ein Montagegerüst aufgebaut. Das rund 22 m lange für den Montageabschnitt 2 bestand ebenfalls aus zwei Teilsegmenten und wurde ohne Dachkonstruktion und Deckung eingehoben. Gelagert wurde es auf dem Auflagerbock sowie dem Montagegerüst am Ufer der Wiese. Über Pressen konnte es am temporären Auflager des Montagegerüstes in der Höhe feinjustiert werden, um die Höhenlage des Überbaus einzustellen. Das dritte, mit rund 39 m längste Segment bestand wiederum aus drei Teilen und überspannt den Fluss Wiese. Dieses Segment wurde als letztes, ebenfalls ohne Dachkonstruktion, eingehoben und auf dem vorhandenen Widerlager und dem Montagegerüst abgelassen.

Die Kranarbeiten dauerten nur zwei Tage. Nach weiteren sieben Wochen konnte die Brücke für den Fuß- und Radverkehr wieder geöffnet werden. Von der Demontage bis zur Wiedereröffnung dauerte es nur 14 Wochen. Die Laufzeit des gesamten Projekts, von Beginn der Ausführungsplanung bis zur Fertigstellung, betrug rund neun Monate. Heute steht sie da als wäre sie schon immer da gewesen.

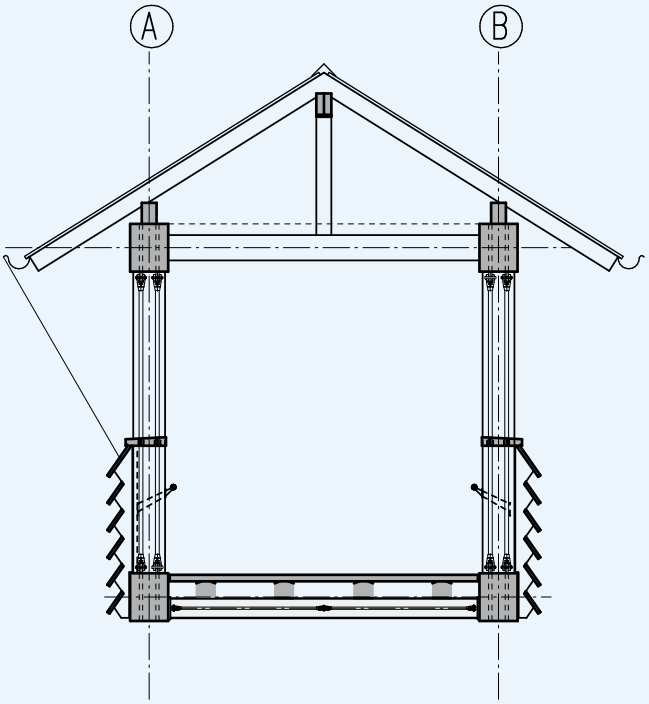
// Einheben des dritten Brückenabschnitts. Die einzelnen Segmente bestehen aus den seitlichen Fachwerken, den unten und oben liegenden Verbänden, dem Belag und der seitlichen Verschalung. //

// Überprüfung und anschließende Verladung des Brückenzugs. Die Dachkonstruktion wurde erst vor Ort ergänzt, da sonst die zulässigen Abmessungen für den Transport überschritten worden wären. //

01



02

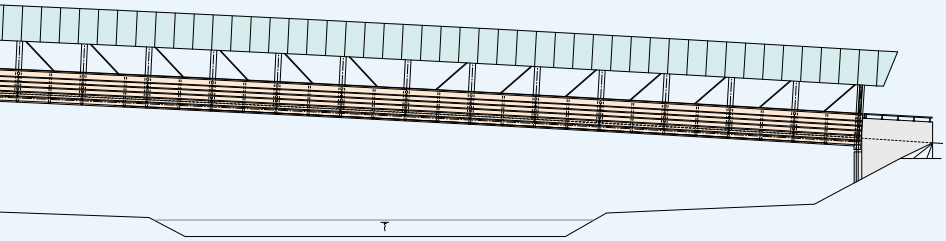


01 **Seitenansicht**
Das insgesamt 85 m lange Brückenbauwerk über Fluss und Bundesstraße ist als Dreifeld-System geplant mit Einzelstützweiten von 23,80 m, 3,50 m und 57,80 m.

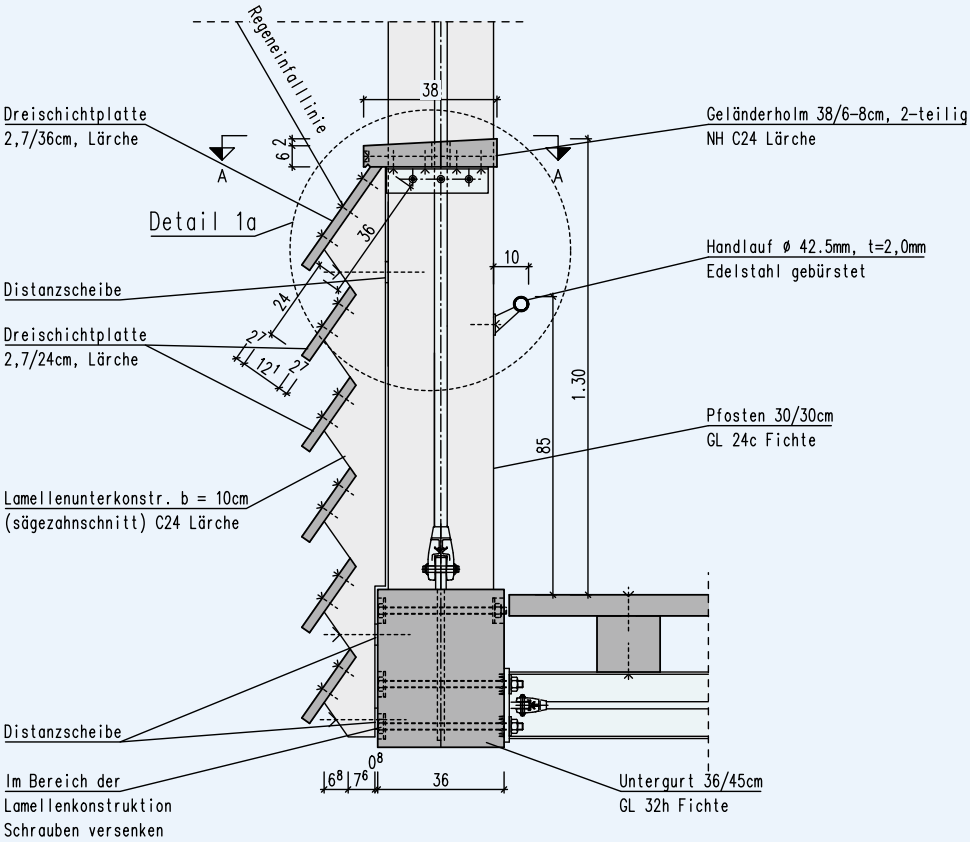
02 **Regelquerschnitt (zweiteiliger Gurtschnitt)**
Der gegenüber dem Vorgängerbau vergrößerte Dachüberstand ermöglichte es, den seitlichen Witterungsschutz ab Oberkante Belag von 1,90 m auf 1,30 m Höhe zu reduzieren.

03 **Detail Geländer- und Untergurtbereich**
Wetterschutzlamellen und Brüstungsbrett aus Lärchenholz dienen als konstruktiver Holzschutz für die Untergurtebene des Haupttragwerks.

02 // Lörrach



03



03 // **Neckartenzlingen**

/ Blockträger-brücke

/ Stufenweise überbrückt

Seit März 2017 hat die Gemeinde Neckartenzlingen im Landkreis Esslingen ein neues Vorzeigeobjekt: Die Fußgänger- und Radwegbrücke über den Neckar. Nicht nur ist die Brücke mit dem raffiniert gestuften Brettschichtholz-Träger in dieser Art bisher einzigartig in Deutschland, sondern die darin verbauten 255 m^3 Holz speichern auch über 200 Tonnen CO_2. Auf diese Weise betreibt die Gemeinde ganz bewusst angewandten Klimaschutz.

03 // Neckartenzlingen

255 M^3 HOLZ
SPEICHERN
200 TONNEN CO_2

03 // Neckartenzlingen

Bauherr . Gemeinde Neckartenzlingen . Neckartenzlingen
Tragwerksplanung . Ingenieurbüro Miebach . Lohmar

KLIMASCHUTZ IN SEINER SCHÖNSTEN FORM

/ Mit drei Feldern den Fluss überbrückt

Die Brücke ist Teil der Streckenführung des Neckartalradweges und fügt sich mit eigener Ästhetik in die Umgebung ein. Sie folgt im Grundriss einer flachen S-Form, die sich an dem anschließenden Wegeverlauf orientiert, sodass Weg und Brücke natürlich ineinander übergehen. Die Feldweiten der knapp 96 m langen, als Dreifeldträger angelegten Konstruktion ergeben sich aus Lage und Breite des Flusses und der zu verbindenden Ufer; die beiden Felder über den Vorlandbereichen sind im Grundriss gebogen. Der Brückenkörper lagert auf zwei Mittelpfeilern und den Widerlagern aus Stahlbeton.

Tragsystem mit Gelenken für optimale Trägerlängen

Die Ausformung des blockverklebten Brettschichtholz-Trägers in Brückenlängsrichtung ergibt sich aus der Beanspruchung und liefert dadurch eine effiziente Materialausnutzung; die Abstufung in Querrichtung dagegen ist Teil des konstruktiven Holzschutzkonzeptes.

Um die Brückenträger in sinnvolle Transport- und Montagelängen einteilen zu können, wählten sie als Tragsystem den Durchlaufträger mit Gerbergelenken. Die Gelenke wurden im Mittelfeld, in den Punkten des Momentennulldurch-

ganges, angeordnet. Der Dreifeldträger „zerfällt" damit für die Montage zu zwei im Grundriss gebogenen Einfeldträgern mit Kragarmen und einem Mittelteil als Einhängeträger. Die Gerbergelenke sind damit gleichzeitig die Montagestöße.

Trägerverlauf korrespondiert mit Momentenverlauf

Über die Länge der Brücke passt sich die Trägerhöhe entsprechend der Momentenlinie an, sodass sich im Bereich der Stützmomente über den Pfeilern die größte Querschnittshöhe ergibt.

Für den Einhängeträger haben die Planer über eine gewisse Länge eine konstante geringe Querschnittshöhe gewählt, die zu den Gelenken hin wieder zunimmt.

Der Brückenkörper wurde aus Transport- und Montagegründen, aber auch um ein Leerrohr zu integrieren, in Richtung der Brückenlängsachse halbiert und besteht aus sechs Einzelträgern: vier gekrümmte Brückenträger und zwei gerade Träger. An den Außenseiten wurden sie in Höhenabstufungen zurückgenommen, so dass sich ein abgetreppter, nach unten schlanker werdender Querschnitt ergibt.

Für diese Geometrie bot sich besonders die Blockverklebung an, da die Bauteile bereits vor der Verklebung zugeschnitten werden können und durch die Verklebung die abgetreppte Form erhalten. Aufwändige Fräsungen wie sie bei Rundungen oder Ähnlichem erforderlich wären, entfallen.

Die Träger wurden mit einem Abstand montiert. Die Montage der Bogenträger erfolgte vor Ort, das Mittelteil dagegen wurde bereits im Werk zusammengebaut und als Ganzes auf die Baustelle gebracht. Um direkt unter der Fahrbahn ein Entwässerungsrohr unterzubringen, hat man die Träger im oberen Bereich zusätzlich ausgespart, sodass das Rundrohr wie in einer rechteckigen Röhre liegt.

Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades dauerte die reine Brückenmontage nur knapp drei Tage. Im Anschluss erfolgten die Restarbeiten, wie zum Beispiel das Verlegen der Betonplatten, der Einbau der Rohre, die Montage der Geländer mit Handläufen aus Accoya-Brettschichtholz und das Anbringen der Beleuchtung.

// Im Mittelfeld der Brücke wurden zwei Gerbergelenke angeordnet. So ergeben sich bei der Montage von den Widerlagern ausgehend zwei Einfeldträger mit Kragarm. Ein Einhängeträger verbindet sie und vervollständigt das System zum Dreifeldträger. //

// Die Brücke erhielt einen schützenden Belag aus Betonfertigteilen sowie ein Geländer mit horizontalen Edelstahlseilen und einem Handlauf aus acetyliertem Brettschichtholz. Das sanfte Längsgefälle sorgt für eine gute Entwässerung bei Regen. //

Holzschutz: Geschlossene Fahrbahn und abgestufte Seiten

Die Brücke ist als geschützte Bauweise eingestuft. Der seitliche Überstand des Belages sowie die veränderliche Querschnittsbreite sorgen dabei für einen ausreichenden Schlagregenschutz.

Darüber hinaus wurde ein geschlossener „dichter" Belag ausgewählt. Dieser besteht aus Stahlbeton-Fertigteilen mit unter den Bauteilfugen angeordneten Entwässerungsrinnen. Zusätzlich wurden die Bauteilfugen noch dauerelastisch verfüllt und auf dem Brückenkörper eine diffusionsoffene Schalungsbahn angeordnet. Für die Entwässerung der Fahrbahn sorgen Längs- und Quergefälle. Um die Brettschichtholz-Träger vor Kondenswasser zu schützen, erhielten sie zusätzlich eine (transparente) Beschichtung. Sie dient auch als UV-Schutz, um das Erscheinungsbild der Brücke möglichst lange vor Verfärbungen bzw. Vergrauung zu schützen.

Zum Holzschutzkonzept der Brücke gehört auch ein Feuchte-Monitoringsystem, das über den Mittelpfeilern in Form einer Feuchte-Mess-Lamelle angebracht ist.

Lebensdauer: Zwischen 80 und 100 Jahren

Laut dem Bundesverkehrsministerium liegt die Nutzungsdauer von konstruktiv geschützten Holzbrücken bei 60 Jahren. Mit entsprechender Wartung und Pflege besteht eine Holzbrücke nach Auffassung der Planer jedoch problemlos weitere 40 Jahre darüber hinaus.

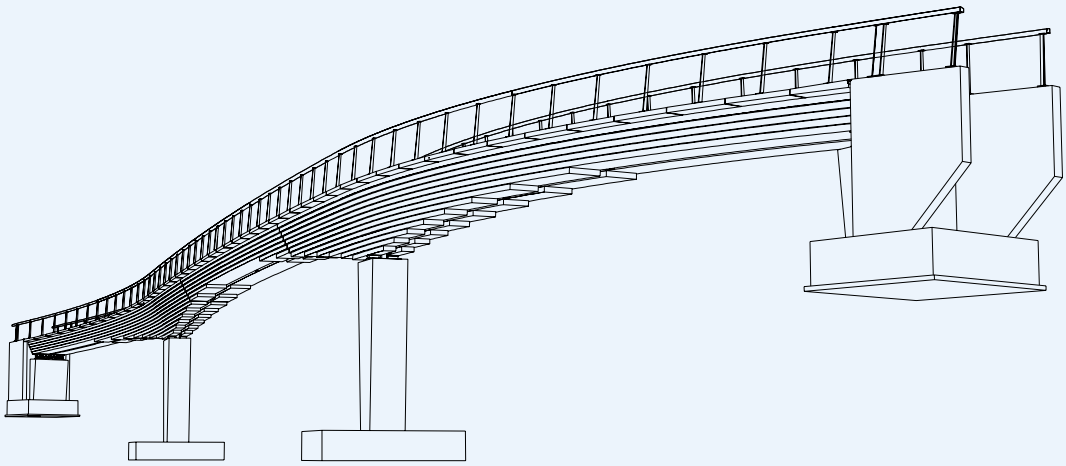
Bauherr . Royal Government of Bhutan . Ministry of Home and Cultural Affairs
Tragwerksplanung . Walt + Galmarini AG . Zürich (Schweiz)

TRADITION DURCH MODERNE ODER NEUE KONSTRUKTION IN ALTEM KLEID

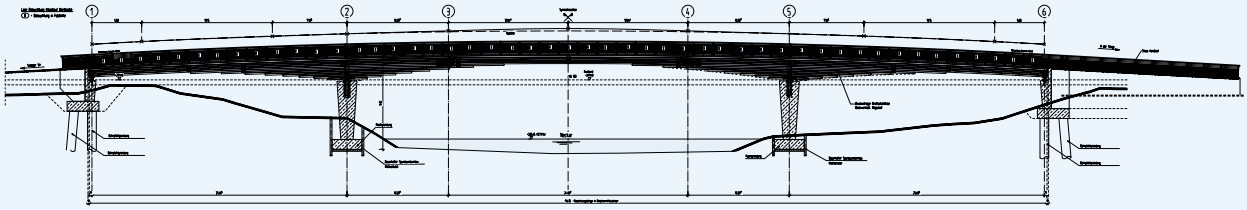
Eine zerstörte Kragbrücke zur Klosterburg in Punakha, Bhutan, wurde nach dem Vorbild der traditionellen Brückenarchitektur, wie sie im Himalaya seit Jahrhunderten gebräuchlich ist, wieder errichtet. Punakha liegt auf etwa 1100 m Höhe. Die Klosterburg, der sogenannte Dzong, verband bis 1968 eine 35 m lange Holzbrücke aus dem 17. Jahrhundert mit dem anderen Ufer. Dieses Bauwerk wurde durch eine Flutwelle zerstört, als Gletscherabbrüche einen Hochgebirgssee zum Bersten brachten. Dabei hatte die Flutwelle das Flussbett verbreitert, was die Spannweite der neuen Brücke von den ursprünglich 35 m auf 55 m vergrößerte.

Das äußere Erscheinungsbild der neuen Konstruktion sollte trotz dieser veränderten Bedingungen der traditionellen Kragbrücken-Architektur im Himalaya entsprechen: zwei Kragarme und ein verbindendes Mittelstück. Die Kragarme bestanden meist aus Baumstämmen, die am Ufer mit Steinen als Gegengewicht beschwert wurden. Je größere Spannweiten man baute, desto mehr Gegengewicht benötigte man. Daraus entstanden die Auflagertürme. Das Konstruktionsprinzip wurde für das neue Tragwerk weitgehend übernommen, aber mit Abspannungen ergänzt, damit ein Freivorbau mit einer Auskragung von 21 m möglich war. Der Gesamtquerschnitt der Kragbalken besteht bei den Einspannungen in den Türmen aus neun nebeneinander liegenden Stapeln von je fünf Balken mit Balkenlängen bis zu 22 m. Die Balken wurden bei der Montage untereinander, jeweils zweilagenweise über spezielle, etwa 1,50 m lange Gewindestäbe zu einem nachgiebigen Verbundträger verschraubt. Erst die Gewindestäbe ermöglichten die Herstellung eines solchen überdimensionalen Verbundträgers mit einer Breite von fast 3,50 m und einer Höhe von 2,50 m an den Einspannstellen.

01



02



01 **Isometrie**
Der abgestufte Brückenkörper ist dreiteilig. Die Längen der Einzelteile sind nicht identisch mit den Abständen der Auflager: Zwei Träger spannen vom Widerlager über die Mittelpfeiler und kragen über ihn hinaus aus. Das Mittelteil wird dazwischen eingehängt.

01 **Längsschnitt**
Vorlandbereiche. Das Mittelfeld hat eine Spannweite von 44,50 m, die Randfelder jeweils eine von 25,65 m.

// kreuz und quer //

Bauherr . Tomio Yano . Yusuhara (J)
Architektur / Tragwerksplanung . Kengo Kuma & Associates . Tokio (J)

EINE MUSEUMSBRÜCKE IN BALANCE

Der weltberühmte japanische Architekt Kengo Kuma experimentiert immer wieder mit Konstruktionen aus Vierkanthölzern. Ein besonderes Beispiel ist das 2012 errichtete „Wooden Bridge Museum“ in Yusuhara, einer kleinen Stadt in der waldreichen Landschaft im Südwesten Japans. In dieser Region spielt Holz eine wichtige Rolle. Hier finden sich noch heute viele Holzhäuser, vornehmlich aus Zedernholz. Bei diesem ungewöhnlichen Projekt erkundete der Architekt erneut die klassische chinesisch-japanische Bautechnik, bei der Hölzer mit kleinen Querschnitten horizontal übereinander gestapelt werden und schichtweise auskragen. Dies geschieht hier bei einem Brückenbauwerk, dessen Lasten zu einem mittigen Pfeiler geführt werden. Darauf balanciert ein langer, schmaler Raum, der als Ausstellungsfläche für ein Museum dient, aber auch Wohnungen und Künstlerateliers aufnimmt. Das Brückenmuseum stellt eine Neuinterpretion traditioneller japanischer Architektur dar.

Kengo Kuma folgt in seinen Bauten der Philosophie, die natürliche Umgebung zu respektieren und nicht zu dominieren. Er begrenzt die Höhe seiner Gebäude und nutzt am Ort verfügbare Ressourcen. Sein Ziel ist es, neue Wege zu finden, mit altbewährten, einfachen, natürlichen Materialien wie Holz und Stein umzugehen und diese in einem modernen Kontext zu verwenden. Die Materialien verleihen seinen Gebäuden immer einen besonderen Charakter und stärken den lokalen Bezug.

04 /// **Hausach**

/ Pylonbrücke

/ Schlank mit ausgeprägter Taille

Der Frohnausteg, die neue Fußgängerbrücke bei Hausach im Schwarzwald, verbindet seit September 2008 die Stadt Hausach mit dem Frohnautal. Ihre Entstehung hat sie vor allem der Verlegung des berühmten Westwegs, einem Fernwanderweg von Pforzheim nach Basel, zu verdanken.
Er führte vor dem Bau der Brücke vom Spitzfelsen, einem nahe gelegenen Aussichtspunkt des Westwegs, hinunter zur Landstraße und auf geteertem Weg nach Hausach hinein. Auf der neuen Route gelangt man nun über den 75 m langen Frohnausteg direkt in die Stadt.

Einen großen Teil der Kosten hat der Naturpark Schwarzwald Mitte/Nord übernommen, dem sehr daran gelegen war, einen der ältesten Wanderwege Deutschlands besser zu vermarkten. Nutznießer sind natürlich auch die Frohnauer, deren Kinder nun einen kürzeren und sichereren Weg in die Schule nach Hausach haben.

04 // Hausach

ERLEBNIS FLUSSÜBER-
QUERUNG

/ Dynamische Linien laden zum Gang über die Brücke ein

Die Transparenz im Bereich über dem Flussbett und die überspannende Stahlkonstruktion markieren eine Art Aussichtspunkt auf der Brücke und laden zum Verweilen ein. Aufgrund der Überhöhung der Hauptträger hängt die Brückenunterkante in der Seitenansicht optisch nicht durch. Zusammen mit der Verjüngung der Träger von der Oberseite aus verleiht dies der Brücke einen dynamischen Charakter.

Die Seitenwände an den Brückenenden weiten sich auf und bilden mit den Betonwiderlagern einen markanten Anfangs- und Endpunkt, die dazu einladen, über die Brücke zu gehen. Beides gliedert den Weg und macht das Bauwerk, den Ort und das Wasser für den Passanten erlebbar.

Stützweiten ergeben sich aus Gelände- und Flussverlauf

Um die knapp 75 m zu überspannen, entschieden sich die Planer für eine Pylonbrücke mit drei Feldern. Die Feldweiten des Tragwerks ergeben sich aus der Lage des Flusses und der zu verbindenden Ufer. Die lichte Weite des Trogquerschnitts entspricht mit 1,50 m den Vorschriften für reine Fußgängerbrücken.

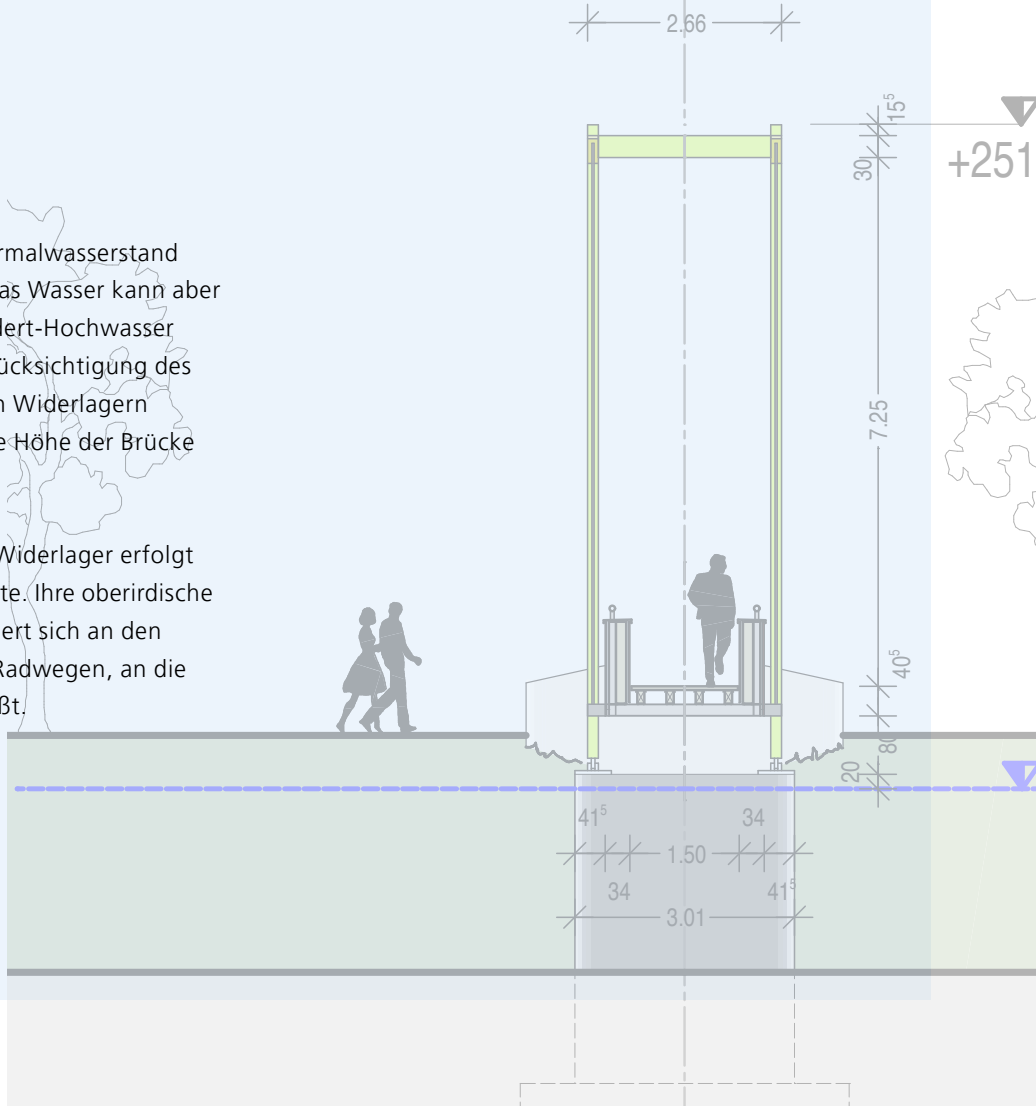
Die Brücke lagert auf zwei Mittelpfeilern – einmal indirekt über den seitlichen Anschluss an den eingespannten Pylon – und den Widerlagern auf. Alle Auflager sind in Stahlbeton ausgeführt.

04 // Hausach

// Im Mittelfeld der Brücke wurden zwei Gerbergelenke angeordnet. So ergeben sich bei der Montage von den Widerlagern ausgehend zwei Einfeldträger mit Kragarm. Ein Einhängeträger verbindet sie und vervollständigt das System zum Dreifeldträger. //

Der Fluss ist bei Normalwasserstand etwa 1,25 m tief. Das Wasser kann aber bei einem Jahrhundert-Hochwasser (HQ 100) unter Berücksichtigung des Freibords bis zu den Widerlagern ansteigen. So ist die Höhe der Brücke ausgelegt.

Die Gründung der Widerlager erfolgt mit einer Bodenplatte. Ihre oberirdische Ausformung orientiert sich an den Straßen, Fuß- und Radwegen, an die die Brücke anschließt.



Die Abspannungen der Hauptträger bringen Vorteile

Das Tragwerk besteht aus zwei gekrümmten Brettschichtholz-Hauptträgern, die gleichzeitig die Brüstung bilden, sowie aus Holz-Nebenträgern und U-förmigen Querrahmen aus Stahl. Der wie ein Tor anmutende Stahlpylon aus Rundrohren spannt die Hauptträger in den Drittelspunkten des mittleren Feldes mit Stahlseilen zum Widerlager des kurzen Endfelds hin ab.

Statisch betrachtet bilden diese Abspannungen weitere Auflager der Träger, deren Lasten der Pylon über Zugstäbe in das Endwiderlager ableitet. Die Abspannungen brachten einige Vorteile: Das Mittelfeld konnte so vergrößert werden, dass keiner der Brückenpfeiler unter Annahme des Normalwasserstands im Flussbereich gegründet werden musste. Sie ermöglichten außerdem, die Querschnittshöhe der Hauptträger zur Flussmitte hin kontinuierlich zu reduzieren. Dies setzten die Planer mit geschwungenen Binderoberseiten um. Die Ausrundungen folgen verschiedenen Radien, die ineinander übergehen.

Gestalterisch war das eine schöne Idee. Denn eine Geländerkonstruktion mit Edelstahlnetz ergänzt die sich verändernde Trägerhöhe zu- und abnehmend auf die erforderliche Brüstungshöhe und gibt dem Passanten nach und nach den Blick auf den Fluss frei. Zu guter Letzt ließ sich auch die Schwingungsanfälligkeit der Brücke durch die Abspannungen reduzieren.

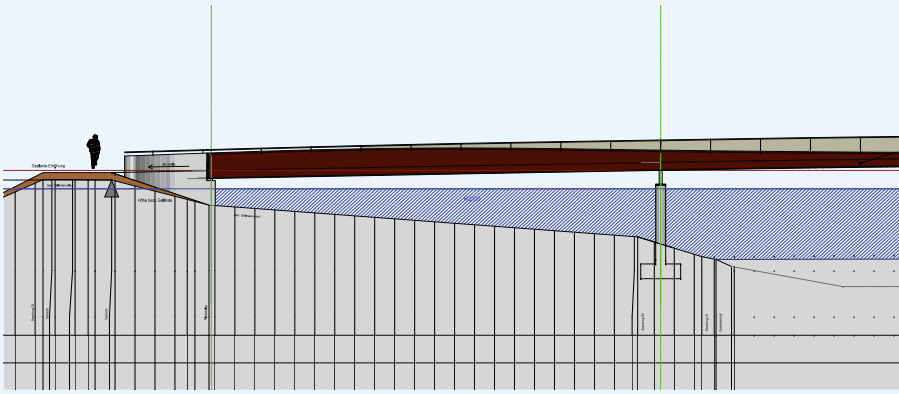
Rundum-Bekleidung bringt optimalen konstruktiven Holzschutz

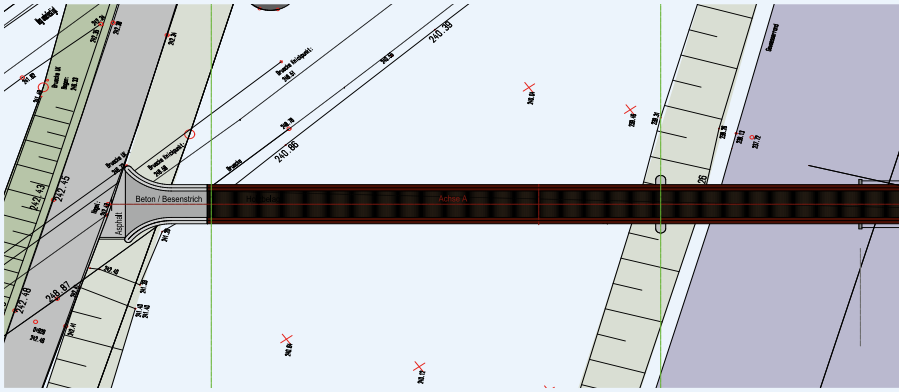
Um das Holztragwerk fachgerecht vor Witterungseinflüssen zu schützen, hielten sich die Planer an die Grundlagen und technischen Regeln der Holzbrückennorm DIN 1074. Demnach entspricht die Konstruktion einer „geschützten Brücke“, das heißt ihre tragenden Teile wurden so bekleidet, dass sie vor freier Bewitterung geschützt sind.

// Das 35 m lange, vorgefertigte Brückenteil mit Schalung, Belag und Geländerpfosten, das vom langen Endfeld 12,5 m ins Mittelfeld hinein ragt. //

// Anlieferung der Brettschichtholz-Hauptträger auf dem Gelände der ausführenden Holzbaufirma zur Vorfertigung der Brückenteile. //

01 + 02





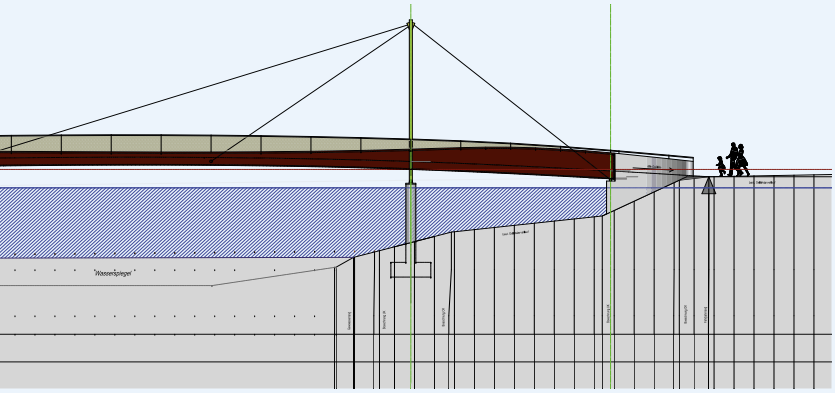
03

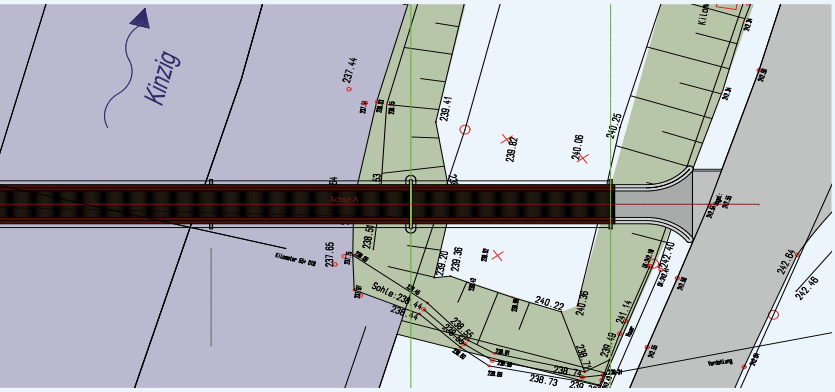
01 Längsschnitt
Die knapp 75 m lange, dreifeldrige Trogbrücke lagert auf zwei Mittelpfeilern. Ihre Feldweiten: 22,50 m - 32,50 m - 10 m. Sie ist leicht überhöht ausgeführt.

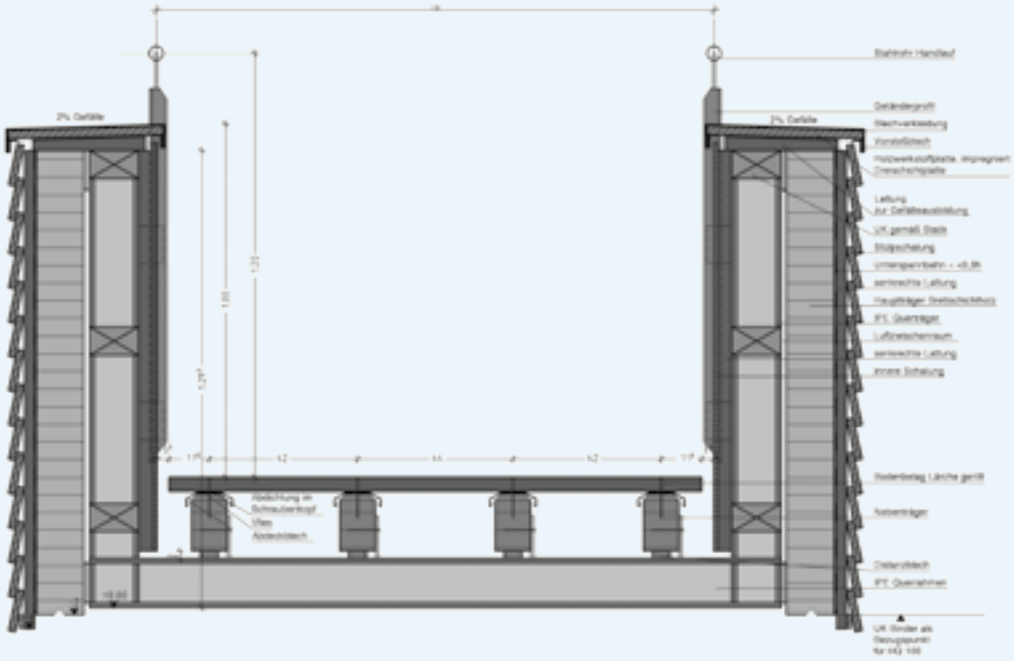
02 Grundriss
Die Brücke hat eine Breite von etwa 2,40 m. Die lichte Weite der Gehbahn liegt bei rund 1,50 m und entspricht damit den Vorschriften für reine Fußgängerbrücken.

03 Querschnitte
Trogbrücke mit variierenden Höhen der Brettschichtholz-Hauptträger, die an die Schenkel der U-Rahmen angeschlossen sind. Die größte Höhe der Hauptträger ist 1,38 m, die kleinste 60 cm.

04 // Hausach







05 /// **Lohmar**

/ Pylonbrücke

/ Aufgehängte S-Kurve für kürzere Wege

Die Aggerbogenbrücke bei Lohmar-Wahlscheid, eine 68 m lange und 2 m breite Fußgänger- und Radwegbrücke, spannt mit großzügigem Schwung über die Agger, einem Fluss, der im Bonner Raum in die Sieg mündet und dann in den Rhein fließt. Seit ihrem Bestehen erspart sie größere Umwege bei der Erkundung des Landschaftsraums „Aggerbogen", der als Lehrgelände dient. In diesem Kontext galt es ein Bauwerk zu gestalten, das sich dezent in die örtlichen Gegebenheiten einfügt.

Wesentliches Gestaltungsmerkmal ist der im Grundriss S-förmige Brückenkörper in Anspielung an den Verlauf des Flusses. Aufgehängt an zwei abgespannten Stahlpylonen steigert sie den Erlebniswert dieses Ortes und verbindet unauffällig auffällig Nord- und Südwahlscheid. Seit Fertigstellung im Jahr 2013 ist sie auch Teil des familienfreundlichen Radweges des Agger-Sülz-Korridors.

05 // Lohmar

Bauherr. Stadt Lohmar
Tragwerksplaner. Ingenieurbüro Miebach. Lohmar

SCHWUNGVOLL ÜBER DIE AGGER

/ Kompakter Brückenkörper schafft fließende Übergänge

Der zweifach gebogene Brückenkörper besteht aus blockverklebtem Brettschichtholz und ist an zwei abgespannten Stift-Pylonen aufgehängt, was nur wenige Fundamente erforderlich machte. Elegant schwingt der Träger im Bogen an den Pylonen vorbei und schafft dadurch eine fließende Wegführung. Dieses Tragwerkskonzept hat den Vorteil, dass der Wegeverlauf der Brücke zwischen den parallelen Straßen dem natürlichen Fahrverhalten von Radfahrern entgegenkommt. Die annähernd parallele Anordnung der Rampen in Flussrichtung bietet einem Hochwasser zudem wenig Staufläche. Die Brücke hält dennoch den erforderlichen Hochwasserquerschnitt samt Freibord ein.

Das horizontale Fahrbahn-Band wirkt aufgrund seiner schlanken Form leicht und filigran. Holz war hierfür nicht nur aus ästhetischen Gründen die erste Wahl, sondern vor allem auch wegen des günstigen Verhältnisses zwischen Eigengewicht und Festigkeit. Ein Belag aus Naturstein rundet das Materialkonzept ab. Er ist dauerhaft und zugleich wichtiges Element für eine geschlossene Abdeckung des Holztragwerks, also Teil des konstruktiven Holzschutzes.

Geschwungener Block überspannt fünf Felder

Das statische System der fünf-feldrigen Pylonbrücke setzt sich im Wesentlichen aus einem horizontalen Element, dem Brückenkörper, und zwei vertikalen Elementen, den Stiftpylonen, zusammen. Der 54 cm hohe, zweifach gebogene Brückenkörper besteht aus fünf Teilen, aus vier horizontal gebogenen Trägern und einem geraden Trägerstück. Sie wurden im Werk aus Brettschichtholz (Fichte) blockverklebt und komplett vorgefertigt.

05 // Lohmar

// Auf jeder Uferseite steht ein nach hinten abgespannter Stiftpylon. Sie halten den Brückenkörper über einen schaukelähnlichen Auflagerbügel. //

Auf jeder Uferseite steht ein Stiftpylon, der zweifach nach hinten abgespannt ist und nach vorne, zum Brückenkörper hin, einen schaukelähnlichen Auflagerbügel sowie einen einseitig am Pylon anzuschließenden Stahlquerträger als Auflagerbügel hat. Beide „Bügel" hat man bereits bei der Vorfertigung im Werk in die gebogenen Träger eingepasst und später vor Ort montiert. Der eine Bügel wurde etwa in Bogenmitte eingefügt, der andere am auskragenden Bogenende. Diese „Schaukel-Bügel" sind gleichzeitig Aufhängung und Verbindungsstoß.

// Brückenschluss: Das gerade Mittelstück wird eingefügt. Die Schaukelbügel dienen hier außer zur Aufhängung auch als Stoßverbindung //

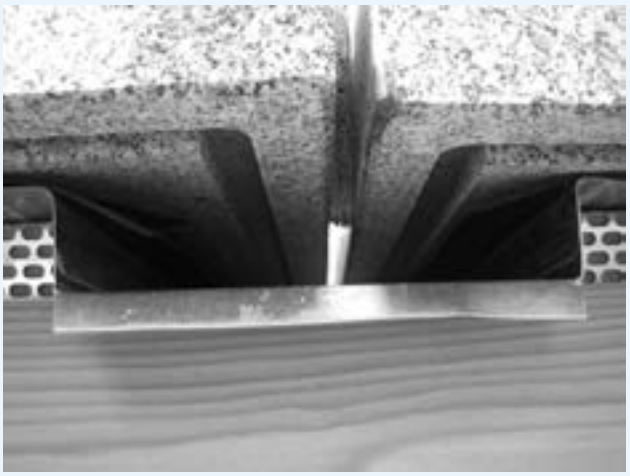
// Produktion der blockverklebten Brücken-Träger im Werk. //

So spannen die Bogensegmente als Zweifeldträger vom Widerlager bis zum Schaukel-Bügel und sind etwa auf halber Strecke über den integrierten Stahlträger am Pylon angeschlossen. Für die Montage dieser Brückenteile war kein Hilfsgerüst erforderlich, ein Kran genügte – auch zum Einsetzen des geraden, mittleren Trägerstücks am Schluss: Es musste nur als Einfeldträger zwischen den Bogenträger eingepasst und an sie angeschlossen werden. So ergibt sich der Fünffeldträger mit Feldweiten zwischen 11 m und 13,50 m.

Konstruktiver Holzschutz mit dreiseitiger Bekleidung

Um den konstruktiven Holzschutz zu gewährleisten, ist der Brückenkörper seitlich jeweils mit einer hinterlüfteten Lärchenholzschalung bekleidet und dadurch vor Schlagregen geschützt. Oberseitig erhielt er einen vollflächigen Belag aus großformatigen, 7 cm dicken Granitplatten – bis zum Fertigstellungszeitpunkt eine Neuheit bei Fußgänger- und Radwegbrücken. Dank moderner Fertigungsmethoden bei Natursteinwerken konnten die Platten so großformatig zu geschnitten werden, dass sich der Belag ausschließlich mit Querstößen herstellen ließ. Um einen geschlossenen Belag zu erhalten, sind unter den offenen Stoßfugen jeweils Rinnen aus Titanzinkblech angeordnet und sorgen für eine Querentwässerung. Mit diesem Belag gilt die Brücke als „geschütztes Bauwerk". Die Kosten für diesen Belag entsprechen in etwa denen eines Gussasphaltbelags.

05 // Lohmar



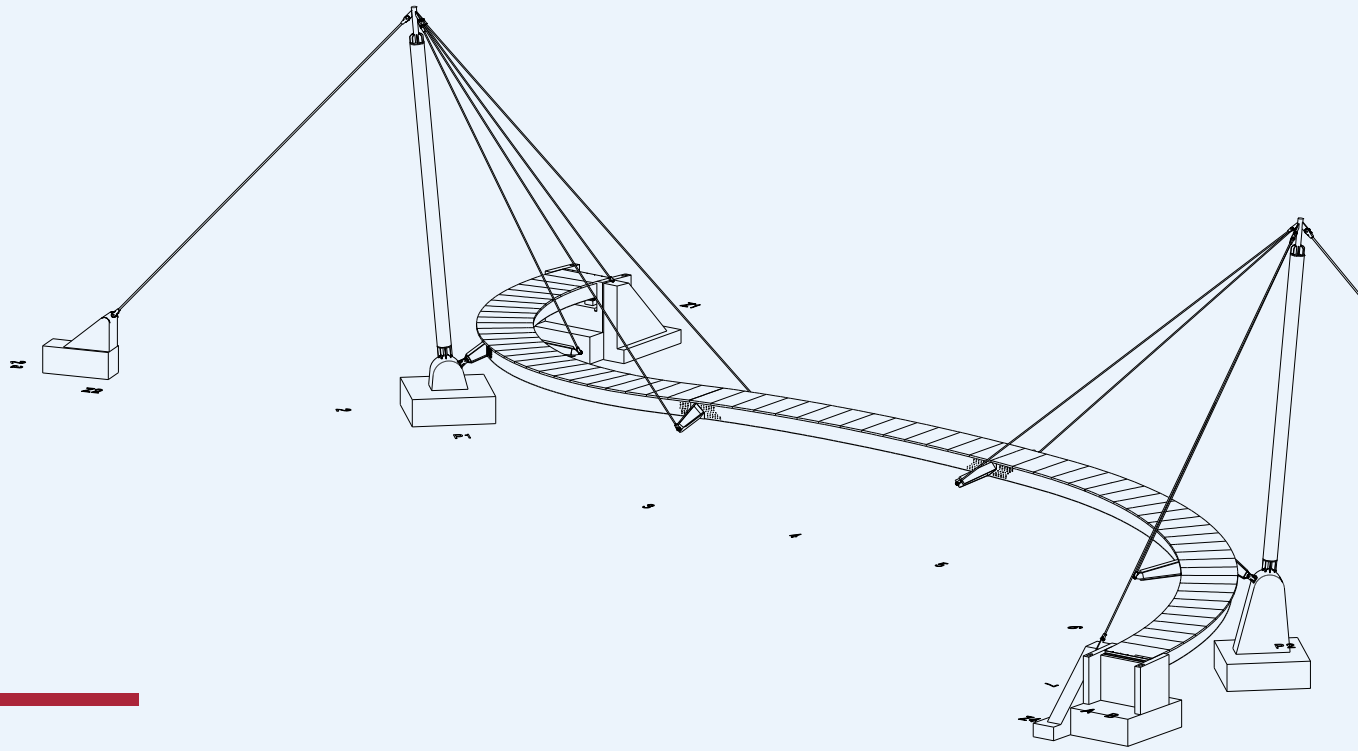
// Unter den offenen Plattenstößen des Granitbelags sind Blechrinnen zur Querentwässerung angeordnet. //

// Einer der beiden Schaukel-Bügel jedes Pylons ist an dessen Fußpunkt angeschlossen. //

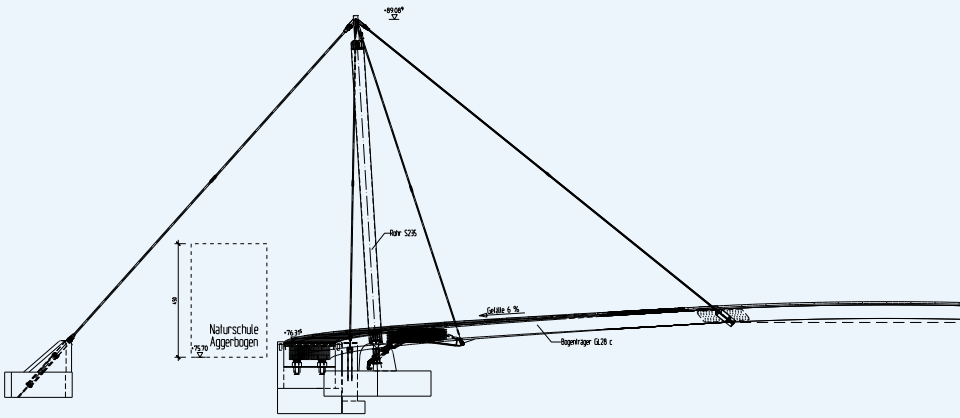
Der konstruktive Holzschutz sah von Anfang an eine geschlossene Abdeckung des Holztragwerks vor, denn die Brücke ist für eine Lebensdauer von mindestens 60 Jahren konzipiert. Der Handlauf des Stahl-Füllstabgeländers besteht aus „Accoya“, einem modifiziertem witterungsfestem Holz (acetyliertes Kiefern-Brettschichtholz). Die übrigen exponierten Bauteile wie z. B. die Pylone, die Zugstangen und das Geländer bestehen aus Stahl oder Beton.

Damit sich die Brücke gut und zurückhaltend in ihre Umgebung einfügt, sind alle Stahlteile in einem olivgrünen Farbton beschichtet.

01 + 02



03



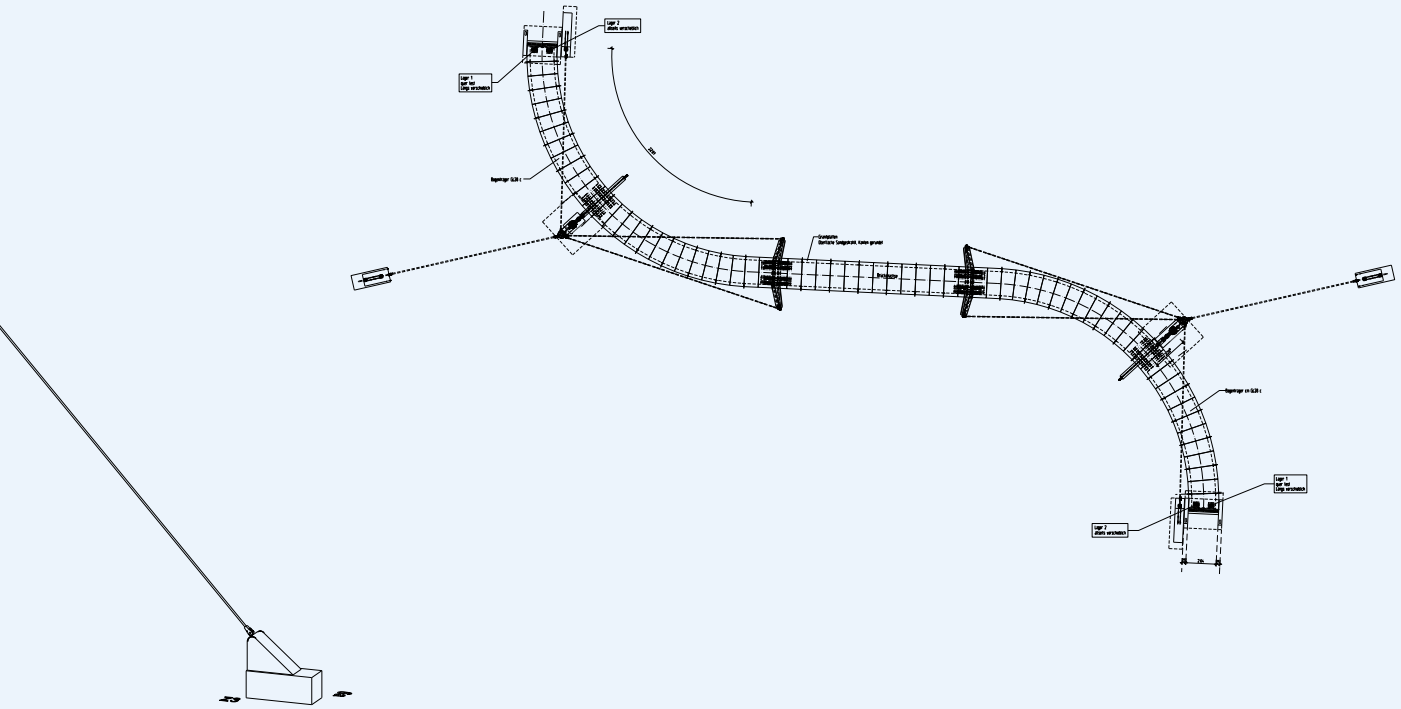
01 Isometrie
Der zweifach gebogene Brückenkörper ist etwa 62,30 m lang (Abwicklungslänge Achse) und besteht aus fünf Teilen: 2 x 2 horizontal gebogene Träger mit eine Achslänge von rund 11,40 m und einem geraden Trägerstück von rund 16,75 m.

02 Grundriss
Die beiden Bögen haben drei Auflager, dazwischen wird das gerade Mittelstück eingefügt.

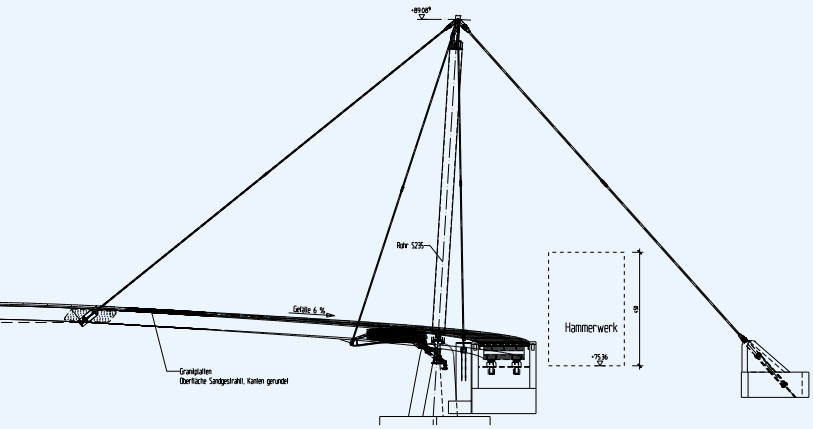
03 Längsschnitt
Der Brückenkörper ist an den zurückgespannten Pylonen aufgehängt und leicht überhöht ausgeführt.

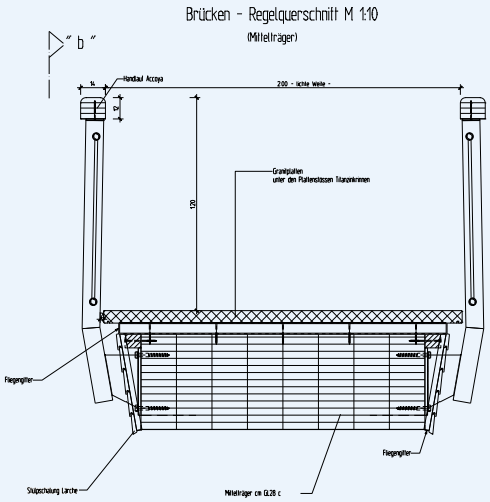
04 Regel-Querschnitt
Ein 1,60 m breiter und 54 cm hoher Brückenkörper bildet die knapp 2,30 m breite Brücke.

05 // Lohmar



04


Rohr 525x
Gefälle 6 %
Hammerwerk
Granitplatten
Oberfläche Sandgestrahlt, Kanten gerundet


Brücken - Regelquerschnitt M 1:10
(Mittelträger)
" b "
Handlauf Accoya
200 - lichte Weite -
Granitplatten
unter den Platten elastisch lagern
Fliegengitter
Fliegengitter
Stützschalung Lärche
Mittelträger cm GL28 c

06 // **Gera-Ronneburg**

/ Spannbandbrücke

/ Erlebnisbrücke „Drachenschwanz“

Im Jahr 2007 fand die Bundesgartenschau im ostthüringischen Ronneburg und in Gera statt. In der „Neuen Landschaft Ronneburg“, einem ehemaligen Uranerz-Abbaugebiet, verbindet die 225 m lange „Drachenschwanz“-Brücke zwei Ausstellungsbereiche miteinander, nämlich den Ronneburger Balkon mit dem „Arboretum“, einem Gelände mit allen wichtigen Baumarten der nördlichen Erdhalbkugel. Die Brücke ist als Fuß- und Radwegbrücke konzipiert und Teil des Fernradweges „Thüringer Städtekette“, der von Altenburg nach Creuzburg quer durch Thüringen verläuft. Das Besondere an dieser Brücke ist, dass hier erstmalig ein Spannband aus einer kompakten, blockverklebten Brettschichtholzplatte ausgeführt wurde, die durch eine spezielle Ausbildung gegen Schwingungen stabilisiert ist. Seit Mitte 2006 überspannt sie das etwa 25 m tiefe und zwischen 200 m bis 300 m breite Gessental als längste Spannbandbrücke Europas.

06 // Gera-Ronneburg

AUF UND AB

/ Geschwungenes Holzband, tailliert und aufgedoppelt

Der Entwurf des Architekten sah eine Spannbandbrücke aus blockverklebtem Brettschichtholz mit nur 50 cm Konstruktionshöhe vor. Der größtenteils auf Zug beanspruchte Holzquerschnitt mit veränderlicher Breite spannt wie ein Seil von Beton-Widerlager zu Beton-Widerlager. Dazwischen stützen ihn zwei „Baumgruppen“ aus einer verzweigten Stahlrohrkonstruktion und lenken ihn sanft um. Die Spannweiten aller drei Felder liegen zwischen 70 m und 80 m.

Die Gehbahn ist im Grundriss „tailliert“ ausgebildet. Das dient einerseits konstruktiv der Versteifung gegen Torsionsschwingungen und andererseits funktional dem Betrieb der Brücke mit Aussichtsbereichen an den jeweils höchsten Punkten. Form und Funktion sind so zu einer einheitlichen Gestalt verbunden. Der Durchhang des Spannbandes wurde mit Hilfe von EDV-Berechnungen optimiert. Damit die Gehbahn nicht stellenweise zu steil wird, ist auf dem eigentlichen Spannbandträger eine Aufdopplung aufgeleimt, die jeweils zur Mitte des Durchhanges zunimmt. Sowohl die Taillierung als auch die Aufdoppelung sorgen dafür, dass unerwünschte Schwingungen des Spannbandes auf ein Minimum reduziert sind.

Zugkraftlastige Konstruktion ermöglicht schlanken Querschnitt

Die Zugkräfte in der Größenordnung von 800 Tonnen nehmen die massive Beton-Widerlager an den Enden des rund 225 m langen Bandes auf, sowie jeweils Erdanker, die in dem felsigen Boden verankert wurden. Dadurch dass die Lasten der Brücke hauptsächlich über Zugkräfte abgetragen werden, war es möglich, den Brückenquerschnitt extrem schlank auszuführen. Insgesamt galt es jedoch, den Durchhang des Spannbandes bzw. die Steigung der Gehbahn zu begrenzen, damit auch Rollstuhlfahrer die Brücke passieren können.

06 // Gera-Ronneburg

// Erlebnisbrücke „Drachenschwanz“ auf dem Gelände der BUGA 2007 in Gera-Ronneburg. Erstmals wurde ein blockverklebter Brettschichtholz-Träger als 225 m langes Spannband eingesetzt. In der Seitenansicht folgt es der Form einer hängenden Wäscheleine. //

Ein Strebenbock für die Lastabtragung

Die Baumstützen dienen im Wesentlichen als Auflager für die vertikalen Lasten. In Längsrichtung werden sie vom Spannband gehalten. Durch die Schrägstellung der Stahlrohre bildet sich ein Strebenbock aus. Damit entstehen in Querrichtung elastische Auflager, die die Horizontallasten aus Wind und Erdbeben in den Baugrund ableiten. Stahlbetonplatten bilden das Fundament der Baumstützen.

// Das Spannband liegt auf stählernen Strebenböcken auf. Kopplungselemente aus Stahl verbinden die Einzelteile des Spannbands, das sich dem Nutzer mit sanften Auf und Abs präsentiert. //

In Teilen vorgefertigt und aufgedoppelt

Das hölzerne Spannband wurde aus neun, bis zu 30 m langen Einzelteilen im Werk vorgefertigt, an die Baustelle transportiert, und dort mithilfe von Kopplungselementen aus Stahl untereinander und mit den Widerlagern verbunden. Die Kopplungselemente mit angeschweißten Blechfahnen wurden in das Spannband eingeschlitzt und mit Stabdübeln befestigt. Um die Passgenauigkeit dieser Verbindungen sicher zu stellen, wurden die einzelnen Spannbandteile für den Einbau der Kopplungen bereits im Werk in Position gebracht und probeweise verbunden. So vorbereitet konnten die Stöße auf der Baustelle schnell und problemlos montiert werden.

Für die Montage wurden die mit einer rechnerischen Überhöhung gefertigten Spannbandteilstücke auf einzelnen Montagetürmen aufgelegt und zusammengeschraubt, bzw. über den Pfeilern mit Bolzen gelenkig verbunden, um hier Zwängungen zu vermeiden.

Die Aufdoppelung wurde aus konisch geschnittenen Brettschichtholz-Balken hergestellt, die auf den blockverklebten Träger aufgeschraubt bzw. aufgeklebt wurden. Eine Furnierschichtholzplatte deckt die Konstruktion über die gesamte Breite des Trägers ab und ist mit Schnellbauschrauben an ihm befestigt, wodurch ein torsionssteifer Querschnitt entsteht. Die mechanischen Schraubverbindungen sollten zudem die Dämpfung der Brücke und damit das Schwingverhalten verbessern.

06 /// Gera-Ronneburg

Neun Einzelteile mal biegesteif, mal gelenkig angeschlossen

Die neun Brückenteile wurden auf der Baustelle biegesteife und durch gelenkige Anschlüsse zusammengefügt. Die gelenkigen Anschlüsse befinden sich an den beiden Widerlagern und an den Hochpunkten über den Baumstützen. In den drei Feldern liegen jeweils zwei biegesteife Stöße. Die Lasten wurden über Stahlblech-Holz-Stabdübel-Verbindungen in den Brettschichtholz-Block eingeleitet. Ein Stoß hatte die Bemessungszugkraft von 8.100 kN aufzunehmen. Dazu wurden pro Brückenteilanschluss bis zu 400 Stabdübel eingeschlagen.

An den Widerlagern wurde die Brücke an Stahlbetonbauteilen angehängt. Diese Auflagerpunkte boten als einzige Punkte der Konstruktion die Möglichkeit, geringfügige Herstellungsungenauigkeiten auszugleichen.

Konstruktiver Holzschutz für lange Lebensdauer

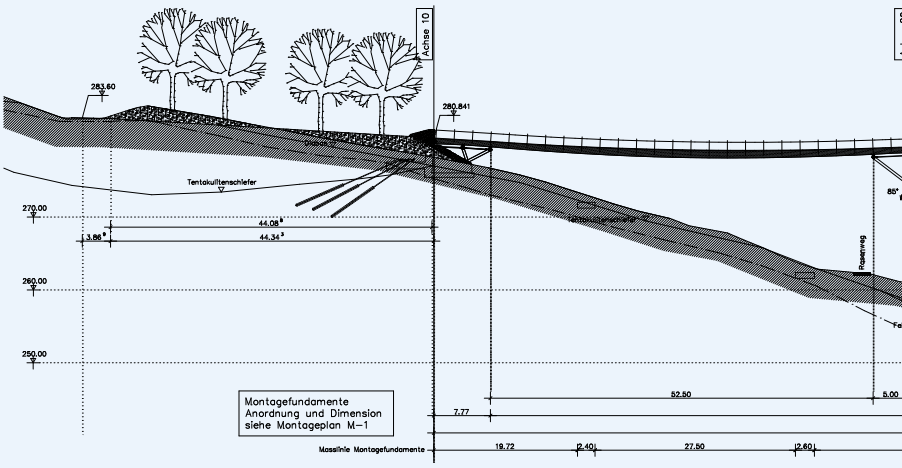
Auf einem Holzrost verschraubte, geriffelte Lärchenholzbohlen bilden den Gehbahn-Belag – diese Verschleißschicht lässt sich jederzeit erneuern. Der Rost liegt auf einer diagonal verlegten Aluminium-Stehfalz-Blechabdeckung auf, die an keiner Stelle durchdrungen wird. Die Befestigung erfolgte durch Haften auf der Furnierschichtholzplatte. Durch die Krümmungen der Brücke und die Diagonalverlegung fließt das Regenwasser immer nach außen ab. Die Blockträger sind seitlich mit hinterlüfteten Lärchenholz-Dreischichtplatten bekleidet. Damit ist die Tragkonstruktion vor einer direkten Bewitterung rundum geschützt.

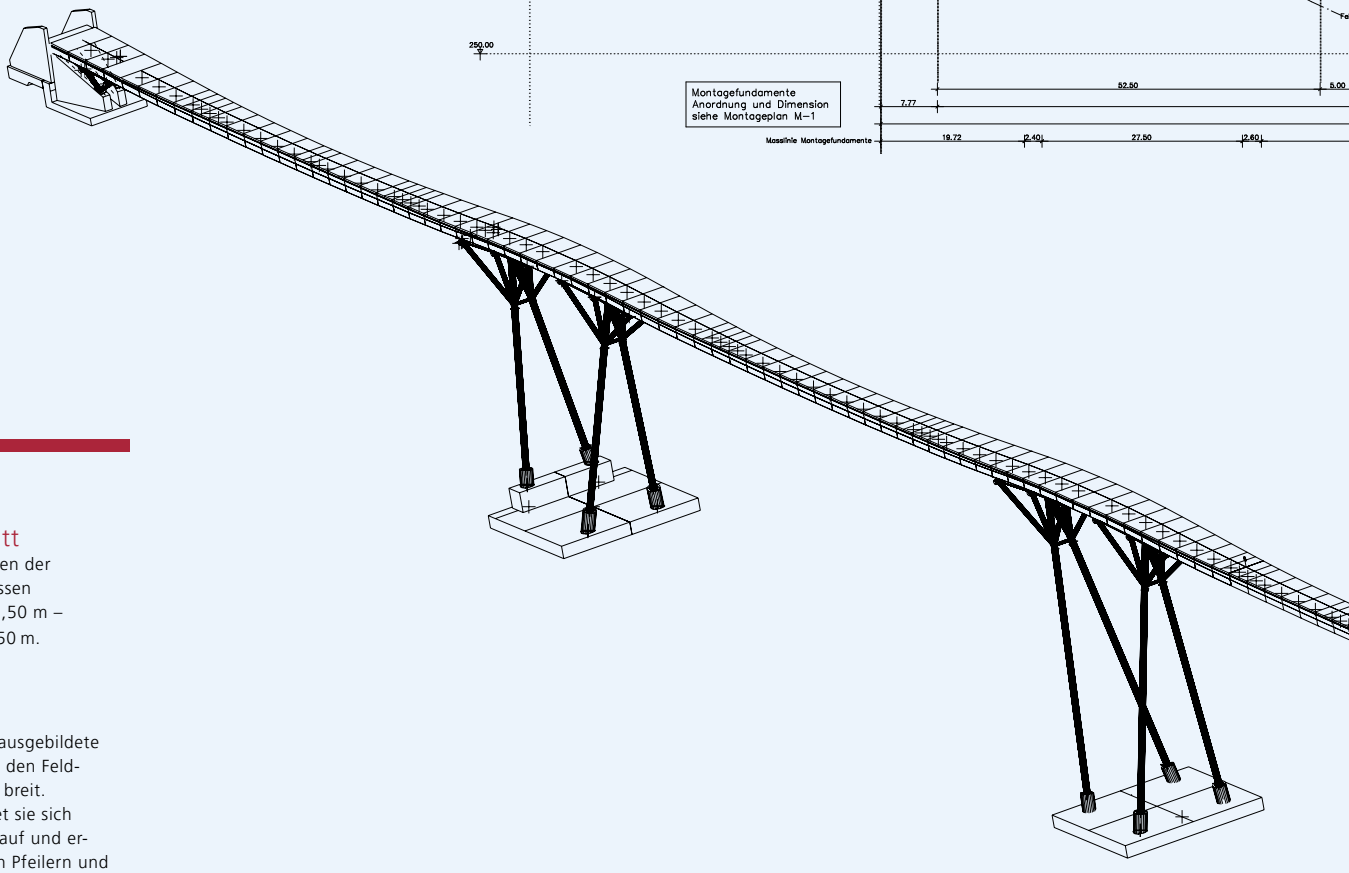
Die Pfosten, in die auch die Beleuchtung integriert ist, und der runde Handlauf des Geländers bestehen ebenfalls aus Lärchen-Brettschichtholz und sind als Verschleißteile gedacht. Dazwischen sind feuerverzinkten Stahlgitter-Elementen eingepasst, die „Füllung“ bildet Maschendraht.

Wirtschaftlichkeit

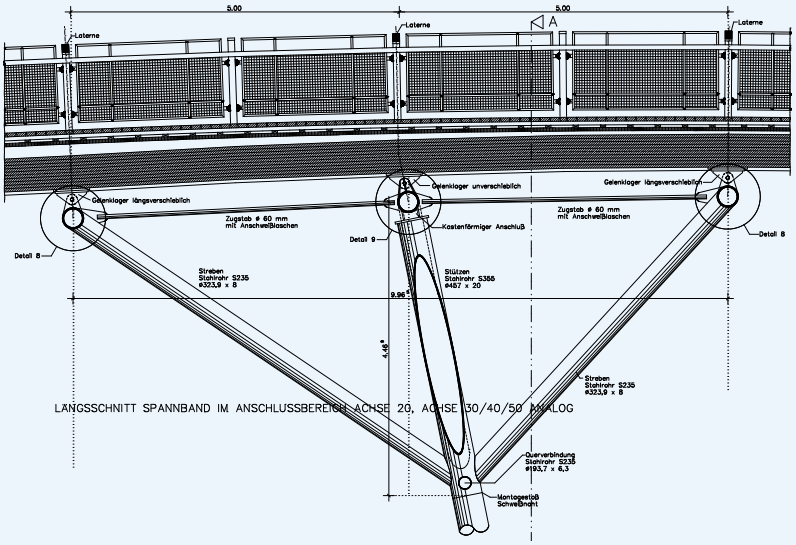
Eine Spannbandkonstruktion ist grundsätzlich effektiv und in dieser leichten und konsequenten Holzbauweise besonders wirtschaftlich So konnte die Brücke im vorgesehenen Budget von rund 1,7 Mio. Euro (brutto) realisiert werden.

01 + 02





03



LÄNGSSCHNITT SPANNBAND IM ANSCHLUSSBEREICH ACHSE 20, ACHSE 30/40/50 ANALOG

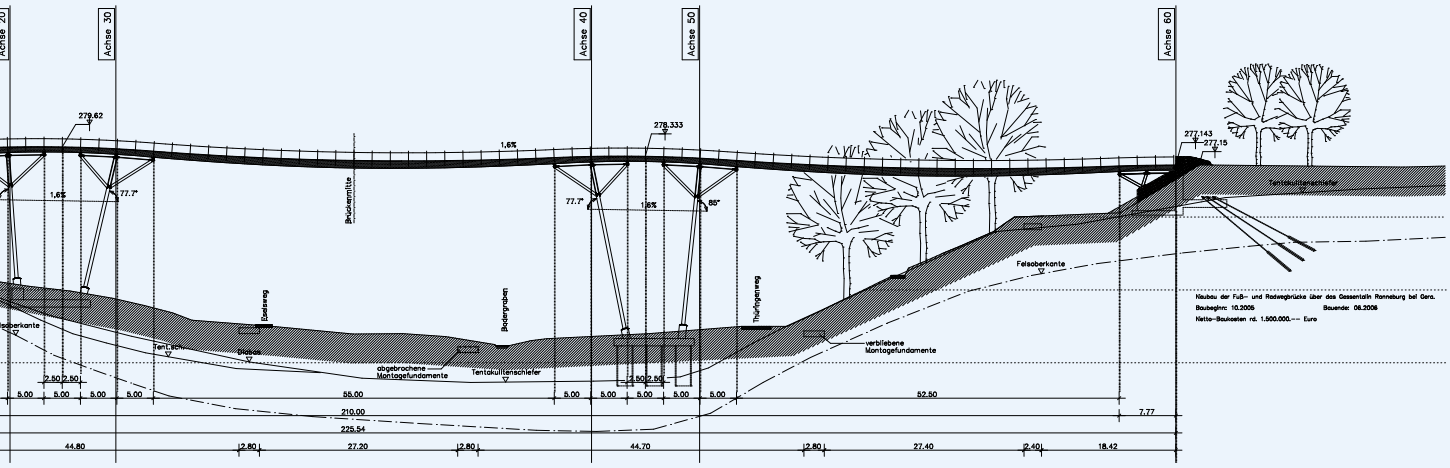
01 **Längsschnitt**
Die Spannweiten der drei Felder messen beachtliche 72,50 m – 80,00 m – 72,50 m.

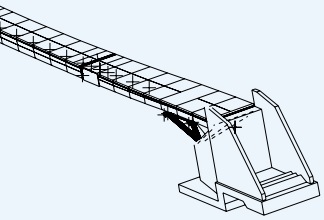
02 **Isometrie**
Die „tailliert“ ausgebildete Gehbahn ist in den Feldmitten 2,60 m breit. Von dort weitet sie sich kontinuierlich auf und erreicht über den Pfeilern und vor den Widerlagern 3,90 m.

03 **Längsschnitt-Detail**
Das Spannband aus blockverklebtem Brettschichtholz ist nur 50 cm hoch. Es ist an den Hochpunkten über den „Baumstützen“ gelenkig angeschlossen.

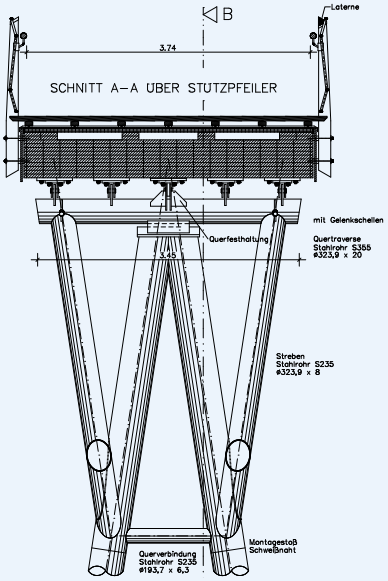
04 **Schnitt und Untersicht Stützpfeiler**
Damit die Gehbahn nicht stellenweise zu steil wird, ist auf dem eigentlichen Spannbandträger eine Aufdopplung aufgeleimt, die jeweils zur Mitte des Durchhanges hin zunimmt. Die Verstrebungen der Stützpfeiler dienen der optimalen Auflagerung und Lastaufnahme.

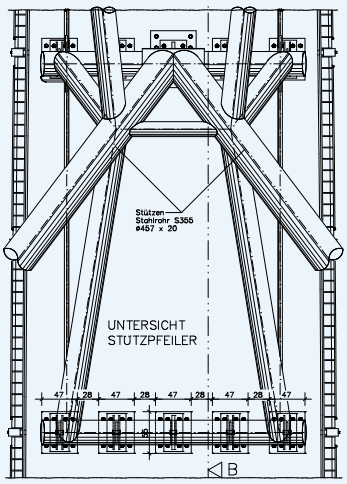
06 /// Gera-Ronneburg





04





/// kreuz und quer ///

Bauherr . Verein Kulturraum Viamala . Sils im Domleschg (CH)
Tragwerksplanung . Conzett Bronzini Partner . Chur (CH)

// Der Traversiner Steg von heute: Eine Herausforderung für den Wanderer. //

FILIGRANER BRÜCKENBAU AN SPEKTAKULÄREM ORT

Über Jahrtausende haben Gletscher und das Wasser des Hinterrheins sich durch die legendäre Viamala-Schlucht im Schweizer Kanton Graubünden gefressen. Daraus entstand ein beeindruckendes Naturmonument mit bis zu 300 m hohen Felswänden, das sich Wanderer über einen Weg erschließen, der an einer spektakulären Stelle die Schlucht überquert. Dieser vielbeachtete, 1996 gebaute Traversinersteg wurde bereits drei Jahre später durch einen Felssturz zerstört. Die Brücke des Bauingenieurs Jürg Conzett bestand aus einem 47 m langen und 4,2 Tonnen schweren Dreigurtfachwerk aus Lärchenholz, Edelstahlseilen und Stahlstangen, das vorgefertigt mit einem Helikopter zur Baustelle geflogen wurde. Die anschliessend eingebauten, vollwandigen Brüstungen ergänzten die Tragkonstruktion. Nach diesem tragischen Ereignis beschloss man, die zerstörte Brücke an der gleichen Stelle wieder aufzubauen und erneut das Ingenieurbüro von Jürg Conzett zu beauftragen. Der zweite Traversinersteg befindet sich nun 70 m rheinwärts des ersten Bauwerks und besticht durch seine ungewöhnliche Steilheit. Die Hängebrücke erinnert eher an eine schwebende Treppe, als an eine Brücke.

Sie ist als vorgespanntes Seilfachwerk mit natürlichen Pylonen und einem schrägen Gehweg angelegt, der einer hängenden Treppe gleicht. Er besitztz eine horizontale Spannweite von 56 m und eine Höhendifferenz von 22 m.

Das Wohlbefinden der Wanderer und ihr subjektives Sicherheitsgefühl bezüglich Tiefblick und Schwingungen auf der 70 m über dem Bachbett hängenden Treppe war eine entscheidende Planungsaufgabe. Aussenliegende Träger verhindern den vertikalen Blick ins Tobel und liegend angeordnete Geländerbretter unterstützen den Sichtschutz. Die Föhrenholzstufen des nach unten mit einem Radius von 150 m gebogenen Gehwegs bieten durch ihre sägerauen Oberflächen Rutschfestigkeit. Ein Rautenfachwerk mit doppeltem Strebenzug, die hohe Steifigkeit der Brettschichtholzträger aus Lärchenholz und die Vorspannung der Hauptseile begrenzen das Schwingen und Schaukeln des Gehwegs auf ein vertretbares Mass.

06 /// Gera-Ro

// Der erste Traversiner Steg wurde durch stürzende Felsen zerstört. //

07 //// Schwäbisch-Gmünd

/ Integrale Verbund-Brücke

/ Zweifach gestuft mit klarer Formensprache

Zwei fast baugleiche Holz-Beton-Verbund-Brücken bereichern seit der Landesgartenschau 2014 das Stadtbild von Schwäbisch Gmünd. Die Fußgänger- und Radwegbrücken, die nicht weit voneinander entfernt liegen, zeichnen sich durch einen raffiniert gestuften Holzträger aus, der zur Feldmitte hin den größten Querschnitt aufweist. Die beiden Querungsbauwerke verbinden den Remspark mit dem Stadtgarten. Aufgrund der Sitzgelegenheiten am Remsufer im Brückenbereich werden die Brücken von Passanten nicht nur über- sondern auch unterquert. Dies lenkt die Aufmerksamkeit sowohl auf die begehbare Brückenoberseite als auch auf die Untersicht. Das hatte zur Folge, dass beide Bereiche mit Sorgfalt entworfen wurden und Holz als Baustoff Verwendung fand.

07 // Schwäbisch-Gmün

Bauherr . Landesgartenschau Schwäbisch Gmünd 2014 . Schwäbisch Gmünd
Architektur . Graf Ingenieure . Schwäbisch Gmünd
Tragwerksplanung . Graf Ingenieure

FUGENLOSE
LEICHTIGKEIT

/ Monolithisch konzipiert für filigrane Konstruktion

Die Brückenkörper der Bahnhof- und Rokokobrücke, so ihre Namen, sind als Holz-Beton-Verbund-Träger konzipiert. Sie bestehen aus einer Fahrbahnplatte aus Stahlbeton und einem unten liegenden Fichte-Brettschichtholz-Träger. Die Stahlbetonplatte übernimmt neben ihrer Funktion als Fahrbahn den konstruktiven Holzschutz für die tragenden Bauteile aus Holz.

Entworfen wurden die Querungsbauwerke als integrale Rahmentragwerke. Dabei sind einerseits die Betonwiderlager und der Betonüberbau monolithisch miteinander verbunden, andererseits ist der im Querschnitt gestufte, blockverklebte Brettschichtholz-Träger nicht direkt gelagert sondern endet mit fugenlosem Anschluss vor den beiden Brückenwiderlagern. Alles in allem handelt es sich um außergewöhnlich filigrane Bauteilstärken, was den Brücken große Leichtigkeit und Eleganz verleiht.

Fugenlos und wartungsfrei

Der etwa 22 m lange Verbundträger der 3,40 m breiten und 27,66 m langen Bahnhofbücke besteht aus einem 60 cm hohen und 2,80 m breiten blockverklebten Brettschichtholz-Träger sowie einer 20 cm hohen Stahlbeton-Fahrbahnplatte. Der Verbund zwischen Beton und Holz wird durch Stahlbügel und formschlüssiges Vergießen der Kerven im Holzquerschnitt mit Beton erreicht. Das erhöht zum einen die Steifigkeiten des Überbaus gegenüber den Einzelsteifigkeiten der Stahlbetonplatte und des Holzträgers und führt zum andern zu schlankeren Querschnitten, zu geringeren Verformungen und zu verbessertem Schwingungsverhalten.

// Die Brücken in Verbundbauweise mit den markanten Stufungen der Holzträger und der Stahlbetonplatten in Quer- und Längsrichtung fügen sich ideal ein in die kantige Architektur der Landschaftsplanung und Bebauung der Landesgartenschau 2014. //

Bei den beiden Holz-Beton-Verbund-Brücken hat man erstmalig auf eine indirekte Lagerung gesetzt. Dabei wurden die Holzträgerenden etwa 3 m von den Widerlagern entfernt über Aufhängungen in den Stahlbetonplatten verankert. Diese fugenlosen Anschlüsse der integralen Verbundbauweise schützen die Träger an den Übergangsstellen vor eindringender Feuchte. Die Brücken sind daher als wartungsfrei zu betrachten. Die indirekte Lagerung ersetzt nun außerdem die sonst üblichen, schadensanfälligen Auflagernischen.

Rahmenwirkung durch Stahlbetonplatte

Die Stahlbetonplatte geht im Bereich der Rahmenecken monolithisch in die Brückenwiderlager über, und die Form des abgestuften Brettschichtholz-Querschnitts greift den Momentenverlauf des beidseitig eingespannten Brückenkörpers auf. Die Rahmenwirkung im Widerlagerbereich resultiert aus der monolithischen, 40 cm dicken Stahlbetonplatte, die sich im Feldbereich ab dem Momenten-Nullpunkt auf 20 cm zum ausschließlich druckbeanspruchten Querschnittsbereich verjüngt. Die Biegezugspannungen überträgt das

// Die Optimierung der Konstruktion ergab in den Einspannbereichen schlanke, 40 cm dicke Stahlbetonplatten und im Feldbereich einen nur 80 cm hohen Verbundträger. //

Brettschichtholz-Bauteil mit abgestuftem Querschnitt. Die Holzträger sind über verzinkte U-förmige Bewehrungseisen, die ins Holz eingeklebt sind und wie Bügel in die Stahlbetonplatte hineinragen, an dieser aufgehängt und verankert.

Erst die integrale Holz-Beton-Verbund-Bauweise mit dem indirekt gelagerten, blockverklebten Brettschichtholz-Träger ermöglicht die schlanke Stahlbetonplatte im Einspannbereich bzw. den nur 80 cm hohen Verbundträger im Feldbereich.

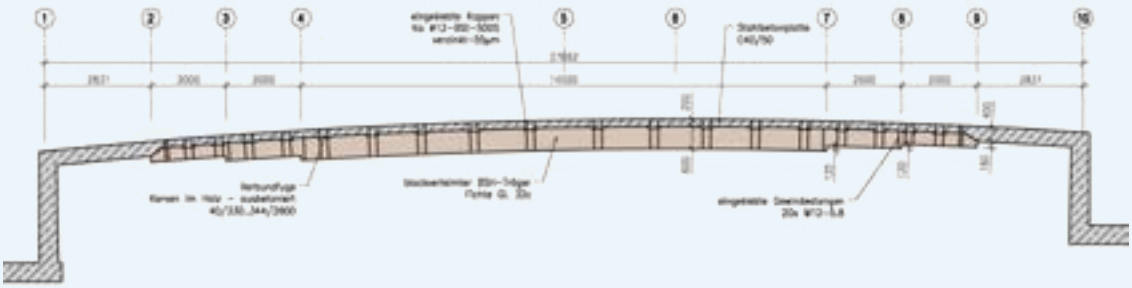
// Herstellung des Holz-Beton-Verbunds über Kerven und eingeklebte Bewehrungsbügel. Letztere dienen zur Aufhängung: Deren obere kappenartige Abschlüsse greifen in die Stahlbetonplatte ein und verankern den Holzquerschnitt darin. //

Schlagregensichere Ausbildung der Träger

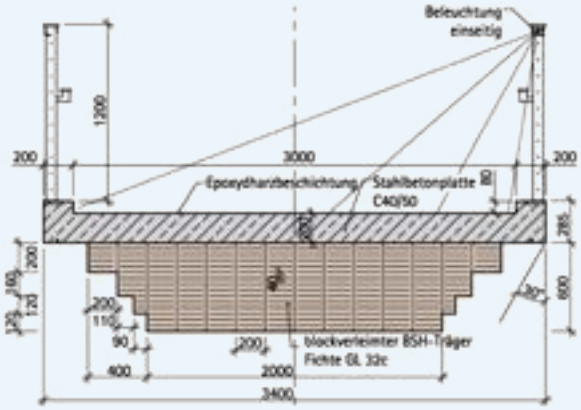
Trotz anspruchsvoller Geometrie im Quer- und Längsschnitt, Krümmung im Aufriss und schiefwinkliger Anbindung an die Widerlager waren die beiden Fußgänger- und Radwegbrücke laut Tragwerksplaner mit Überbaukosten von etwa 1.550 Euro je m² wirtschaftlich – gerade auch, wenn man bedenkt, dass keine zusätzlichen Wartungskosten anfallen. Denn aus Gründen des konstruktiven Holzschutzes haben die Planer den Holzquerschnitt gegenüber der Betonplatte um mehr als 30° zur Vertikalen abgestuft, so dass kein Schlagregen an ihn ran kommt und damit eine direkte Bewitterung nahezu ausgeschlossen ist. 100 Prozent konstruktiver Holzschutz ist darüber hinaus durch die witterungsbeständige Stahlbeton-Fahrbahn gewährleistet, die die darunter liegenden Holzträger regensicher überdacht.

Die Brücke erhielt beim Holzbaupreis Baden-Württemberg 2015 den „Sonderpreis Ingenieurbauwerk". Mit dem Sonderpreis werden vom Ministerium Ländlicher Raum und vom Landesbeirat Holz beispielhafte technische Bauwerke prämiert, die eine wegweisende Technologie oder Konstruktion aufweisen.

01



02



01 **Längsschnitt**
Durch die indirekte Lagerung des 22 m langen Verbundträgers, das heißt die Aufhängungen des Holzträgers in die Stahlbetonplatten knapp 3 m von den Widerlagern entfernt, konnten Auflagernischen vermieden werden.

02 **Querschnitt**
Die 3,40 m breite Stahlbetonplatte schützt den darunter liegenden 2,80 m breiten abgestuften Brettschichtholz-Querschnitt wie ein Dach.

/// kreuz und quer ///

Bauherr . Materialprüfanstalt (MPA) Universität Stuttgart . Abteilung Holzkonstruktionen . (Forschungsprojekt der Clusterinitiative Forst und Holz)
Tragwerksplanung . MPA in Zusammenarbeit mit Knippers Helbig . Stuttgart . Ingenieurbüro Miebach . Lohmar . Cheret Bozic Architekten . Stuttgart

REALISIERTE VISION STUTTGART

Die „Stuttgarter Brücke" ist der Prototyp einer sogenannten „integralen Brücke" aus Holz. Mit „integraler Brücke" wird ein Brückenbauwerk beschrieben, das keine Lager und Dehnfugen hat, sondern bei dem Überbau und Stützen bzw. Widerlager direkt, also fugenlos miteinander verbunden sind, sei es biegesteif oder gelenkig. Denn Fahrbahnübergänge und Widerlager gelten im Brückenbau als Schwachstellen.

Bei der „Stuttgarter Holzbrücke" handelt es sich um einen im Grundriss gebogenen, blockverklebten Verbundträger von knapp 19 m Länge, 1,2 m Breite und 40 cm Höhe. Das 1:1-Modell der Fuß- und Radwegbrücke steht auf dem Campus der Universität Stuttgart und ist das Ergebnis eines Forschungsprojekts. Entworfen wurde er unter Berücksichtigung wesentlicher Aspekte der Dauerhaftigkeit. Oberstes Gebot dabei war: Es darf kein Wasser über den Fahrbahnbelag in die Blockträger darunter oder in den Widerlagerbereich eindringen. Um jedweden Schaden auszuschließen, hat man sich zum Beispiel auf der einen Seite beim Widerlager-Hauptträger-Übergang für einen solchen integralen, voll eingespannten Widerlagerstoß entschieden, auf der anderen Seite für ein „entzerrtes" Brückenwiderlager; das heißt der Verbundträger kragt aus und hat zur Widerlager-Rückwand genügend Abstand. Zudem werden die Hirnholzflächen geschützt. Die konsequent durchdachten und ausgeführten Details bei den Brückenbelägen in Verbindung mit einer zweiten Abdichtungsebene sollen eine dauerhafte und robuste Holzbrücke garantieren.

//Das Besondere einer Brücke ist ihr Ort//

ANDREAS KEIL,
ARNIM SEIDEL

Als kostengünstiges und gut zu verarbeitendes Material wird Holz seit jeher für den Brückenbau verwendet, gerade im deutschsprachigen Raum besitzt es eine lange Tradition. Unter die ältesten bekannten Bauwerke fallen die 1272 erstmals urkundlich erwähnte Holzbrücke, die die deutsche Stadt Bad Säckingen mit der Schweizer Gemeinde Stein verbindet und mit 204 m die längste gedeckte Holzbrücke Europas ist, oder auch die Kapellenbrücke in Luzern aus dem Jahr 1365.

Die Überdachung beider ist typisch für den frühen Holzbrückenbau in unseren klimatischen Zonen: Sie schützt am wirkungsvollsten die tragenden Bauteile vor starker Bewitterung und verhindert stehendes Wasser, so dass diese Brückenbauwerke Jahrhunderte unbeschadet überdauern konnten. Bis weit ins Industriezeitalter hat man so mit hoher Zimmermannsbaukunst große und wichtige Brücken aus Holz gebaut.

Durch die Entwicklung von Stahl und Beton in der Phase der Hochindustrialisierung während des 19. Jahrhunderts geriet der Baustoff Holz für Brücken langsam in Vergessenheit. Paradoxerweise wurde bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts gerade im Brückenbau Lehrgerüste für Betonkonstruktionen weiter in Holz errichtet. Nach Erhärten des Betons verschwanden diese komplexen, leider nur temporären Bauwerke für immer.

Erst die eindrücklichen Bauwerke im Hallenbau Anfang der 1970er Jahre und der damit dokumentierte Leistungsbeweis regten zum Bau von Fußgänger- und auch Straßenbrücken in Holz an. Diese Wiederentdeckung des Holzbaus wurde bedingt durch neue leistungsfähigere Verbindungstechniken und die vermehrte Nutzung des bereits Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelten Brettschichtholzes, das ein besseres

// Brücke Bad Säckingen //

Tragverhalten als Träger aus Vollholz bot. Vor allem ließen sich bei größeren Spannweiten Fachwerkträger durch massive Balkenträger ersetzen. Dadurch wurden auch statische Systeme möglich, die zuvor nur bei anderen Baustoffen umsetzbar waren. Zudem bot Brettschichtholz die Möglichkeit, Träger mit stark veränderlichen Querschnitten oder auch in gebogener Form effizient und kostengünstig herzustellen. In dieser Phase fand der Holzschutz der direkt dem Wetter ausgesetzten konstruktiven Bauteile fast ausschließlich über chemische Maßnahmen statt, was nicht die gewünschte Wirksamkeit hatte und zu hohen Sanierungskosten führte.

Mit der Rückbesinnung auf den konstruktiven Holzschutz wurde das Material wieder konkurrenzfähig zu Konstruktionen aus Stahl oder Beton. Die positiven Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte führten dazu, dass heute der Baustoff am häufigsten für Fuß- und Radwegbrücken verwendet wird, aber auch Verkehrsbrücken für Schwerlast- und Bahnverkehr möglich sind.

Der archaische Baustoff Holz, dessen Verwendung weit hinter unser geschichtliches Gedächtnis hinausreicht, hat sich heute zu einem nahezu neuen Material entwickelt. Holz gibt Antworten auf die drängender werdende Frage nach Nachhaltigkeit – vom persönlichen Umgang mit knappen Ressourcen bis zur Lebensqualität unserer unmittelbaren Umgebung. Die Wichtigkeit und Dringlichkeit des Klimaschutzes zwingt zum Umdenken und konsequenten Handeln – gerade in der Baubranche, denn die ist einer der größten Rohstoff- und Energieverbraucher sowie CO_2-Erzeuger. Die Wahl der Baumaterialien ist von zentraler Bedeutung. Holz nimmt unter ihnen eine Sonderstellung ein, denn es wächst nach und setzt bei seiner „Herstellung" nicht große Mengen CO_2 frei, sondern bindet große Mengen an CO_2. Mit Holz zu bauen ist deshalb ein wichtiger Beitrag zur CO_2-, Energie- und Rohstoffwende. Holz gilt heute besonders im Bausektor als das nachhaltige Material mit dem größten Entwicklungspotenzial.

Entwerfen im Kontext

Jede Brücke hat in erster Linie die Aufgabe, Menschen, Autos, Züge oder auch Schiffe sicher über ein Hindernis hinwegzuführen. Dabei kommt insbesondere bei Fußgängerbrücken hinzu, dass sie nicht nur zwei Orte auf kürzestem Weg miteinander verbinden, sondern auch unmittelbar erlebbar sein müssen. Zusätzlich zu diesen rein technischen Anforderungen sollte jedem Entwurf eine gründliche Auseinandersetzung mit dem Standort vorausgehen. Meist erwächst aus den verschiedenen Randbedingungen, der Topographie oder den zu berücksichtigenden Sichtbeziehungen und Entwurfsmöglichkeiten ein großer Spielraum, um die individuell passende und gut funktionierende Lösung zu finden. Fragen sind zu beantworten wie „In welchem Kontext steht die Brücke; wer ist die Zielgruppe; wie sehen die Zuwegungen aus; wann wird die Brücke hauptsächlich genutzt; gibt es einen städtischen Kontext?". So kann an der einen Stelle eine transparente und leichte Konstruktion die richtige Lösung sein, während anderswo eine prägnante und visuelle Präsenz des Bauwerks notwendig ist.

Ebenso ist auch die Materialität in diese Überlegungen einzubeziehen. Für das Material Holz spricht in vielen Fällen der Kontext, in dem die Brücke stehen soll wie eine malerische Bergkulisse oder ein Rad- und Wanderweg in einem Naturschutzgebiet. Aber auch der Kontrast in einem städtischen Kontext lässt sich mit Holz spannend interpretieren. Im Bereich der Schwerlastbrücken ist das Material als effizientes Baumaterial ebenfalls denkbar. Hier findet der Werkstoff in Kombination mit anderen Materialien wie Beton in Verbundbauweise Verwendung.

Beispielgebende Objekte im In- und Ausland belegen nicht das technische Potenzial und den Gestaltungsspielraum von Holzbrücken. Sie sind wegen ihrer Größe oft zeichenhafte und sehr präsente Bauwerke, die das Bild einer Landschaft oder einer Stadt prägen können. Sie werden von vielen Nutzern durchfahren und wegen ihrer besonderen Gestaltung und ungewöhnlichen Materialität wahrgenommen.

Im Bereich der Großbrücken wird der Entwurfsspielraum oft durch die Funktionstüchtigkeit und die Wirtschaftlichkeit eingeschränkt. Hier hat es der Planer bei Fußgängerbrücken einfacher, da diese nicht so restriktiven Anforderungen unterliegen: Oft sollen Fußgängerbrücken Identität stiften und urbane Situationen aufwerten. Dazu werden aber gleichzeitig höhere Anforderungen an die Details gestellt: Es gibt keine Distanz zur Konstruktion, direktes Berühren ist möglich, man spürt, hört und sieht Erschütterungen und Bewe-

gungen der Konstruktion in einem ganz anderen Maße als bei Großbrücken, bei denen das Fortbewegungsmittel – Auto oder Zug – den Menschen räumlich von der Brücke trennt.

Ein weiterer Aspekt, der eine Planung häufig einschränkt, sind die Kosten: Alle Entwurfsparameter haben einen direkten Einfluss auf die Herstellungskosten. Noch heute besitzt der Leitspruch der Architekturmoderne „Weniger ist mehr" uneingeschränkte Gültigkeit. Wenig Material zu verwenden bedeutet, Unnötiges wegzulassen und den Prinzipien des Leichtbaus folgend das Tragwerk so leicht wie möglich und gleichzeitig so steif wie nötig zu konstruieren. Dies gilt für jede Art von Material, auch für Holz.

Neben den geometrischen Eigenschaften der Brücke selbst, wie Breite und Steigung, sind die Anforderungen, die sich aus den zu überquerenden Hindernissen ergeben, zu definieren. Beispielsweise gelten an Flüssen, abhängig von Maß und Art der Nutzung durch die Schifffahrt sehr unterschiedliche Anforderungen an das Lichtraumprofil. Bei der Überquerung von Straßen sind wiederum andere Regeln für das Lichtraumprofil einzuhalten, abhängig von der Art und Nutzung der Straße, die überquert wird. Ebenso müssen natürlich auch für den eigentlichen Brückenüberbau sicherheitsrelevante Aspekte mit einbezogen werden, wie Rutschsicherheit oder Absturzsicherung. Zusätzlich zu diesen funktionalen, oft sehr restriktiven Randbedingungen können auch ‚technische' Rahmenbedingungen den Entwurfsprozess beeinflussen oder sogar bestimmen: Schlechte Baugrundverhältnisse können beispielsweise dazu führen, dass aus wirtschaftlichen Gründen die Anzahl der Fundamente minimiert und dafür eher größere Spannweiten in Kauf genommen werden müssen. Umgekehrt können gute Baugrundeigenschaften bestimmte Konstruktionsprinzipien begünstigen, wenn es zum Beispiel problemlos möglich ist, Zugkräfte zu verankern und damit Hängekonstruktionen mit größeren Spannweiten konkurrenzfähig zu machen. Wenn auch das Montageverfahren am Anfang einer Entwurfsaufgabe weniger im Fokus steht, so kann es durchaus über den Entwurf oder zumindest über Details entscheiden. Diese Aspekte rücken bei größeren Brücken stärker in den Fokus als beim Bau von Fußgängerbrücken.

In den letzten Jahren haben sich Entwurfsprozesse stark verändert. Im digitalen Zeitalter ist es möglich, dank spezieller Software, in sehr kurzer Zeit Parameterstudien durchzuführen und den Entwurf einer Brücke so zu

optimieren, dass jede neue Idee zügig bestätigt oder verworfen werden kann. Durch diesen Fortschritt sind Konstruktionen berechenbar, die früher aufgrund ihrer schwierigen Geometrie kaum vorstellbar waren. Ebenso lässt sich mit den entsprechenden Computerprogrammen das dynamische Verhalten einer Konstruktion exakt berechnen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um leichte und filigrane Konstruktionen im Brückenbau überhaupt zu realisieren. Das gilt auch für den Werkstoff Holz, der sich seit einigen Jahren nicht mehr nur im Bereich der Fuß- und Radwegebrücken vermehrter Beliebtheit erfreut, sondern auch für größere und höher belastete Brücken interessanter wird.

Baustoff Holz – ein spezielles Material

Um dem Problem der starken Bewitterung in unseren klimatischen Zonen zu begegnen, wurden die Brücken früher traditionellerweise mit einer Überdachung errichtet. Dieses Schutzdach befindet sich im modernen Holzbrückenbau, um die Praktikabilität zu erhöhen und gleichzeitig die Lebensdauer zu verlängern, quasi auf der Fahrbahnebene. Dadurch konnte die theoretische Nutzungsdauer dieser Konstruktionen von 25 Jahren im Jahr 1980 auf 60 Jahre im Jahr 2010 erhöht werden. Gleichzeitig sind die Unterhaltungskosten von 5 Prozent auf 2 Prozent gesunken. Eine an 68 Verkehrsbrücken aus Holz durchgeführte Studie aus dem Jahr 2005 belegt zudem, dass die Konstruktionen durchaus konkurrenzfähig sind: Die Studie ergab, dass geschützte Holzbrücken in Bezug auf Dauerhaftigkeit und Lebenserwartung mit einer theoretischen Nutzungsdauer von 80 Jahren und einem Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten von 1,0 – 1,3 Prozent nahe vergleichbaren Konstruktionen aus Stahlbeton, Spannbeton, Stahl und den Stahlverbundbrücken liegt. Zusätzlich ist ein positiver Kostenunterschied festzustellen, da es sich bei dem Werkstoff aktuell um das kostengünstigste Material im europäischen Raum handelt.

Die neuen Verbindungstechnologien haben aber auch die Fertigung und Montage tiefgreifend verändert. Heute werden – vergleichbar dem modernen Holzhausbau – ganze Brückenbauteile in spezialisierten Holzbauunternehmen vorgefertigt und auf der Baustelle zum kompletten Tragwerk montiert. Daraus resultiert ein zeitlicher, wirtschaftlicher und nicht zuletzt ein qualitativer Gewinn.

Bei der Betrachtung verschiedener Materialien hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit als Baustoffe schneidet Holz besonders gut ab. Die Liste der Holzarten reicht vom weichen Balsaholz mit einer Dichte von 1 – 2 kN/m³ bis zum Eisenholz mit einer Dichte von mehr als 10 kN/m³. Sie alle unterscheiden sich nicht nur in ihrer Festigkeit voneinander, sondern auch in ihrer Dauerhaftigkeit, die die sogenannten Resistenzklassen nach DIN EN 350-2 angeben. Maßgeblich für die Auswahl der Holzart ist es, ob das Holz im Primärtragwerk (z.B. Fachwerk) oder als sekundäres, untergeordnetes Bauteil (z.B. als Belag) verwendet werden soll. So kann Holz bei kleinen und mittleren Spannweiten als Primärtragwerk in Form von Balken-, Bogen- und Fachwerkelementen genutzt werden. Im Fall von größeren Spannweiten wird Holz im Verbund mit anderen Werkstoffen kombiniert und so zu einem interessanten Werkstoff.

Um die Dauerhaftigkeit aller tragenden Holzbauteile sicherzustellen, kommt dem Holzschutz bei diesen Konstruktionen eine große Bedeutung zu. Denn Schädigungen durch Witterung, Insekten- oder Pilzbefall können das Holz nicht nur unansehnlich machen, sondern auch seine Tragfähigkeit erheblich mindern. Im Wesentlichen werden die drei Kategorien natürlicher, konstruktiver und chemischer Holzschutz unterschieden. Die gewählte Holzart bringt in einigen Fällen bereits einen natürlichen Holzschutz mit. Grundsätzlich ist aber der konstruktive Holzschutz immer oberstes Gebot.

Holzschutz

Der bauliche bzw. konstruktive Holzschutz liefert einen dauerhaften Schutz des Materials durch konstruktive Maßnahmen wie Überdachungen (nach DIN 68 800-2) und kann vorbeugenden chemischen Holzschutz entbehrlich machen. Vergleichbar mit der Schutzwirkung eines Daches funktioniert beispielsweise ein geschlossener Gussasphaltbelag auf der Fahrbahnfläche, der so das Holz des Tragwerks vor zu starken Wettereinflüssen schützt. Vor allem bei der Ausbildung der Auflager ist im Holzbrückenbau besonders zu beachten, dass hier keine stauende Feuchtigkeit Schäden an der Konstruktion verursacht.

Als konstruktiver Holzschutz ist auch eine oberseitige Blech- oder Kunststoffabdeckung denkbar, die kombiniert mit einer seitlichen Verschalung das Tragwerk baulich schützt. Zudem lassen sich im Schadensfall durch Anprall- oder Windlasten die Teile des konstruktiven, also nicht tragenden Holzschutzes unkompliziert austauschen. Dies stellt vor allem im Bereich von Verkehrsbrücken einen Vorteil dar.

Elemente aus Holz müssen, insbesondere wenn sie der Bewitterung ausgesetzt sind, möglichst allseitig belüftet sein, um Schimmelbildung oder Holzfäule zu vermeiden. Diese Anforderung ist Voraussetzung für die Verwendung von Holzbelägen und impliziert, dass Brückenbeläge aus Holz zumeist nur auf offenen Konstruktionen wie Trägerrosten oder Fachwerkträgern Anwendung finden sollten. Sofern eine direkte Bewitterung besteht, kann es durchaus Sinn machen, neben einer ausreichenden Belüftung auch die Möglichkeit einzuplanen tragende Elemente einfach auszuwechseln.

Baulich-konstruktive Schutzmaßnahmen sind heute sehr wichtige Apekte der Planung und der Ausführung. Mit Holz steht einer der ökologischsten Baustoffe überhaupt zur Verfügung, ein nachwachsender Werkstoff mit vergleichs-

weise geringem Energiebedarf bei der Verarbeitung, der zudem vollständig recycelbar ist. Um dies sicherzustellen, sollte daher weitestgehend auf einen vorbeugenden chemischen Holzschutz verzichtet werden, da er das Holz zum Sondermüll macht.

Ausbau der Brücke

Der Ausbau von Brücken umfasst zum einen konstruktive Elemente wie Beläge, Geländer, Dehnfugen, Entwässerung und Lager. Zum anderen spielen auch gestalterische Aspekte eine Rolle, etwa die Farb- oder Materialwahl. Insbesondere bei Belägen und Geländern stehen Konstruktion und Gestaltung in enger Abhängigkeit. Der Einsatz von Beleuchtung und gegebenenfalls auch Mobiliar betont darüber hinaus funktional-ästhetische Aspekte einer Brücke und trägt zu ihrer Inszenierung bei.

Belag

Die Wahl eines geeigneten Belags ist häufig durch die Konstruktion eingeschränkt oder sogar vorgegeben. In den meisten Fällen bestimmen die Primärkonstruktion, die Art der Nutzung oder wirtschaftliche Aspekte die Materialität des Belags oder schränken die Auswahl erheblich ein. Eine überlegte Materialwahl wie beispielsweise einheimisches Holz, kann darüber hinaus einer Brücke eine identitätsstiftende Note verleihen.

Der Belag übernimmt mehrere Funktionen. Er sorgt für die nötige Rutschfestigkeit und ist gleichzeitig durchgehender finaler Abschluss der Gehfläche. Außerdem kann der Belag den tragenden Brückenquerschnitt schützen, sodass beim Einsatz von Holz für die Primärkonstruktion keine, beziehungsweise nur eine geringe Bewitterung stattfindet. Zudem lässt sich dadurch das Risiko mechanischer Beschädigungen minimieren. Fahrbahnbeläge aus Gussasphalt können auf Unterkonstruktionen aus Holz aufgebracht werden, ebenso bewähren sich Plattenbeläge aus Naturstein.

Längs angeordnete Holzbohlen als Belag stellen durch ihre Fugen unter Umständen eine Gefahr für Radfahrer und Inline-Skater dar, weil sie zu Stürzen führen können. Bei bewitterten und geneigten Flächen muss wiederum die vergleichsweise schlechte Rutschsicherheit von nassem Holz bedacht werden. Es empfiehlt sich in jedem Fall eine Anordnung der Bohlen quer zur Laufrichtung. Gegebenenfalls sind zusätzliche rutschhemmende Maßnahmen erforderlich, so kann die Oberfläche in Streifen genutet werden, die mit einer Epoxidharzverfüllung und Quarzsandeinstreuungen versehen sind.

Geländer

Brückengeländer dienen in erster Linie der Absturzsicherung und sind somit essenzieller Bestandteil jeder Brücke. Da sie üblicherweise nicht zum Primärtragwerk gehören, können sie so reduziert wie möglich ausgeführt werden. Ebenso sind gestalterische und funktionale Faktoren in Betracht zu ziehen. So hat besonders die Transparenz eines Geländers einen großen Einfluss auf das Erscheinungsbild der gesamten Brücke. Der Handlauf wiederum bei Fußgänger- und Radwegbrücken kann die Beleuchtung aufnehmen. Bei den Geländern ist darauf zu achten, dass entsprechend resistenteres Holz wie Lärche oder Douglasie, andernfalls modifiziertes Holz (acetyliert oder thermisch behandelt) eingesetzt wird, da diese Bereiche der Konstruktion besonders stark dem Wetter ausgesetzt sind.

Tragwerkssysteme – Wo sind die Grenzen für Holzbrücken?

Der Formenkanon von Brücken reicht vom biegebeanspruchten Balken über Fachwerkträger bis hin zu den gänzlich in Druck- und Zugelemente aufgelösten Konstruktionen wie Seil- und Bogenbrücken. Die Vielfalt ist beeindruckend, und es wäre vermessen, eine umfassende und ganzheitliche Behandlung aller Konstruktionstypen und deren Kombinationen zu wagen. Im Folgenden sollen die einzelnen Brückentypologien beleuchtet und die Möglichkeiten, aber auch die möglichen Grenzen des Holzbrückenbaus für die einzelnen Typen analysiert werden.

Bogenbrücken

Der Bogen gehört zu den ältesten Tragwerksformen im Brückenbau. Am Anfang dieser Form vor mehr als 2000 Jahren standen massive Steinbrücken, die die Jahrhunderte überdauert haben. Ab dem 18. Jahrhundert hat sich ihre Gestalt durch neue Materialien wie Beton und Stahl rasant weiterentwickelt. Die Weiterentwicklung des Eisens zu zähem hochfesten Stahl ermöglichte immer größere Spannweiten und ein geringeres Stichmaß der Bögen.

Es gibt unterschiedliche Bogenformen, die sich einerseits durch ihre Geometrie, andererseits durch die Lagerbedingungen unterscheiden. Die Geometrien der

// Fahrzeugbrücke Lohmar //

Bogenbrücken reichen von Rund- und Spitzbögen über Korbbögen bis zu Segmentbögen. Für den Bogen kommt als Material neben Stein, Stahl und Beton auch Holz infrage, das sich in gebogener Form sehr günstig herstellen lässt.

Balken- und Plattenbrücken

Die Spannweiten der ersten, sehr simplen Balkenbrücken wurden durch die Länge eines verfügbaren Baustoffs wie beispielsweise eines Baumstammes bestimmt. Die Spannweite war dadurch natürlicherweise begrenzt. Erst durch die Verwendung eines Primärtragwerks in Form von Fachwerken, Hänge- oder Bogenkonstruktionen, das die eigentliche Tragfunktion übernahm, ließen sich größere Spannweiten erreichen. Der Balken oder die Platte selbst wurde dadurch zum sekundären Tragwerkselement. Mit der Entwicklung von Stahlbauquerschnitten sowie neuen Stahl- und Spannbetonen entstanden ab dem 18. Jahrhundert leistungsfähigere Balkenbrücken, die in diesem Bereiche Holz ablösten, da sie die wirtschaftliche Realisierung von größeren Spannweiten ermöglichten.

Heute sind durch die kontinuierliche Weiterentwicklung im Holzbau spannende Balkenbrücken aus Holzträgern möglich. Die Auswahl von Querschnitten für Balkenbrücken reicht von reinen Stahl- oder Holzquerschnitten bis hin zu unterschiedlichen Verbundquerschnitten aus Holz und Beton.

Diese Art von Brücken wurden bereits in den 1930er Jahren in den USA gebaut. In Oregon entstanden bis in die Mitte der 1950er Jahre etwa 200 solcher Brücken, von denen einige bis heute als Straßenüberführung genutzt werden. In Europa wurde die Entwicklung dieser Brückenbauform vor allem dort vorangetrieben, wo viel Holz zur Verfügung stand. Vor allem in der Schweiz und in Finnland bestehen hier verschiedene Forschungsprojekte und interessante Brückenbauwerke, die teilweise bis zu 45 m Länge aufweisen.

Allerdings sind es eher Stützweiten zwischen 10 und 30 m, wo diese Bauweise bei Strassenbrücken wirtschaftlich einsetzbar ist. Dabei werden die Materialien so kombiniert, dass die Brücke aus massiven Holzhauptträgern und einer Stahlbetonfahrbahnplatte besteht, die zwar nachgiebig aber dennoch kraftschlüssig miteinander verbunden werden. Zudem fungiert die Betonplatte als konstruktiver Schutz für das darunterliegende Holz. Ein wichtiger Aspekt, da dies zu einer höheren Lebensdauer und geringeren Unterhaltskosten führt.

Lager und Übergänge verschleißen und müssen regelmäßig inspiziert, gewartet und ausgewechselt werden. Deshalb ist es vorteilhaft, auf Lager zu verzichten. Derartige lagerlose Brücken bezeichnet man als integrale Brücken. Eine integrale Brücke hat keinen ausgeprägten Festpunkt. Die Brücke kann sich dort ausdehnen und verformen, wo es ihr mit dem geringsten Widerstand möglich ist. Der Trend zeigt, dass integrale Brücken in Zukunft den Brückenbau maßgeblich mitbestimmen werden.

Fachwerkbrücken

Obwohl sich Leonardo da Vinci und Andrea Palladio schon im 15. und 16. Jahrhundert mit Entwürfen für Fachwerksysteme beschäftigten, wurde erst im 18. Jahrhundert der Begriff Fachwerk geprägt und die ersten klassischen Fachwerkbrücken aus Holz gebaut. Die ersten Fachwerkgitterträgerbrücken, auch Lattenträgerbrücken genannt, entstanden Anfang des 19. Jahrhunderts in Amerika. Viele kreuzweise verlaufende Holzlatten verbinden hier den Ober- mit dem Untergurt. Profile aus Gusseisen trugen in den folgenden Jahren zur Verbesserung des Systems bei. Durch die Weiterentwicklung des Werkstoffs Stahl und mit neuen Berechnungsverfahren von Ingenieuren und Mathematikern entstanden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine Vielzahl von Fachwerksystemen.

// Fußgängerbrücke Burgdorf (CH) //

// Traversiner Steg (CH) //

Parallelgurtige Fachwerkträger werden ganz unterschiedlich beansprucht, was eine Abstufung der Querschnitte nahelegt. Diese Fachwerkform eignet sich insbesondere für Systeme, die aus gleichen, standardisierten Einzelteilen zusammengesetzt sind und sich die Detailpunkte wiederholen. Im Bereich der Holzbrücken können sowohl der Ober- und der Untergurt sowie die Pfosten aus Holz bestehen. Auch die Geländer lassen sich seitlich in die Fachwerkträger integrieren. Die Überdachung wiederum kann mit Blechen, Ziegeln oder auch Holzschindeln gelöst werden, die sich bei Bedarf leicht austauschen lassen. Der Fahrbahn- bzw. Gehwegbelag lässt sich als geschlossener Belag aus Naturstein oder glasfaserverstärktem Kunststoff, ansonsten als offener Bohlenbelag ausführen. Die Konstruktion ermöglicht Spannweiten von bis zu 70 m. Auch hier ist dem Holzschutz besondere Beachtung zu schenken. Bei einem über der Fahrbahn liegenden Fachwerk und entsprechender Höhe lässt sich eine Überdachung integrieren, die weitere konstruktive Maßnahmen für den Holzschutz überflüssig macht. Bei einem Fachwerk unterhalb der Brücke kann es sinnvoll sein, die Teile, die man gegen direkte Bewitterung schützen will, in Holz auszuführen und die anderen in Stahl.

Hängebrücken

Vorbilder für Hängekonstruktionen kommen aus den Hochkulturen Asiens und Südamerikas. Bis heute gibt es in Indien und Peru Hängestege, deren Tragseile aus Pflanzenfasern bestehen. In Europa beginnt ihre Geschichte erst mit der Entwicklung von zähem Stahl. Anfangs bestanden die Zugglieder aus geschmiedeten Ketten, erst im 19. und 20. Jahrhundert begann man mit der Entwicklung von Drahtseilen, sodass in der Folge durchlaufende Zugelemente hergestellt werden konnten. Aufgrund der einfacheren Montage der Drahtkabel ließen sich größere Spannweiten erreichen.

Hängebrücken bieten eine Vielfalt an Konstruktionsmöglichkeiten, angefangen bei klassischen rückverankerten oder selbstverankerten Hängebrücken über Brücken mit schrägen Seilebenen oder seitlichen Verspannungen bis hin zu mehrfeldrigen Hängebrücken. Die Zugkraft der Tragseile ist bei rückverankerten Hängebrücken vollständig im Baugrund verankert. Indes wird bei selbstverankerten Hängebrücke nur der vertikale Anteil in den Baugrund eingeleitet, der horizontale Anteil dagegen über den Überbau mit der gegenüberliegenden Seite kurzgeschlossen. Bei der rückverankerten Lösung können zuerst die Tragseile montiert und anschließend kann der Überbau in Abschnitten eingehängt werden.

Auch wenn man unterspannte Brücken ohne Auskreuzung eher den Fachwerkbrücken oder gar den Balkenbrücken zuordnen möchte, so gehören sie, etwas modifiziert, streng genommen zu den selbstverankerten Hängebrücken. Die Unterspannung (Hängeseil) trägt über Aufständerungen (Hänger) den Überbau, der wiederum die Horizontalkraft im System kurzschließt und auch für eine Versteifung bei nicht geometrieaffinen Lasten sorgt.

Während im Großbrückenbau Hängekonstruktionen aufgrund ihrer aufwändigen Herstellung und ihrer dynamischen Anfälligkeit nur bei größeren Spannweiten eingesetzt werden, gibt es auch Fußgängerhängebrücken im mittleren Spannweitenbereich von 30 bis 80 m. Hier sind die statischen und dynamischen Anforderungen an das Tragsystem wesentlich geringer, wodurch sich leichte und ästhetisch ansprechende Brücken realisieren lassen. Das Haupttragelement einer Hängebrücke ist das Tragseil. Die aus hochfestem Stahl hergestellten Tragseile sind in der Lage, mit möglichst geringem Materialeinsatz große axiale Kräfte aufzunehmen.

Der Werkstoff Holz eignet sich nicht für diese hochbeanspruchten Trag- und Hängerseile, kann aber für das Brückendeck durchaus sinnvoll eingesetzt werden. Das geringe Gewicht ist zwar für die Montage von Vorteil, kann sich aber wiederum im dynamischen Verhalten nachteilig auswirken, weil durch die geringere Masse eine schnellere Wind- und Fußgängeranregung stattfinden kann. Dies ist bei der Konzeption zu berücksichtigen.

Schrägseilbrücken

Schon im 18. Jahrhundert gab es Überlegungen, auskragende Systeme durch schräge Stangen oder Seile abzuspannen. Der erste bekanntgewordene Entwurf einer abgespannten Holzbrücke stammt von Carl Immanuel Löscher aus dem Jahr 1784. Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelte Claude Louis Navier Schrägseilsysteme, die schon zwischen einer strahlenförmigen (Fächer) und einer parallelen (Harfe) Anordnung der schrägen Abspannungen unterschieden. Dass erst Mitte des 20. Jahrhunderts die ersten reinen Schrägkabelbrücken gebaut wurden, liegt daran, dass diese im Hinblick auf Bautoleranzen empfindlicher reagieren als Hängekonstruktionen. Diese Probleme sind mittlerweile durch verbesserte Herstellungsprozesse und Berechnungsverfahren behoben worden, sodass Schrägkabelbrücken mittlerweile sehr effizient und wirtschaftlich im Freivorbau hergestellt werden können.

Bei Schrägseilbrücken ist der Überbau direkt von einem Pylon oder Mast mit schräg verlaufenden und gespannten Seilen oder Kabeln abgehängt. Damit gehören sie streng genommen zur Kategorie der Fachwerkbrücken, denn sie setzen sich aus einzelnen Dreiecken zusammen, mit einer konsequenten Trennung von Zug- (Schrägseile) und Druckelementen (Überbau, Pylon).

Bei der idealen Fächeranordnung treffen sich alle Schrägkabel in einem Punkt, was zu einer Konzentration der Verankerungen am Mastkopf führt. Eine saubere Konzentration auf einen Punkt ist aufgrund der Größe der Verankerungen konstruktiv nicht möglich, außer man ordnet diese nebeneinander an, was jedoch unschöne Überschneidungen in der Ansicht erzeugt. Bei der parallelen Anordnung der Schrägkabel – der Harfenlösung – erhält der Mastschaft eine wesentlich höhere Beanspruchung, da die Kabel in unterschiedlichen Höhen angreifen und der Mastschaft bei asymmetrischen Lasten aus unterschiedlichen Seilkräften quer belastet wird.

Im Bereich der Fußgängerbrücken sind, bedingt durch die geringeren abzutragenden Lasten, technisch auch Sonderformen der Mastgeometrie und der Seilverankerungen möglich. Verlässt man die bekannte Anordnung von Mast, Überbau und Seilen und geht von der Zweidimensionalität in die Räumlichkeit, dann können auch die häufig statisch wirkenden Schrägkabellösungen sehr interessante und ansprechende Strukturen erzeugen. In mehrere Richtungen gekrümmte Brückendecks lassen sich durch die Möglichkeiten der modernen Leimtechnologie wirtschaftlich aus Holz herstellen. Ähnlich wie bei den Hängebrücken kommt bei Schrägseilbrücken der Werkstoff Holz vorzugsweise nur für das druckbeanspruchte Brückendeck in Frage, Zugelemente aus Holz sind nur für sehr kleine Spannweiten denkbar. In diesen hybriden Tragwerken aus Stahl und Holz liegt großes Potenzial, könnte man sich zum Beispiel gut vorstellen, die Harfenbrücke in Sindelfingen mit Seilen und Mast aus Stahl, aber das Brückendeck aus einem massiven Holzträger zusammenzusetzen.

// Fußgängerbrücke in Sindelfingen //

Spannbandbrücken

Spannbandbrücken aus Naturfasern haben im asiatischen und amerikanischen Raum Tradition. Die älteste heute noch existierende Spannbandbrücke ist die An-Lan-Brücke im Südwesten Chinas. Sie soll vor 960 n. Chr. gebaut worden sein und verfügt über eine für damalige Verhältnisse unglaubliche Gesamtlänge von ca. 300 m, in acht Feldern mit Einzelspannweiten von bis zu 60 m. Sie hängt an zehn dicken Bambusseilen, die beidseitig durch Holzleitern geführt werden. In den folgenden Epochen wurden eher Hängebrücken bevorzugt, da die Spannbandbrücken wegen ihrer starken Neigungen an den Enden mühsam zu begehen waren.
Mit der Entwicklung des zähen und hochfesten Stahls im 19. Jahrhundert wurden wieder verstärkt Spannbandbrücken gebaut, da sie mit geringeren Stichmaßen auskommen und dadurch keine zu großen Anfangs- und Endsteigungen aufweisen. Die heutigen modernen Spannbandbrücken bestehen aus einem oder mehreren Zugsträngen aus Spanngliedern oder Spannbändern. Wegen des charakteristischen Durchhangs in der Mitte ist die Konstruktion eher für Fußgängerbrücken geeignet, da bei ihnen die Auf- und Abbewegungen der Brücke nicht zwangsläufig als störend empfunden werden.

// Fußgängerbrücke Gera //

Spannbänder können über ein oder über mehrere Felder geführt werden. Allerdings entstehen durch die feldweise Belastung unterschiedliche Kräfte in den Spannbändern. Sie verfügen über wenig Eigendämpfung und neigen deshalb zu vertikalen Schwingungen. Daher ist es sinnvoll, einen eher schweren Überbau zu wählen. Hierfür eignen sich beispielsweise Betonplatten oder auch Granitsteinelemente. Das wesentlich leichtere Holz kann ebenso verwendet werden, allerdings führt dies dann zu einer größeren Verformungs- und Schwingungsanfälligkeit. Neben den höheren Dämpfungswerten in einer Holzkonstruktion helfen oft auch Geländerkonstruktionen, die durch Reibung zur Dämpfung beitragen, das Schwingungsverhalten der Brücke zu verbessern. Hat dies nicht den gewünschten Effekt, sind bei leichten Brücken entweder Schwingungstilger vorzusehen oder die Brücke ist durch zusätzliche Unterspannungen zu versteifen.

Quo vadis Holzbau?

Zusammenfassend ist zu sagen, dass der Brückenbau, die Königsdisziplin des konstruktiven Ingenieurbaus, eine immense Vielfalt an Möglichkeiten bietet. Für jeden Ort ist eine eine passende Lösung zu finden, die den individuellen Anforderungen gerecht wird. Dabei kommt es neben der richtigen Wahl des Tragsystems auch auf die richtige Wahl des Materials an. Jedes Material hat seine Vor- und Nachteile und muss entsprechend seinen Stärken eingesetzt werden. Holz, als ein nachwachsender natürlicher Werkstoff, muss und kann im Brückenbau eine wichtige Rolle spielen. Es bedarf aber auch eines materialübergreifenden Denkens und Entwerfens, um jeden Werkstoff optimal einsetzen zu können. So werden diese hybriden Brückenkonstruktionen, die durch Effizienz, Schönheit und Klarheit überzeugen, eine hohe Akzeptanz in der Öffentlichkeit erfahren. Sie werden die Zukunft des Brückenbaus mitbestimmen und Architekten und Ingenieuren helfen, ihrer Verpflichtung zur Baukultur nachzukommen.

//// Straßen

MEHR ALS GEBRAUCHSARCHITEKTUR

Brücken überspannen Täler, verbinden Ufer und überqueren Hindernisse. Sie dienen der Orientierung, sind Knotenpunkte der Mobilität, haben strategische Bedeutung und symbolisieren die Überwindung von Distanzen. Bei Brücken müssen Tragwerk, Form und Funktion eine unauflösliche Einheit eingehen.
Die Schönheit speist sich dann aus konstruktiver Konsequenz.

brücken //

Brücken von zeitloser Schönheit schaffen

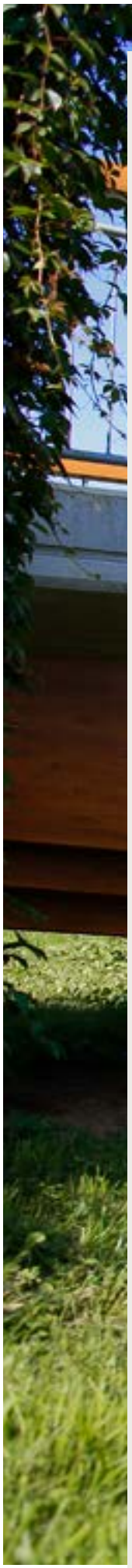
Im Entwurf von Brücken findet das ästhetische Verständnis des Planers für eine gelungene Gestaltung seinen Niederschlag. Der Entwurf ist aber auch Kernstück der Ingenieurarbeit, die alle Einflussfaktoren mit ihren objektspezifischen Gewichtungen zusammengefügt, und – ausgehend von den Nutzungsanforderungen – zu einem optimalen Tragwerkskonzept führt. Dabei stellt sich immer die Frage, nach welchen Kriterien eine Optimierung erfolgen kann.

Geht man von einer ganzheitlichen Betrachtung aus, so können dazu die folgenden Entwurfskriterien für den Brückenbau angewendet werden: Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit (Funktionstüchtigkeit, Komfort, Schwingungen), Dauerhaftigkeit (Holzschutz, Korrosion, Alterung), Robustheit, Wirtschaftlichkeit/Lebenszykluskosten (Baukosten, Betrieb, Unterhalt, Amortisation, Rückbau, Kapitalkosten), Ästhetik (Eingliederung in das Landschaftsbild, Eleganz, Schlankheit, ausgewogene Proportionen) sowie Ökologie.

Straßenbrücken in Holzbauweise werden mit einem geschützten Haupttragwerk ausgebildet. Insgesamt bestehen außerdem neben Vorgaben für die konstruktiven Details auch standardisierte Ausführungen für den Ausbau, die den einschlägigen Normen entsprechen und sich im Betrieb und Unterhalt bewährt haben. Das Haupttragwerk ist immer nur als ein wesentlicher Teil des gesamten, räumlich zusammenwirkenden Brückentragwerks zu betrachten. Der räumliche Aufbau gewährleistet die Stabilität des Tragwerkes und die Abtragung der horizontalen Einwirkungen wie etwa Wind.

Die Möglichkeiten der Produktion, der Verbindungen sowie des Transportes und der Montage sind für die Entwicklung des Tragwerkkonzeptes ebenfalls von entscheidender Bedeutung.

Ist eine Brücke einmal errichtet, hinterfragt kaum noch jemand, warum sie so geworden ist. Ob sie den Menschen dann bloße Gebrauchsarchitektur oder mehr sein wird, erweist sich erst über die Zeit. Über die Jahrhunderte hinweg können sie sogar zu Monumenten der Ingenieurkunst und Ästhetik werden. Ihre zeitlose Schönheit entspringt dann meist einer konstruktiven Konsequenz.



08 // **Lohmar**

/ Holz-Beton-Verbund-Brücke

/ Neu und ohne Stützen im Fluss

Die alte Holzbrücke über die Agger, die die Lohmarer Ortsteile Wahlscheid und Schiffahrt verbunden hat, wurde im September 2013 abgerissen. Ein Hochwasser hatte sie 2010 fast zerstört als sich an einem der im Fluss stehenden Brückenpfeiler durch verkeiltes Treibgut Wasser aufstaute und zur Verschiebung einzelner Betonfundamente führte. Provisorisch instandgesetzt und wieder genutzt, beschloss die Gemeinde dennoch, die alte durch eine neue Brücke zu ersetzten, und zwar durch eine, die ohne Pfeiler im Fluss auskommt, um einen Schaden wie in 2010 zu vermeiden.

Da der Vorgängerbau eine Holzbrücke war, sollte es auch wieder eine Brücke aus Holz werden. Nach einer Variantenstudie entschied sich die Bauherrin für eine elegant geschwungene Holz-Beton-Verbund-Brücke. An gleicher Stelle errichtet, ist sie mit rund 40 m so lang wie die alte. Der Neubau ist zudem für Fahrzeuge bis zu zwölf Tonnen ausgelegt.

08 // Lohmar

Bauherr. Rhein-Sieg-Kreis. Siegburg
Tragwerksplanung. Ingenieurbüro Miebach. Lohmar

EINE EXPRESSIVE WELLE

/ Optimaler Mix aus zwei Baustoffen

Markenzeichen des 40 m langen Ersatzbaus sind die geschwungenen, blockverklebten Brettschichtholz-Träger. Eine Fahrbahnplatte aus Stahlbeton „überdacht“ die Konstruktion, die als dreifeldriges System konzipiert ist. Durch das große Mittelfeld stehen die beiden Zwischenauflager außerhalb des Flussbetts – außer bei starkem Hochwasser.

Die Formgebung der Holzträger macht den Kraftverlauf des Bauwerks sichtbar. Die Querschnitte ändern sich entsprechend der Belastung: An den Brückenpfeilern, wo große Stützmomente auftreten, nehmen sie zu. Um das Moment in Feldmitte zu reduzieren und dadurch den Blockträger hier ganz schlank ausführen zu können, hat man die Endbereiche am Widerlager mit Zugstäben zurückgespannt und damit das Mittelfeld entlastet. So war es möglich, die Trägerhöhe von den Stützen zur Feldmitte hin kontinuierlich zu verringern. Das führte nicht nur zu einer schönen Ausformung mit besonders schlanker Trägermitte, sondern sorgte auch für einen größeren Durchflussquerschnitt unter der Brücke, was bei Hochwasser ebenfalls die Gefahr verringert, dass hier Treibgut hängen bleibt.

Statische Optimierung

Die zwei seitlich abgetreppten und geschwungenen Blockträger aus Fichtenbrettschichtholz bilden im Verbund mit einer Ortbetonplatte das Haupttragwerk. Der Einsatz von druckfestem Beton und zugstarkem Holz findet bei dieser Brücke eine effiziente Kombination: die Betonplatte liegt überwiegend in der Druckzone, also in Fahrbahnebene, während die Holzträger in der Zugzone liegen, wo das Holz einen Großteil der auftretenden Zugspannungen abtragen kann. Letzteres ermöglichte es etwa, die Fahrbahnplatte relativ dünn auszuführen.

Da ein Einfeldträger über 40 m Länge in dieser Verbundbauweise wegen zu großer Trägerhöhe nicht in Frage kam, haben die Planer einen Dreifeldträger mit zwei Vorlandpfeilern vorgesehen und das Mittelfeld entsprechend groß gewählt, wobei die Pfeiler im Hochwasserbereich liegen.

08 // Lohmar

Die Höhe des Blockträger-Querschnitts ändert sich über die drei Felder dabei entsprechend der Belastung und ist in Brückenmitte am geringsten. Um diese geringe Trägerhöhe in Feldmitte zu erzielen, erhielt das System zusätzliche Abspannungen, was zwar die Stützmomente erhöht, das Feldmoment aber reduziert hat. So folgt die Trägerform der statischen Belastung. Im Bereich der Stützmomente wurden die Holzträger mit 1,50 m Höhe bemessen, in Feldmitte dagegen mit 85 cm. Zu den Endauflagern hin verjüngt sich der Träger dann auf 90 cm.

Trockene Herstellung im Werk

Die Konstruktion legte es nahe, das Holztragwerk aus zwei parallel nebeneinander angeordneten Blockträgern zu fertigen. Das ermöglichte, den hölzernen Unterbau in Längsrichtung mittig zu teilen und die beiden Blockträger im Werk vorzufertigen. Sie bestehen aus je sieben geschwungenen Einzelträgern, die zu zwei Hauptträgern mit abgetrepptem Profil verklebt wurden. Auch das notwendige Baugeländer wurde hier vorinstalliert und die erforderliche Schalung für den Ortbeton der Fahrbahnplatte hergestellt. Der Beton selber musste wegen des Gewichts der Platte vor Ort aufgebracht werden.

Den eigentlichen Schubverbund zwischen Holz und Beton stellen längs zu Holzfaser eingeklebte Streckbleche her. Diese speziellen Holz-Beton-Verbund-Verbinder gelten durch die kontinuierliche Lasteinleitung als sehr steife Verbindungsart.

Schnelle Montage trotz Vor-Ort-Betonieren

Die geschwungenen Blockträger ließen sich mit knapp 3 m Breite gut transportieren, selbst bei 40 m Länge – wegen der Durchlauftragwirkung war in Längsrichtung kein Stoß vorgesehen.

Nach Herstellung der Fundamente und Pfeiler folgte die Montage des Holztragwerks. Die einzelnen Träger wiegen rund 30 Tonnen. Das Einheben der Brückenteile erledigte ein Mobilkran. Unmittelbar nach dem Versetzen wurde darauf der Bewehrungsstahl aufgebracht und kurze Zeit später mit der Betonnage der Fahrbahnplatte begonnen.

Nach dem Aushärten der Platte folgten die Montage des Geländers samt Handlauf aus Accoyaholz (modifiziertes, durch Acetylierung witterungsbeständig gemachtes Holz) und das Aufbringen der Abdichtungsbahnen sowie des Gussasphalts für die Fahrbahn selbst. Im Gehwegbereich erhielt die Betonkappe eine besandete Epoxidharzbeschichtung.

28 Tage nach dem Betonieren, als die Brücke ihr Gesamtgewicht und ihre Tragfähigkeit erreicht hatte, wurde die Vorspannung auf die Zugverankerungen aufgebracht.

// Das Verlegen des Bewehrungsstahls für die Betonplatte erfolgte vor Ort. //

Dezent und doch markant

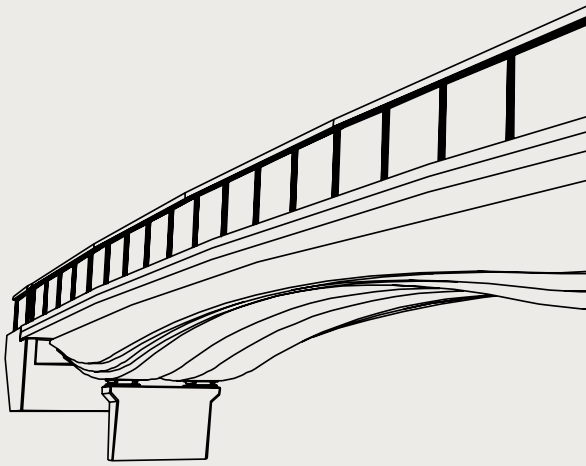
Das Erscheinungsbild ist durch die kompakte Bauweise relativ dezent. Fährt oder geht man über die Brücke, wird man das untenliegende Holztragwerk kaum wahrnehmen. Es ist lediglich von der Seite und von unten gut sichtbar. Da sich jedoch in unmittelbarer Nähe ein Ausflugslokal mit Außenterrasse befindet und auch zahlreiche Wassersportler den Fluss nutzen, wird der hölzerne Teil der Brücke dann auch von diesen Seiten erlebbar.

Die Betonplatte mit Gussasphalt-Deckschicht verleiht der Brücke eine besondere Belastbarkeit. Sie bietet den darunterliegenden Blockträgern darüber hinaus konstruktiven Schutz wie eine Überdachung, wodurch sich die Lebensdauer der Brücke mindestens verdoppelt; rechnerisch werden ihr 70 Jahre vorausgesagt.

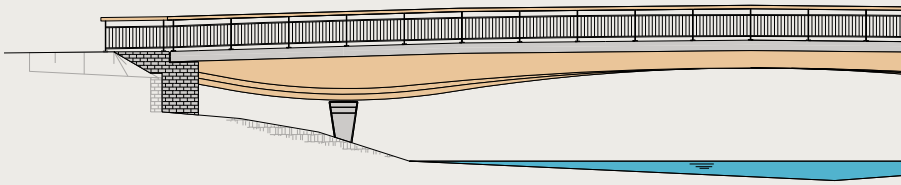
Durch den Einsatz von Holz ist ein ökologisches und nachhaltiges Bauwerk entstanden, das sich optimal in die Umgebung einpasst. Auch lässt sich die Umweltfreundlichkeit leicht nachrechnen: In der Brücke sind 112 m^3 Holz verbaut. Das entspricht einer CO_2-Speicherung von 112 Tonnen.

// Je sieben einzelne Träger werden zu einem abgetreppten Hauptträger blockverklebt. //

01



02

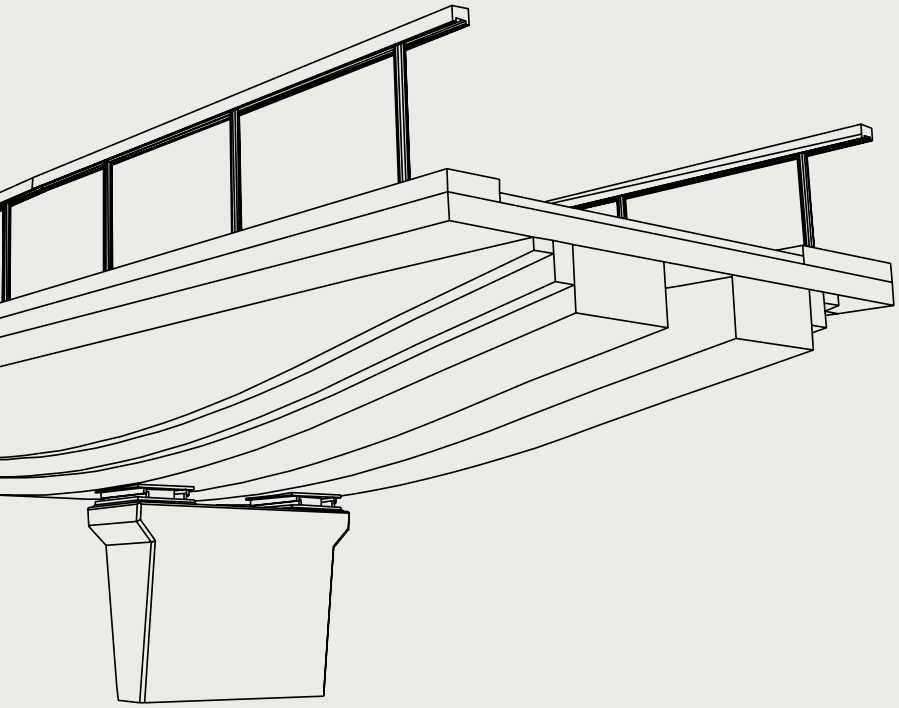


01 **Visualisierung**
Die zweigeteilten und auf Abstand verlegten Hauptträger sind aus je sieben Einzelträgern blockverklebt. In Brückenmitte hat der Querschnitt mit 65 cm die geringste Höhe.

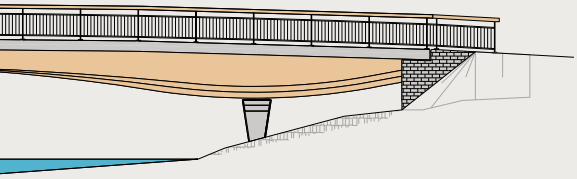
02 **Ansicht**
Die Aufteilung der Stützweiten des dreifeldrigen Systems in 5,50 m, 28 m und 5,50 m ergab sich aus der Topografie.

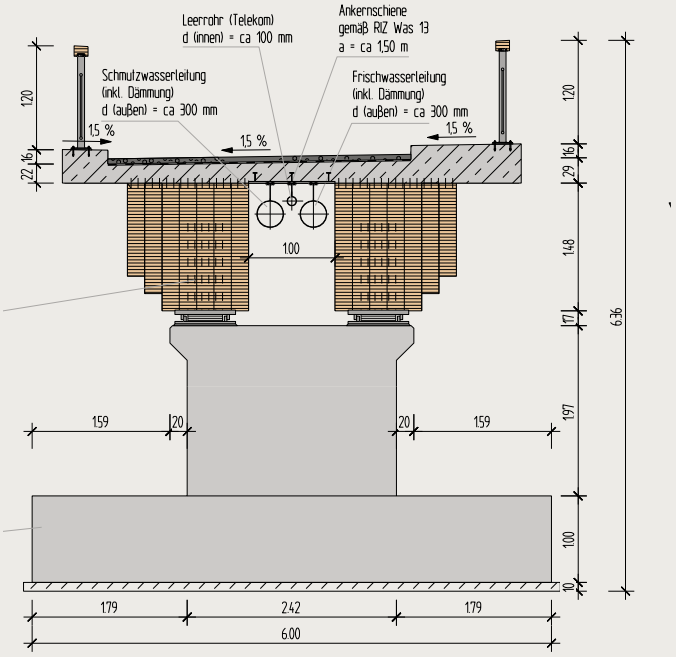
03 **Querschnitt über dem Auflagerpfeiler**
Der Querschnitt der Brücke ist mit 5,30 m rund 2 m breiter als der Vorgänger, was eine Fahrbahnbreite von 3,50 m ermöglichte und einen separaten Gehweg von 1 m Breite. Die Holzträger sind oberseitig 1,40 m breit.

08 // Lohmar



03




Leerrohr (Telekom)
d (innen) = ca 100 mm
Ankernschiene
gemäß RIZ Was 13
a = ca 1,50 m
Schmutzwasserleitung
(inkl. Dämmung)
d (außen) = ca 300 mm
Frischwasserleitung
(inkl. Dämmung)
d (außen) = ca 300 mm
1,5 %
1,5 %
1,5 %
1,00
1,20
0,16
0,22
1,20
0,16
0,29
1,48
0,71
1,97
1,00
0,10
6,36
1,59
0,20
0,20
1,59
1,79
2,42
1,79
6,00

09 // Schwarzach

/ Sprengwerkbrücke

/ Eingangstor zum Bayerischen Wald

Nimmt der Durchgangsverkehr in einer Ortschaft Überhand, ist es eine Frage der Zeit, wann eine Ortsumgehung her muss. So war es auch bei den drei, an der Bundesstraße B 533 liegenden niederbayerischen Orten Schwarzach, Hengersberg und Buch. Rund 9000 Fahrzeuge donnern hier täglich durch, und so konnten die Lärmgeplagten im Jahr 2010 aufatmen, als endlich die B 533-Ortsumfahrung Schwarzach beschlossen wurde.

09 // Schwarzach

Bauherr . Freistaat Bayern . Staatliches Bauamt Passau
Entwurfsplanung . Staatliches Bauamt Passau . Abteilung K1 – Konstruktiver Ingenieurbau
Tragwerksplanung . Sailer Stepan und Partner . Herr Prof. Pravida . München

09 // Schwarzach

/ Nummer drei in optimierter Form

Bereits 1998 und 2008 entstandenen zwei Schwerlastbrücken. Die erste eine 30-Tonnen-, die zweite eine 60-Tonnen-Brücke. Beide wurden als klassisches Sprengwerk konzipiert. In die zweite Brücke flossen die Erfahrungen aus der ersten ein, in den Bau der dritten Brücke bei Schwarzach dann die Erfahrungen aus der zweiten, so dass hier eine ausgereifte dritte Variante umgesetzt werden konnte.

Solche Rückkoppelungsprozesse sind selten. Aber vor allem sie bringen den Holzbrückenbau weiter, so das Fazit der Planer zu dieser Vorgehensweise. Die Brücke wurde im Frühjahr 2012 für den Verkehr freigegeben.

Eine Konstruktion, die alle Bedingungen erfüllt

Die Entwurfs- und Detailplanung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Hochschule Rosenheim. Wie bei den Vorgängerbrücken sahen die Planer für die Fahrbahn einen Plattenbalken in reiner Holzbauweise vor. Für das Sprengwerk, das ihn trägt, nutzten sie ebenfalls wie bisher zwei geneigte, V-förmige Stützenpaare. Die Vorteile dieser Konstruktion liegen in der Materialeffizienz. Das heißt, die Querschnitte der Längsträger und V-Stützen können trotz hoher Verkehrslasten aus folgenden Gründen relativ schlank dimensioniert werden:

– Die Stützen verringern durch ihre Schrägstellung die mittlere Spannweite und vergrößern die Randfelder, so dass die Spannweitenverteilung günstiger ist als es bei senkrechten Pfeilern der Fall wäre.

– Die Platte kann im Verbund mit den Balken bzw. Längsträgern sowohl Zug- als auch Druckkräfte aufnehmen.

– Die Radlasten verteilen sich durch die kreuzweise verleimte Brettsperrholz-Platte nahezu gleichmäßig über die Fahrbahnfläche, und die einzuleitenden Kräfte fallen an den Stützenauflagern kleiner aus als bei anderen Alternativen.

Hinzu kam, dass die Brücke – wie bei modernen Holzbrücken heute längst üblich – einen geschlossenen Belag als Fahrbahnaufbau erhalten sollte, der die darunter liegende Holzkonstruktion wie ein Dach schützt.

Die tragfähige Lösung

Während für die Stützen und die vier Längsträger nur Brettschichtholz – aus Gründen der erhöhten Witterungsresistenz in Lärche – in Frage kam, wählten die Planer zur zweiachsigen Lastabtragung Brettsperrholz für die Platte.

Die besondere Herausforderung bei dieser Brücke lag darin, den tragfähigen Verbund zwischen der Platte und den Längsträgern zum eigentlichen Plattenbalkenquerschnitt herzustellen. Denn anders als bei den Vorgängerbrücken konnte er wegen der sehr großen Kräfte nicht mit Schrauben, eingeklebten Gewindestangen oder Stabdübeln hergestellt werden, da sie nur punktuell wirken. Man benötigte eine 100 Prozent flächige Verbindung zwischen Platte und Längsträgern, so dass nur eine Verklebung in Frage kam. Dieser Verbund ermöglichte dann auch schlankere Längsträger und sparte Material.

Blockverklebte Bauteile

Da Brettschichtholz-Querschnitte fertigungsbedingt nur bis zu einer Breite von 30 cm hergestellt werden können, musste man die Längsträger blockverkleben. Das heißt 2 x 20 cm breite Träger zu 40 cm breiten Trägern verkleben.

Auch die Fertigung der 29 m langen und 3,95 m breiten Brettsperrholz-Platte zwang das ausführende Holzbauunternehmen zu ein paar Kunstgriffen. Denn sowohl wegen der „offenen Zeit" des Klebers (Zeitraum, in dem sich ein Kleber verarbeiten lässt) als auch wegen der marktgängigen kleinteiligen Brettsperrholz-Platten war es nicht möglich, die gesamte Platte auf ein Mal herzustellen. So wurden zunächst vier Einzelteile gefertigt – die Unterteilung erfolgte einmal quer und einmal längs – und diese dann in einem zweiten Arbeitsschritt zu der endgültigen Plattengröße mit einer Schraubpressklebung am Längs- und am Querstoß zusammengesetzt. Eine Platte aus Furnierschichtholz fungiert dabei als Feder. Die Schrauben sorgten für den nötigen Pressdruck und blieben auch nach dem Abbinden des Klebers im Holz.

Zu guter Letzt mussten noch die Längsträger mit der Brettsperrholz-Platte zum tragenden Plattenbalkenquerschnitt verklebt werden.

Fahrbahnbelag als „Dach“

Als Fahrbahnbelag wählten die Planer eine Asphaltschicht aus Gussasphalt und Walzasphalt. Auch die Wahl der Unterkonstruktion des Fahrbahnaufbaus ist entscheidend. Da Asphaltbeläge nicht grundsätzlich als 100 Prozent dicht angenommen werden können, sollten sie zum Zweck der Kontrolle von Feuchteanfall auf einer unterlüfteten Holzwerkstoffplatte aufgebracht werden. Die Platten selbst dürfen jedoch nicht planmäßig durchfeuchtet werden bzw. als Dichtebene herhalten, so dass sie eine zweilagige Abdichtung erhalten, auf die dann erst der zweilagige Asphalt folgt.

Diesem Aufbauprinzip folgend verwendete man Furnierschichtholz-Platten als Holzwerkstoff. Sie sind durch eine auf Abstand verlegte Lattung unterlüftet. Unter dem Überbau wurde als redundantes Element außerdem eine weitere zweilagige Abdichtung angeordnet. So liegt die tragende Brettsperrholz-Platte unter zwei Abdichtungsebenen. Sollte über den Asphaltbelag Wasser eindringen, wäre das Holz mehrfach geschützt. Damit bildeten die Planer die Fahrbahn selbst als Dach aus. Sie kragt zudem seitlich soweit über die tragende Konstruktion aus, dass das Holz vollkommen im Regenschatten liegt. Ein Quergefälle der Fahrbahn von 2,5 Prozent und ein Längsgefälle von 1,5 Prozent sorgen für die notwendige Entwässerung. Seitlich am Plattenbalken, aber auch an den Stützen sind zusätzlich Bekleidungsbretter angeordnet, die eine Bewitterung durch Schlagregen verhindern. So zählt die neue Sprengwerkbrücke mit den Bekleidungen und dem gewählten Belag aus Guss- und Walzasphalt zum Typus der geschützten Brücke.

Asphalt gegen Abrieb

Bei Fahrbahnbelägen für Straßenbrücken greifen Planer auch deshalb gerne auf Asphaltbeläge zurück, weil der Abrieb der Fahrbahnoberfläche beim Befahren der Brücke eine wichtige Rolle spielt. Besondere Belastungen entstehen zum Beispiel beim Bremsen und Beschleunigen. Ein Bohlenbelag würde unter diesen Bedingungen nicht lange unbeschadet bleiben.

Asphaltbeläge haben ein größeres Eigengewicht als Bohlenbeläge und schlagen auch kostenmäßig mehr zu Buche als eine hölzerne Variante. Gleichzeitig gilt es, die geringeren Unterhaltungskosten der Brücke aufgrund der guten Dauerhaftigkeit durch den geschlossenen Belag dagegen zu rechnen und damit langfristig kostengünstig zu sein.

Zehn Tonnen Anpralllast

Die Randbalken – die so genannten „Kappen" – und das Brückengeländer sind für Anpralllasten bis 10 Tonnen ausgelegt. Zur Verankerung der als Stahlbetonfertigteile ausgeführten Kappen dienen Stahlkonsolen, die auf die Enden der Stahlquerträger aufgeschraubt wurden. Letztere sind als Querschotts mit oben durchlaufendem Flansch in regelmäßigem Abstand zwischen den Längsträgern eingebaut. Mit diesem Anschluss konnte die abgedichtete Holzbrückentafel unangetastet bleiben, und gleichzeitig die horizontale und vertikale Lasteneinleitung konstruktiv getrennt werden.

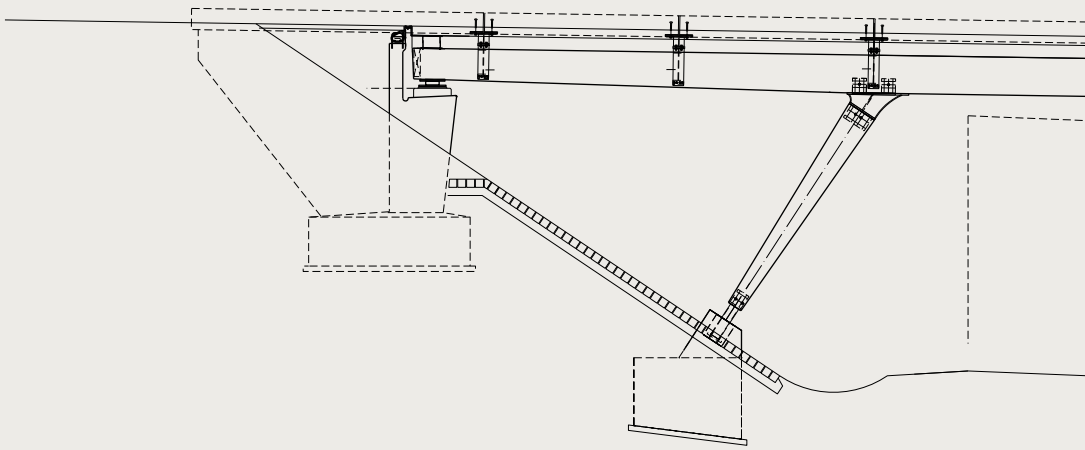
Transport und Montage

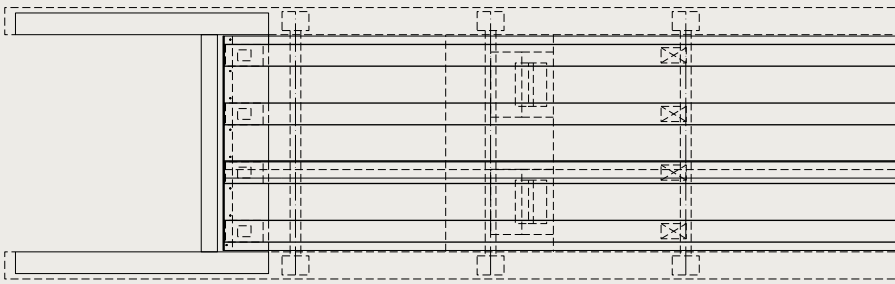
Alle Brückenbauteile – die Fahrbahnplatte und die Stützen – wurden im Werk vorgefertigt. Der Transport von Schwäbisch Hall zur 300 km entfernten Baustelle stellte kein größeres Problem dar. Der dafür beauftragte Spediteur legte die Strecke in einer Nacht zurück. Als Sondertransport benötigte er für die nötige Sicherheit natürlich ein Begleitfahrzeug. Denn der vorgefertigte, knapp 29 m lange und 3,95 m breite Brückenüberbau wurde in einem Teil auf die Baustelle geliefert – ein großer Vorteil von Brücken in Holzbauweise. Beim Massivbau wäre das aus Gewichtsgründen nicht möglich gewesen.

Das Aufstellen der Sprengwerkstützen am ersten Tag war noch relativ einfach. Schwieriger gestaltete sich am zweiten Tag das Einheben bzw. Einfädeln der 45 Tonnen schweren Fahrbahnplatte in die Stahlbleche der Stützenköpfe. Aber auch das hat am Ende gut geklappt. Der Rest wie Stahlbetonkappen, Geländer und der Asphaltbelag wurden im Anschluss an- und aufgebracht.

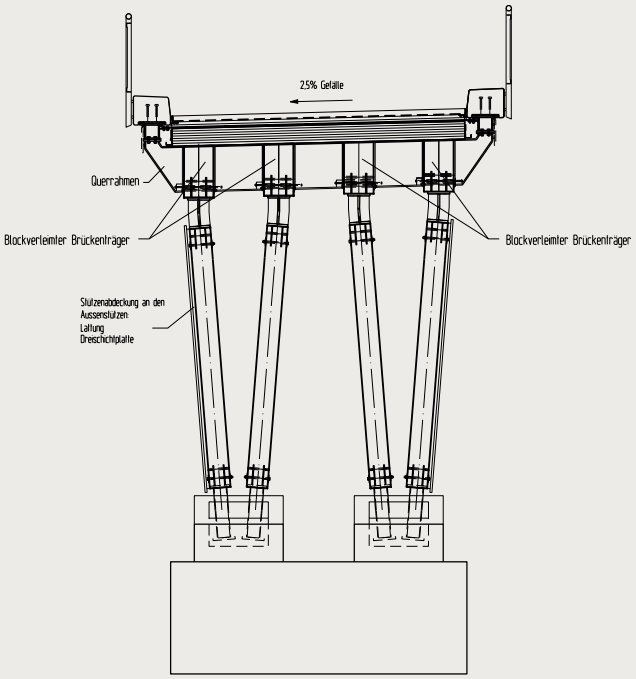
Seit Mitte 2012 freuen sich die Schwarzacher, Bucher und Hengersberger nun, dass sie die rund 9000 Fahrzeuge nicht mehr ertragen müssen. Die donnern jetzt über die Schwerlastbrücke aus Holz und andere.

01 + 02





03

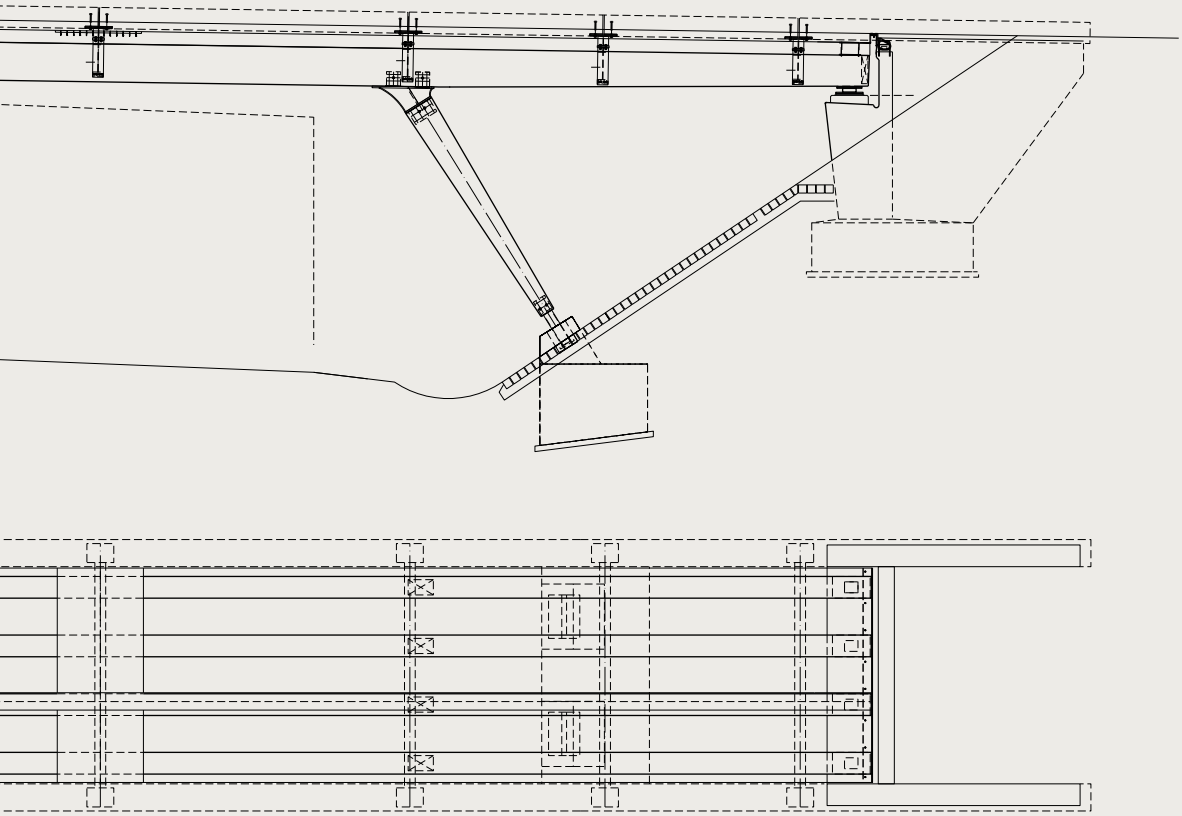


01 Längsschnitt
Dreifeldrige Sprengwerkbrücke mit Schrägstützen. Die Feldweiten betragen 8,20 m – 11,50 m – 8,20 m.

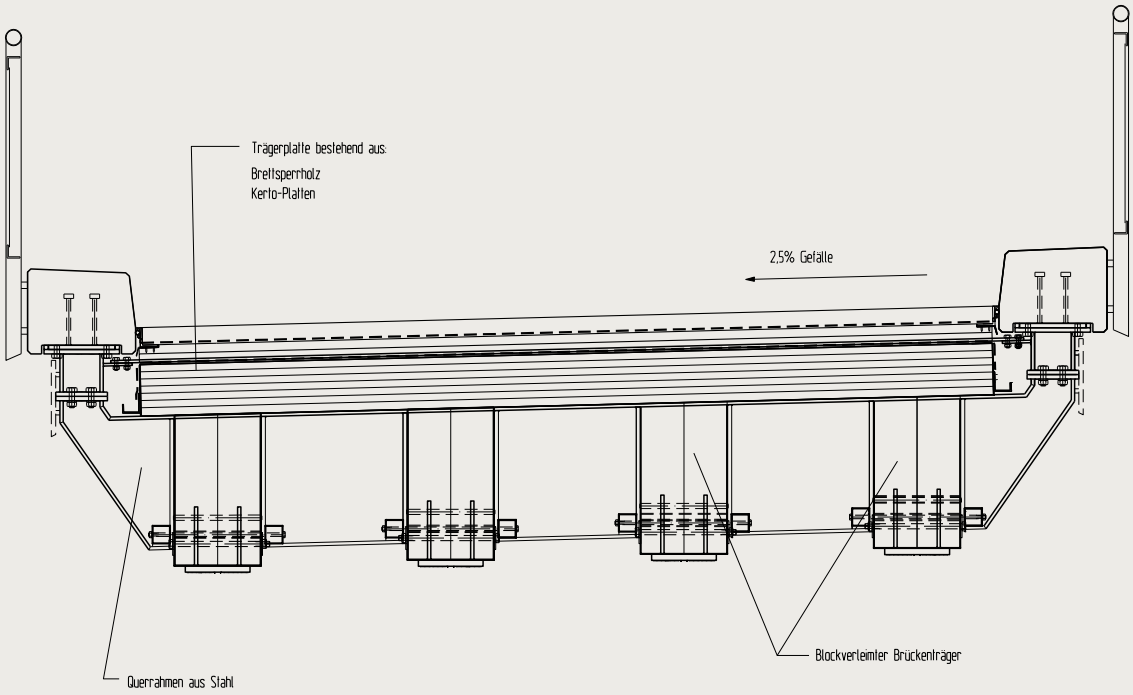
02 Grundriss
Stabilisierende Querträger aus Stahl wurden gestückelt als Querschotts mit durchlaufendem oberen Flansch zwischen die Längsträger eingebaut.

03 Querschnitt Brücke
Ein Sprengwerk aus zwei geneigten, V-förmigen Stützenpaaren trägt den Plattenbalken mit der Fahrbahn.

04 Querschnitt Brückenkörper
Querschnitt der 5 m breiten Schwerlastbrücke mit lichter Fahrbahnbreite von knapp 4 m. Blockverklebter Plattenbalken aus Brettsperrholz-Platte und Längsträgern mit Gussasphalt als geschlossener Fahrbahnbelag.



04


Trägerplatte bestehend aus:
Brettsperrholz
Kerto-Platten
2,5% Gefälle
Blockverleimter Brückenträger
Querrahmen aus Stahl

/// kreuz und quer ///

Architektur . Reto Zindel . Tamins (CH)
Tragwerksplanung . Walter Bieler . Bonaduz (CH)

ARCHAISCH UND MODERN ZUGLEICH: DIE BRÜCKE VAL TGIPLAT IN DER SCHWEIZ

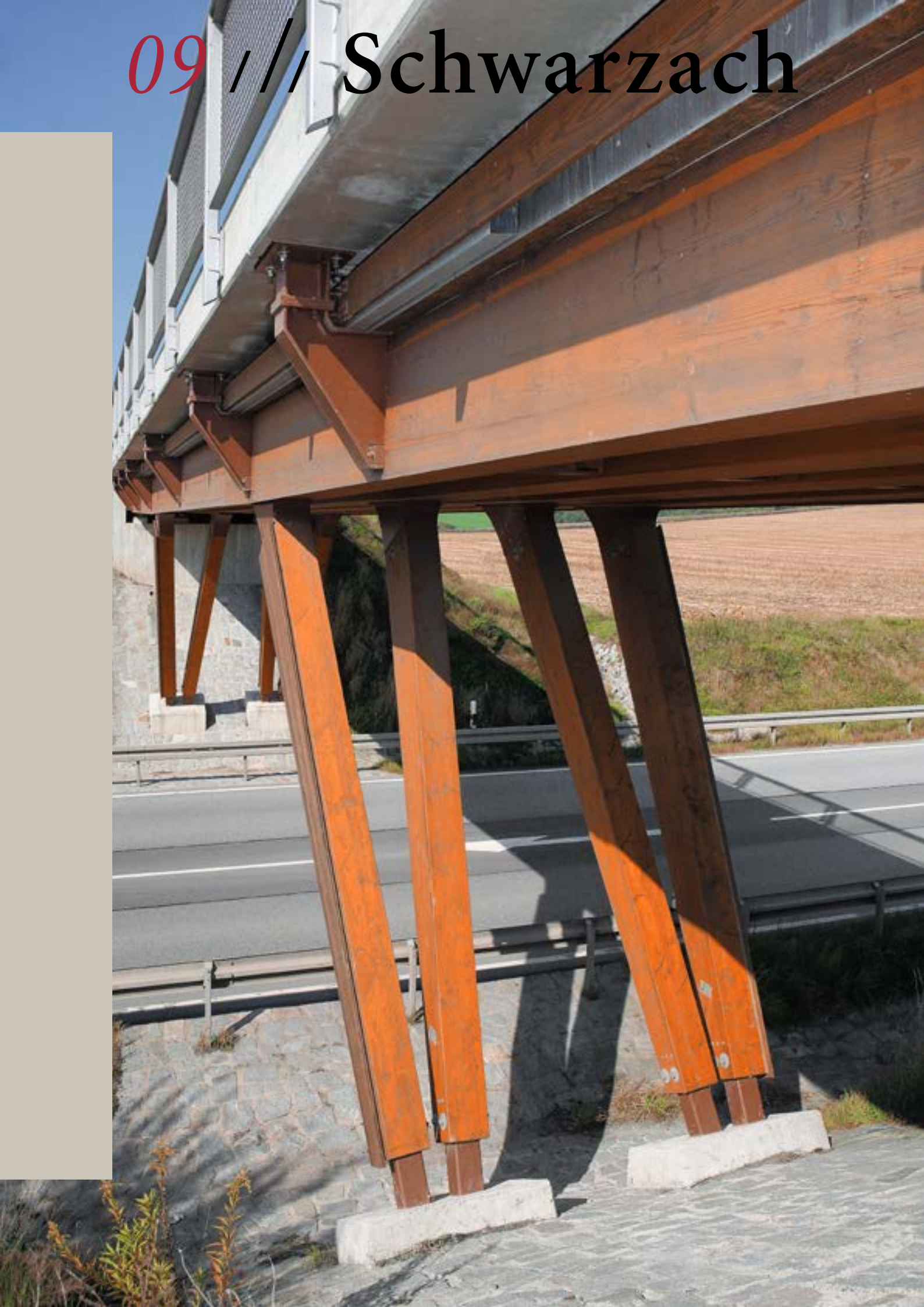
Viele Täler machen die Schweiz zu einem Land der Brücken. Darunter befinden sich 228 gedeckte Holzkonstruktionen. Bis auf wenige Ausnahmen sind diese Brücken 100 und mehr Jahre alt und legen Zeugnis ab für die Dauerhaftigkeit und Anpassungsfähigkeit einer einst weitverbreiteten Bautechnik.

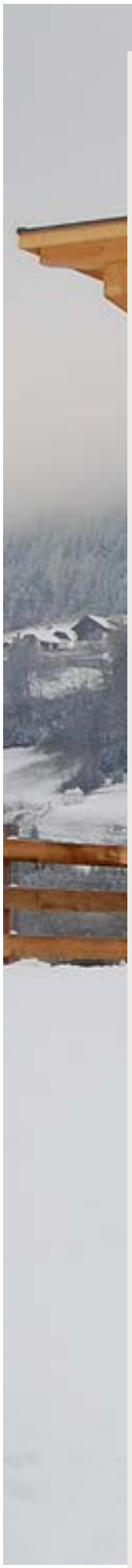
Seit den 1990er Jahren reduziert der Schweizer Ingenieur Walter Bieler die aufwändige Überdachung traditioneller Holzbrücken auf eine wasserdichte Schicht zwischen Belag und Fahrbahnplatte sowie auf einen äußerlichen Wetterschutz für die untenliegende Tragstruktur. Die seitlichen Geländer werden als Verschleißteil betrachtet und lassen sich ebenso auswechseln wie die Verschalungen, die als Wetterschutz dienen. Diese Maßnahmen haben den Bau von Holzbrücken technisch und ökonomisch konkurrenzfähig gemacht.

Ein Meilenstein von Walter Bieler ist die Verkehrsbrücke Val Tgiplat in Graubünden von 1999. Ihr Entwurf wird geprägt von der komplizierten topografischen und geologischen Situation des Tales. Die schwierige Zugänglichkeit des Ortes machte einen Hubschrauber-Transport notwendig. Seine Tragkapazität von 4,5 Tonnen war entscheidend für das statische Konzept. Sie führte zum Verzicht auf schwere Primärträger mit einem Sekundärtragsystem und zur Anordnung der engen Binderschar, die vor Ort mit der Fahrbahnplatte verbunden wurde.

Die Brücke lebt von ihrer modernen, außergewöhnlich körperhaften Erscheinung. Da sie beliebig schwere Fahrzeuge tragen können muss, ließe sich mit der hier angewandten Technik auch eine Autobahnbrücke bauen – eine Vorstellung, die mit dem gewohnten Bild einer Holzbrücke nicht zu vereinbaren ist, die aber zeigt, welche Fortschritte der Bau von Holzbrücken gemacht hat.

09 /// Schwarzach





10 /// **Radlach**

/ Fachwerkbrücke

/ Leichte Überfahrt für Schwergewichte

Die neue Radlacher Brücke über die Drau verbindet den Ortsteil Radlach der Marktgemeinde Steinfeld (Österreich) mit den landwirtschaftlich genutzten Flächen am anderen Ufer der Drau. Sie ersetzt eine alte Holz-Stahl-Konstruktion, die Pioniere des Bundesheeres im Jahr 1965 an dieser Stelle errichtet haben. Ihr Zustand war nach über 30 Jahren so schlecht, dass die Kärntner Landesregierung die weitere Nutzung für sehr bedenklich hielt. Außerdem stellte sie mit ihren drei Mittelpfeilern bereits ein erhebliches Hindernis für den Hochwasserabfluss dar. Die neue Fahrbahnhöhe liegt nun 1,7 m oberhalb des alten Brückenniveaus.

Mit der überdachten und seitlich bekleideten Fachwerkkonstruktion ist ein von weitem sichtbares Brückenbauwerk der Brückenklasse 1 entstanden. Hier queren landwirtschaftliche Fahrzeuge aller Art bis hin zu 40 Tonnen schweren LKWs.
Die Konstruktion wirkt dafür erstaunlich filigran.

10 // Radlach

10 // Radlach

Bauherr . Marktgemeinde Steinfeld (A)
Entwurf / Planung . Holzbau Hofer . Debant (A)
Tragwerksplanung . Hannes Christian Knaus . Magdalensberg (A)

Wahrzeichen

EINE SPUR FÜR 40-TONNER

/ Wahrzeichen im Natura 2000 Gebiet

Im November 2008 wurde die Radlacher Draubrücke eingeweiht und ihrer Bestimmung übergeben. Bereits während der Bauarbeiten wurde der Publikumsmagnet als das „neue Wahrzeichen“ von Steinfeld bezeichnet. Es liegt sogar im Schutzgebietsnetz Natura 2000, das zum Zeitpunkt der Fertigstellung etwas mehr als 16 Prozent der Fläche Österreichs eingenommen hat. Eine Brücke in Holz passt hier natürlich bestens ins Bild. Aber vor allem die landwirtschaftlichen Nutzer freut ihre belastbare Verbindung.

Haupttragwerk mit nicht parallelen Ober- und Untergurten

Das Haupttragwerk besteht aus zwei Fachwerken mit Ober- und Untergurten sowie Pfosten aus Brettschichtholz und Zugdiagonalen in Stahl. Die Obergurte folgen einer Art Zickzacklinie, die die Dachform erzeugen: Ein Satteldach quer zur Fahrbahn mit First in Brückenmitte – der Symmetrieachse des Bauwerkes – und beidseitig an die Traufe angehängten Pultdächern, die sich zu den Brückenenden hin öffnen.

Die beiden Fachwerkträger spannen über zwei Stahlbetonpfeiler zu den Widerlagern hin. Das Mittelfeld wählten die Planer so, dass sich die Pfeiler möglichst nah am Flussufer befinden und dem durchströmenden Wasser möglichst wenig Widerstand entgegensetzen. Daraus ergab sich die Spannweite der beiden Endfelder.

// Im Mittelfeld der 63 m langen Brücke wurden zwei Gerbergelenke angeordnet. So ergeben sich bei der Montage von den Widerlagern ausgehend zwei Einfeldträger mit Kragarm. Ein Einhängeträger verbindet sie und vervollständigt das System zum Dreifeldträger. //

Die Form des Daches ist unter anderem auch das Ergebnis dieser Spannweitenverteilung: In Brückenmitte ergibt sich das größte Moment, so dass hier eine größere statische Höhe der Fachwerke zur Aufnahme der Kräfte nötig war. Das Satteldach hätte mit einer flacheren Neigung und unter Berücksichtigung der erforderlichen Durchfahrtshöhe auch bis zu den Widerlagern weiter geführt werden können, was den Planern jedoch optisch unbefriedigend erschien. So war die Entscheidung zugunsten einer ausgewogenen Proportion schnell dahin gehend getroffen, die Dachneigung über den Hauptauflagern umzukehren und das Satteldach in ein sich öffnendes Pultdach zu überführen. Der relativ knappe Dachüberstand kann allerdings nicht vollständig die direkte Bewitterung der Pfosten verhindern.

Schlanke Querschnitte dank geschickter Konstruktion

Um die Querschnitte im Mittelfeld möglichst schlank dimensionieren zu können, führte man die Fachwerke aus den Endfeldern bis zu den Momenten-Nullpunkten, etwa 9 m über die Hauptauflager ins Mittelfeld hinein und spannte sie über Zugdiagonalen ins Endfeld zurück. Das verringerte die im Untergurt aufzunehmenden Zugkräfte und ergab entsprechend schlanke Querschnitte, die als zweiteilige Brettschichtholz-Träger ausgeführt wurden.

Die Obergurte dagegen wurden blockverklebt. Eine Zweiteilung hätte hier aufgrund der aufzunehmenden Druckkräfte zu größeren Querschnitten geführt.

// Die 63 m langen Fachwerke sind montiert. //

Schubsichere Fahrbahn für 40-Tonnen-LKWs

Die Unterkonstruktion für den Fahrbahnbelag bilden neun Längsträger aus Brettschichtholz auf Stahlquerträgern. Letztere sind in regelmäßigem Abstand über die gesamte Brückenlänge an den Fachwerk-Untergurten befestigt. Eine Bitumenbahn deckt die Längsträger ab und schützt sie vor Witterungseinflüssen. Als Fahrbahnbelag fungieren Bohlen und eine Verschleißschicht – beides aus Lärchenholz.

Damit der Fahrbahnbelag die Schubkräfte, die durch Abbremsen oder Beschleunigen der bis zu 40 Tonnen schweren LKWs entstehen, in die Unterkonstruktion einleiten kann, verbinden spezielle Schrauben die Verschleißschicht mit dem Bohlenbelag und den Bohlenbelag mit den Längsträgern.

Schrammborde aus schraubpressverleimtem Furnierschichtholz fassen die Verschleißschicht seitlich ein. Für die einspurig angelegte Brücke verbleiben als lichte Fahrbahnbreite knapp 4,4 m.

Überdachen ist der beste Holzschutz

Die Planung folgt dem Grundsatz, dass Brücken aus Holz nur dann dauerhaft sind, wenn der konstruktive Holzschutz von Beginn an berücksichtigt wird. Das heißt: Tragende Konstruktionsteile vor direkter Bewitterung schützen, am besten mit einer Überdachung wie hier geschehen.

So besteht die Dachkonstruktion aus 6,80 m langen Sparren, die auf den Fachwerkobergurten aufgelegt wurden und beidseitig 70 cm über die Fachwerke auskragen. Die darauf verlegte Nut- und Feder-Dachschalung erhielt eine zweilagige Bitumenabdichtung als Dacheindeckung. Die Überdachung schützt sowohl die Obergurte als auch die vielen stählernen Verbindungsmittel darin.

Der Untergurt dagegen wird in die Brüstung integriert und erhält rundum eine Winddichtung sowie eine Lärchenholzschalung.

// Ein Stahlbolzen schafft die sichere Verbindung des Montagestoßes. //

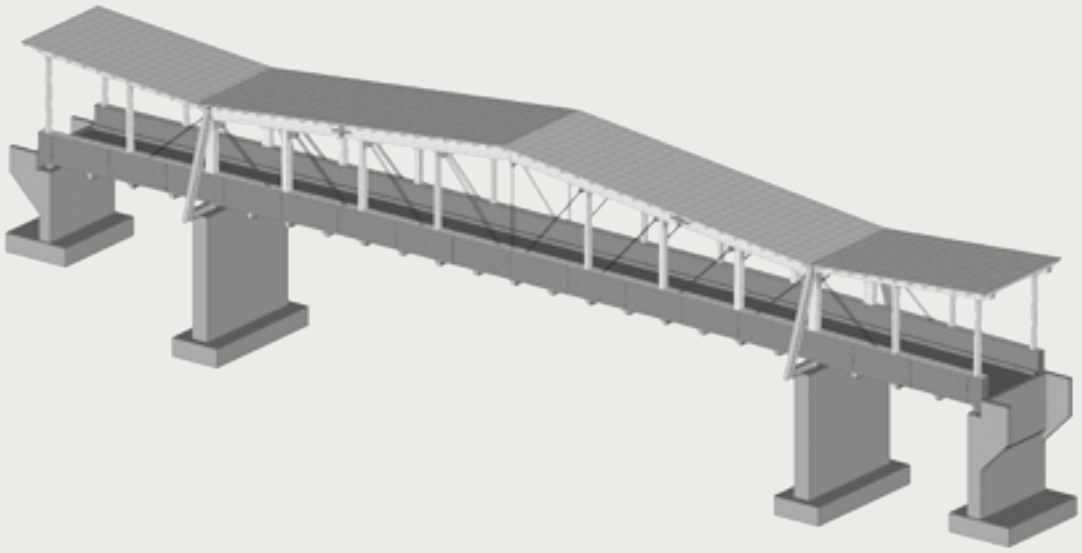
Streben und klassische Windverbände als Aussteifung

Als Queraussteifung gegen Windkräfte fungieren Stahlstreben in den beiden Hauptauflagerbereichen. Da sie in den gleichen Achsen wie die Kehlen der Überdachung liegen, konnte man die Doppel-T-Profile mit Hilfe von integrierten Regenrohren gleichzeitig auch zur Entwässerung der Dachfläche nutzen.

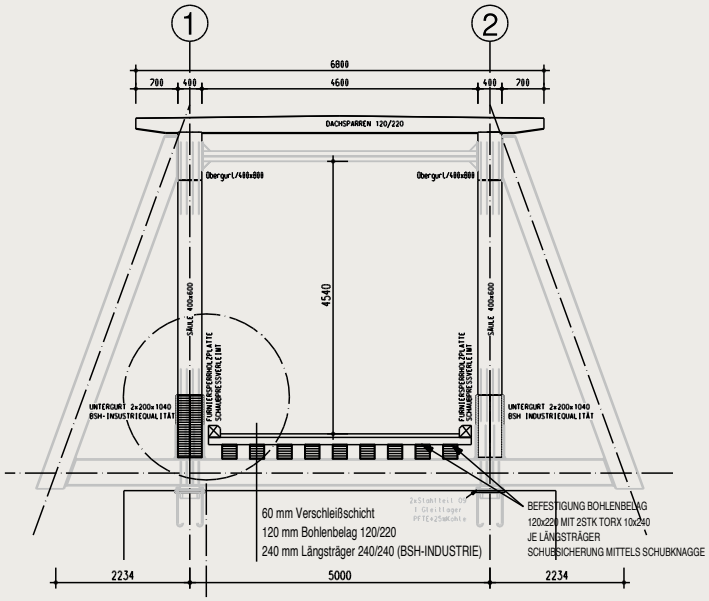
Die Längsaussteifung übernehmen in Obergurtebene stählerne Windverbände zwischen hölzernen Querriegeln, die im Achsabstand der Fachwerkpfosten angeordnet sind, sowie Windverbände zwischen den Stahlquerträgern unterhalb der Fahrbahn.

Die Dachkonstruktion ist nicht als Scheibe ausgebildet und liefert daher auch keinen Beitrag zur Aussteifung.

01



02



01 **Isometrie**
Das Mittelfeld wählten die Planer mit 40 m so, dass sich die Pfeiler möglichst nah am Flussufer befinden. Die beiden Endfelder ergeben sich dadurch mit jeweils etwa 11,50 m Spannweite.

02 **Querschnitt**
Die Fachwerkträger sind im Abstand von 5 m angeordnet. Ihre statische Höhe in den Achsen der Stahlbetonpfeiler beträgt 4,50 m, in Brückenmitte 6,50 m.

/// kreuz und quer ///

Bauherr . Gesellschaft Aubrugg Opfikon (CH)
Entwurf . Santiago Calatrava . Zürich (CH) . Hermann Blumer . Création Holz . Herisau (CH)
Tragwerksplanung . sjb kempter fitze . Frauenfeld (CH)

SKULPTURALE BOGEN-BRÜCKE OPFIKON

Die ehemalige überdachte Aubrücke in Opfikon bei Zürich (Schweiz), auch liebevoll „Aubrüggli" genannt, war eine wichtige Verbindung zwischen den Schweizer Orten Schwamendingen und Wallisellen. In einer Nacht im April 2009 fiel die historische Holzbrücke aus dem Jahr 1810 einem Brand zum Opfer. Der Ersatzbau aus dem Jahr 2016 geht auf einen Entwurf des spanisch-schweizerischen Architekten Santiago Calatrava zurück, wurde aber in Zusammenarbeit mit dem kreativen Holzbau-Ingenieur Hermann Blumer in Form und Ausführung dem Stand des modernen Ingenieurholzbaus angepasst.

Wie eine Riesenschlange mit zwei offenen Schlünden wartet die neue Holzbrücke darauf, Radfahrer und Spaziergänger auf 2,5 m Fahrbahnbreite zu verschlingen und wieder auszuspeien. Die Bogenbrücke spannt mit 4 m Gesamtbreite und 38 m Länge über den Fluss Glatt und kommt auf eine Konstruktionshöhe von 6,50 m. Das Haupttragwerk bilden gegeneinander gelehnte, rund gefräste Brettschichtholz-Bögen, die sich auf zwei Basisbögen abstützen, sowie Längs- und Querträger samt diagonalen Windverbänden als Fahrbahn.

Die zwei Basis-Bögen dienen der Aufnahme der Zugkräfte, die oberen Bögen nehmen die Druckkräfte auf. Verbunden sind sie an den Enden über eine Holz-Holz-Verbindung, einem sogenannten doppelten Versatz. Fünf Stützenpaare sowie horizontale Querstreben zwischen den Bögen steifen das Haupttragwerk zusätzlich aus. Eine darauf aufgesetzte Dachkonstruktion aus aufgeständerten Bögen bilden eine Art Skelett für die UV-beständige High-Tech-Membran, die das Ganze überspannt – sie kann nachts farbig ausgeleuchtet werden. Sie liefert den konstruktiven Holzschutz in Kombination mit kleinen Abflusskanälen, etwa an den „Bogenstößen". Das Geländer ist aus Lärchenholz, der Belag aus geriffeltem Eichenholz. Neben Fußgängern und Radfahrern sollen auch kleine Unterhaltsfahrzeuge bis 3,5 Tonnen Gewicht die Brücke passieren können.

11 /// **Malters**

/ Fachwerkbrücke

/ Eine Brücke wie ein Balken

Hundert Jahre überquerte die alte Enniger Holzbrücke die „Kleine Emme“ in Malters im Schweizer Kanton Luzern. 2005 wurde während eines Unwetters aus dem beschaulichen Fluss ein reissender Strom, der die Brücke mitriss und vollkommen zerstörte. Als Ersatz wurde eine gedeckte Holzbrücke mit einer Spannweite von 42 m erbaut. Das Bauwerk reagiert in seiner äußeren Gestalt auf den speziellen Ort: An der offenen, weitgehend unbekleideten Ostseite bietet sich ein freier Ausblick auf die Berge, während die bekleidete Westseite von einem verbauten Gewerbegebiet ablenkt. Obwohl die Brücke selbstbewusst wie ein massiver Balken über dem Fluss liegt, wirkt sie von Nahem dank der leichten Lamellenbekleidung erstaunlich transparent.

11 // Malters

Bauherr . Straßengenossenschaft Ennigerbrücke/Oberlangnau . Malters (CH)
Entwurf und Tragwerksplanung . Pirmin Jung Ingenieure . Rain (CH)

// Der Brückenquerschnitt ist asymmetrisch. Das Vordach auf der Wetterseite garantiert optimalen Witterungsschutz. //

FLACHDACH AUF FACHWERKTRÄGERN

/ Hohe Ansprüche

Das große Vordach auf der Ostseite des Bauwerks garantiert optimalen Witterungsschutz, somit einen geringen Unterhalt und hohe Dauerhaftigkeit. Auf chemischen Holzschutz verzichteten die Planer vollständig. Die neue Brücke ist etwas höher gesetzt als ihre Vorgängerin und als einspurige, freigespannte Straßenbrücke für Fahrzeuge bis zu 28 Tonnen konzipiert. Mit einer nutzbaren Breite von 3,50 m und einer Höhe von 3,80 m erfüllt sie damit die hohen Ansprüche des überwiegend landwirtschaftlichen Verkehrs.

Fachwerk trotzt den Fluten

Das Erscheinungsbild der Brücke dominieren zwei große, seitlich der Fahrbahn laufende Fachwerkträger. Ihre Obergurte bestehen aus Brettschichtholz, die Untergurte dagegen bildet jeweils ein Stahlprofil, das mit Schlitzblechen und Stabdübeln an die Diagonalstäbe angeschlossen ist. Für die stählernen Bauteile entschied man sich, da sie den Anprallkräften von Schwemmholz stärkeren Widerstand bieten. Zwischen den Profilen liegt die Fahrbahn aus großformatigen, 30 cm dicken Mehrschichtplatten. Sie sind quer zur Fahrtrichtung gespannt und mit den Fachwerkuntergurten verschraubt. Eine Dichtungsbahn und zwei Lagen Gussasphalt sorgen darauf für eine robuste Oberfläche.

11 // Malters

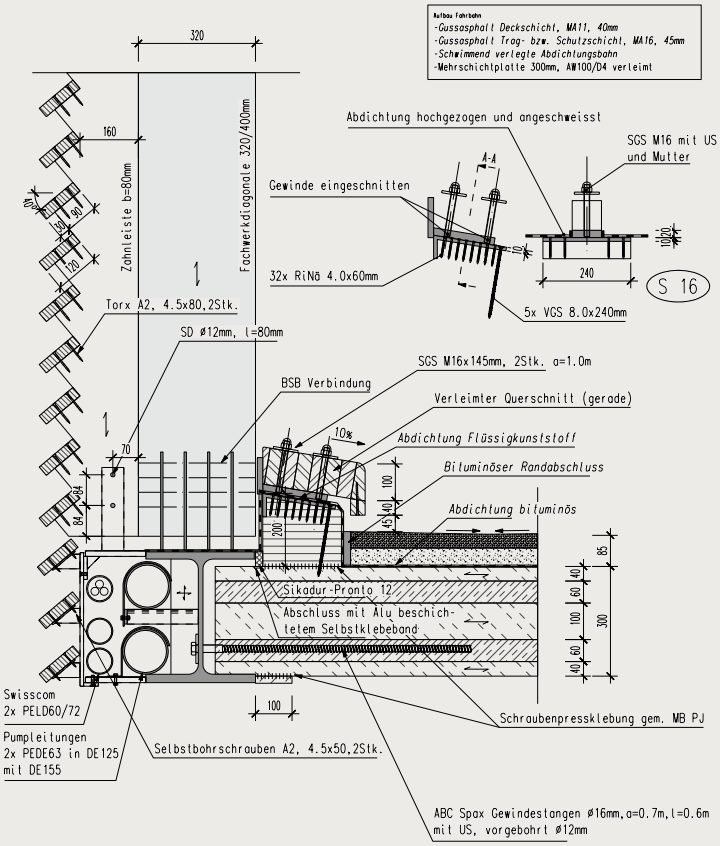
Aussteifung über Dachscheibe

Die gesamte Konstruktion ist in der Mitte um knapp 50 cm überhöht. Horizontal ausgesteift ist die Brücke über die Dachscheibe. Diese leitet die Lasten aus Wind und Verkehr über zwei freistehende Betonpfeiler direkt in die Widerlager ein. Zudem werden Anfahrts- und Bremskräfte von der Fahrbahn direkt in die Widerlager abgetragen.

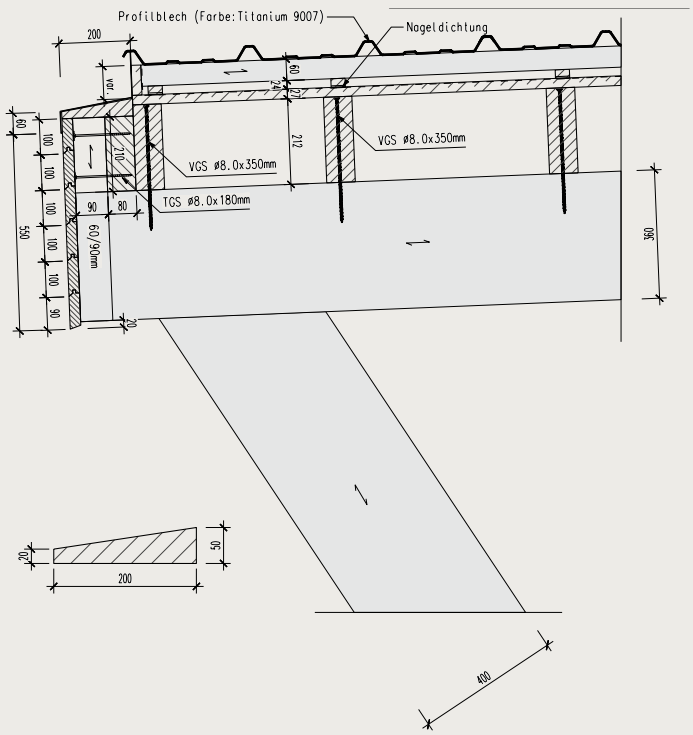
Spektakuläre Montage

Die Brücke wurde in mehreren Teilen in der Halle des Holzbauunternehmers vorgefertigt. Nachts transportierte er die Fachwerke in drei Abschnitten von bis zu 29 m Länge zur Baustelle, wo sie am Ufer des Flusses zusammengebaut und in voller Länge von zwei großen Kränen an ihren endgültigen Ort gehoben wurden.

01



02

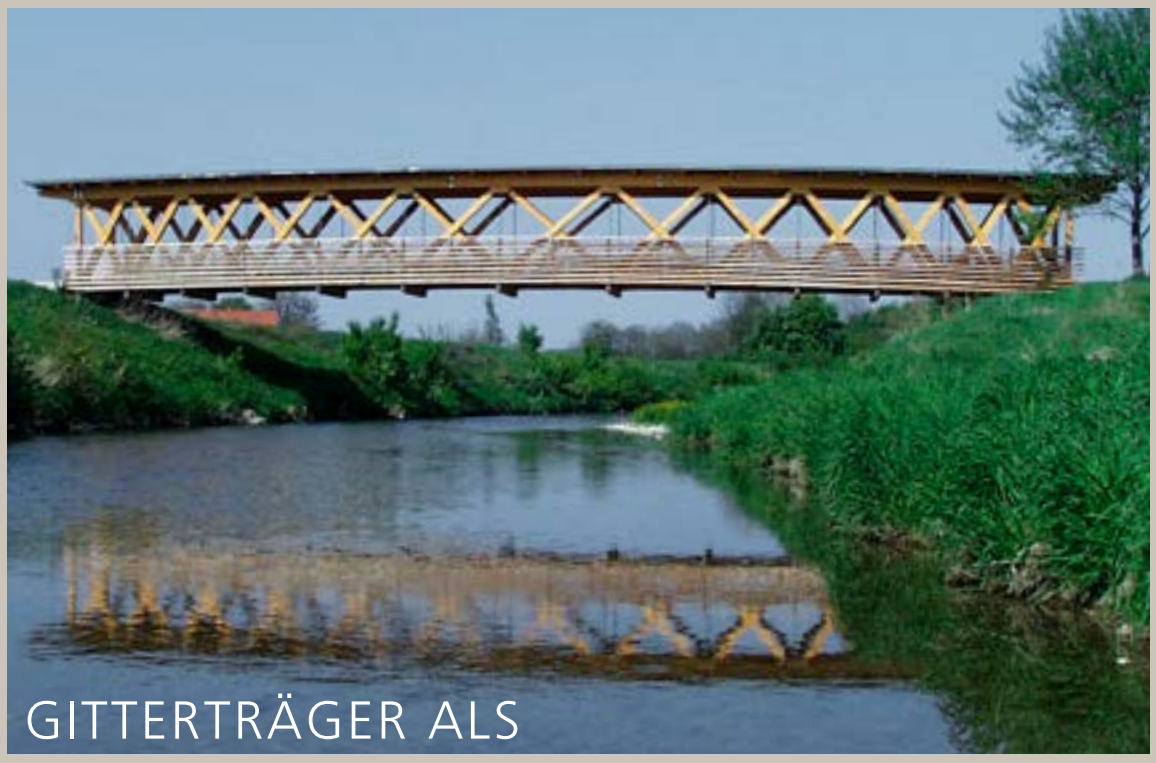


01 Detail
Anschluss Untergurt – Diagonalstäbe – Fahrbahn.

02 Detail
Dachkonstruktion mit Blecheindeckung.

/// kreuz und quer ///

Bauherr . Gemeinde Böheimkirchen . Böheimkirchen (A) . Niederösterreichische Landesregierung . St. Pölten (A)
Entwurf . Karin Luggin-Erol . Wien (A)
Tragwerksplanung . ZT-Büro Wilhelm Luggin . Groß St. Florian (A)



GITTERTRÄGER ALS WEITERENTWICKELTES FACHWERK BÖHEIMKIRCHEN

Die Fachwerkbrücke für den Fußgänger- und Radfahrerverkehr über die Perschling bei Böheimkirchen in Niederösterreich ist das Resultat der Weiterentwicklung eines historischen Tragsystems, dem Howe'schen Gitterträger mit einfacher Raute. Das von Williame Howe (USA, 1803-1853) entwickelte und patentierte Brückenbausystem wurde im 19. Jahrhundert vorwiegend für hölzerne Eisenbahnbrücken eingesetzt. Durch die unterschiedliche Neigung der Druckdiagonalen und den geklebten Knotenhölzern ist die gedeckte, einfeldrige Brücke eine moderne Variante dieses Klassikers. Die Haupttragkonstruktion wird durch das Dach und die seitlichen Holzlamellen vor direkter Bewitterung geschützt.

Mit einer statischen Höhe von 3 m überspannen die Howe'schen Gitterträger den Fluss mit mehr als 31 m. Die Idee, innerhalb der Rauten Rundstähle für die vertikalen Zugglieder zu verwenden und sie vorzuspannen, lehnt sich an das historische Vorbild an. Dadurch können in den Druckdiagonalen des Fachwerks keine Zugbeanspruchungen mehr auftreten. Durch die Vorspannung des Fachwerkes lässt sich außerdem bei der Anschlussausbildung der Diagonalstäbe der Einsatz kostspieliger Stahl-Verbindungsmittel auf das Wesentlichste reduzieren. Im Gegensatz zur traditionellen Knotenausbildung bei Howe'schen Gitterträgern mit Hartholz- oder Gusseisenelementen, wird hier ein geklebtes Knotenholz aus Fichte eingesetzt.
Das Tragsystem ist optimal an die Belastungen angepasst. So werden die Diagonalen zu den Auflagern hin steiler, die Feldlängen im Fachwerk dadurch kürzer und das Fachwerk gewinnt an Dichte. Umgekehrt nimmt die Transparenz zur Brückenmitte hin zu und lädt zum Verweilen und zum Ausblick ein.

12 /// **Peiden-Bad**

/ Sprengwerkbrücke

/ Ein Wald für eine Brücke

Der Glenner zählt zu den reissendsten Flüssen im Schweizer Kanton Graubünden, immer wieder spülte er hier Brücken weg. Weil das zuletzt errichtete Bauwerk aus Stahl erhebliche Korrosionsschäden aufwies, plante das örtliche Tiefbauamt im Jahr 2000 einen Ersatzbau aus Beton. Die betroffene Gemeinde Camuns bestand aber auf eine Holzbrücke und unterstrich ihren Wunsch mit dem Angebot, das Holz kostenlos bereitzustellen.
Es sollte aus einem Wald hoch über der Gemeinde stammen, der den Namen „Uaul la Punt“ trägt: Brückenwald. Dieser war bis in die 1970er Jahre Kooperationswald der Gemeinden und für die Brücken in Peiden-Bad vorgesehen. Die Ingenieure Conzett Bronzini Partner überzeugten das Tiefbauamt, dass eine Brücke zum selben Preis und zur selben Güte aus Holz gebaut werden kann. Lange Transportwege lassen sich so vermeiden und die Wertschöpfung bleibt in der Region.

12 /// Peiden-Bad

Bauherr. Tiefbauamt Kanton Graubünden . Chur (CH)
Tragwerksplanung. Conzett Bronzini Partner AG . Chur (CH)

SICHTBARER KRAFTFLUSS

/ Eine expressive Konstruktion

Das Tragwerk aus einem zentral angeordneten Holzsprengwerk und einer als schützendes Vordach ausgebildeten Betonfahrbahnplatte ist einfach und sehr anschaulich. Bis zu 13 m lange Holzbalken sind in den Widerlagern der Vorgängerbrücke verankert und weiten sich beidseitig wie Fächer bis zur Brückenmitte aus. Die einzelnen Stäbe des Sprengwerks gleichen Kraftlinien, deren Verlauf über die ganze Spannweite zu verfolgen ist.

Druck auf Widerlager

In regelmäßigen Abständen nehmen die Druckstäbe die Kräfte von der Fahrbahn auf und leiten sie zu den Knoten bei den beiden Widerlagern. Aussteifende Stäbe führen orthogonal vom untersten Gurt zu den geometrischen Knickpunkten unter der Fahrbahn und verbinden auch optisch die Schar der Druckglieder zu einer harmonischen Einheit. Beim Auflager nimmt eine massive Stahlplatte die Kräfte der 35 ankommenden Druckstäbe auf. Sie gibt den Druck über einen Betonsockel auf acht Pfähle in das Erdreich ab.

Bauherr . Cree Nation of Mistissini . Quebec (Kanada)
Tragwerksplanung . Dessau Inc. . Quebec (Kanada)

STREBENBÖCKE: NICHT NUR, ABER AUCH ARCHITEKTONISCHES ELEMENT

Die 160 m lange Holzbrücke über den Uupaachikus Pass in Mistissini, Quebec (Kanada), ist eine 9,25 m breite, vierfeldrige Brücke mit Spannweiten von 37 m, 43 m, 43 m und 37 m. Acht Brettschichtholz-Längsträger und -Bogensegmente bilden das Haupttragwerk. Alternierende Querschotts stabilisieren sie und bilden mit ihnen eine Art Trägerrost.

Die Längsträger sind jeweils als „Doppelträger auf Abstand" angeordnet – je zwei an den Rändern und zwei Mal zwei dazwischen. Sie unterteilen sich in Trägerteile über den Auflagern und solche in den Feldern. Letztere sind mit einer maximalen Teillänge von 24 m kürzer als die Feldlängen selbst. Eine besondere Konstruktion im Bereich der Auflager ermöglichte ihren Anschluss auf raffinierte Weise: Die Längsträgerstücke, die wie ein „T-Strich" über die Brückenpfeiler geführt sind, nehmen jeweils einen Zwillings-Bogenbinder in die Zange, schließen über Verschraubungen an ihn an und bilden so eine Art Bockkonstruktion aus. Dabei stützen sich die Fußpunkte der Bogenbinder über gelenkige Anschlüsse an den Brückenpfeilern und Widerlagern ab. Das über die Enden der Längsträger hinausgeführte Stück der zweiteiligen Bogenbinder dient schließlich den kurzen Längsträgern im Feld als Anschlussholz. Die Bogenbinder minimieren einerseits die Spannungen innerhalb der Konstruktion, sind andererseits aber auch Teil des architektonischen Konzepts und machen die Besonderheit des Bauwerks aus.

Die Fahrbahn aus Brettschichtholz-Platten, die einen wasserdichten Aufbau mit bituminösem Belag erhielt, schützt das Holztragwerk darunter. Die Bauherrin, die Cree Nation of Mistissini, hat sich auf eine Holzkonstruktion eingelassen, weil sie davon ausging, dass sie lange Freude an der Brücke haben wird. Auch vor dem Hintergrund, dass die Temperaturen dieser Region auf Holz weniger schlechten Einfluss haben als auf Stahl oder Beton. So konnte man etwa auf Dehnungsfugen verzichten, was dem Bauwerk eine höhere Lebensdauer verleiht.

// Die gebündelten Stäbe treffen auf das Widerlager. //

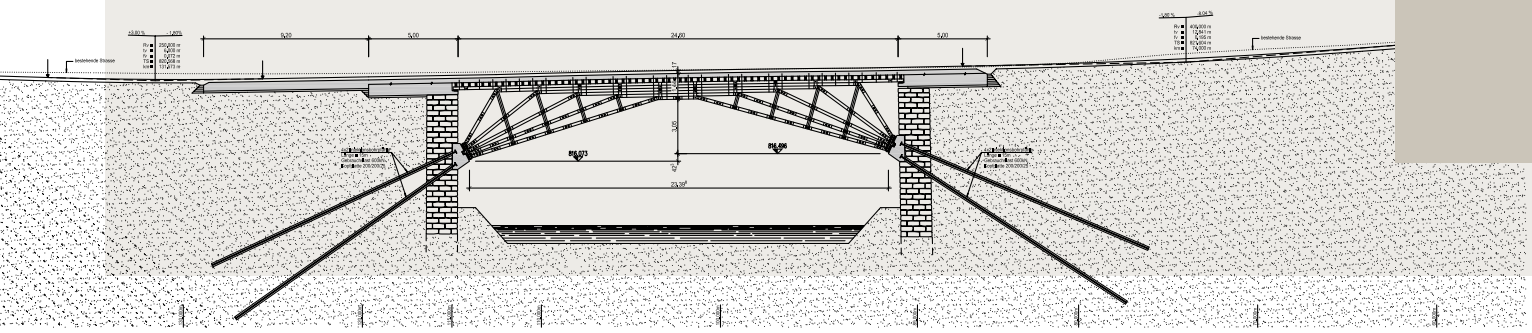
Fahrbahn als Dach

Die Ausbildung der Verbindung von schrägen Streben und horizontalen Trägern ist verblüffend einfach. Die jeweils sieben nebeneinander liegenden Streben sind seitlich miteinander verschraubt. Der Übergang zwischen den rechtwinklig abgelängten Hölzern wurde dann mit einem Fliessmörtel vergossen. Die oberste Balkenlage ist mit der Fahrbahnplatte aus Beton verbunden. Letztere wirkt aussteifend und leitet die durch Belastungen hervorgerufenen Momente in die Widerlager ab. Seitlich weit auskragend verhindert sie außerdem, dass das Holz bei Regen nass wird, also ein wirkungsvoller konstruktiver Schutz: Die Fahrbahn als das Dach der Holzbrücke.

Zwischen allen Hölzern wurden die Kontaktflächen auf das Minimum beschränkt, für eine konsequente Luftumspülung der gesamten Konstruktion gesorgt und bei den bewitterten Bauteilen horizontale Flächen vermieden. So ist durch die rasche Austrockung von Feuchtigkeit eine lange Lebensdauer der Brücke garantiert. Diese Massnahmen erlaubten die Verwendung von Schnittholz und den Verzicht auf chemischen Holzschutz.

Das Holz aus dem gemeindeeigenen Wald war für diese Brücke gewachsen. Mittig unter das Betonband platziert, spannt nun das hölzerne Sprengwerk 25 m. Die Fahrbahn ragt seitlich über das Tragwerk hinaus, schützt es so vor Wind und Wetter. Lastwagen überqueren problemlos die Brücke, nichts ahnend von der expressiven Konstruktion mit ihrer ungewohnten Materialkombination.

01



/// kreuz und quer ///

Bauherr . Landeshauptstadt München
Entwurf / Tragwerksplanung . Richard J. Dietrich . München .
in Zusammenarbeit mit Suess Staller Schmitt . Gräfelfing

// Stahlguss in Serie. //

EINE REKORDVERDÄCHTIGE BRÜCKE ÜBER DIE ISAR

1991 wurde als Ersatz für eine alte zimmermannsmäßig konstruierte Holzbrücke über die Isar in München Thalkirchen aus dem Jahre 1909 eine neue, ungewöhnliche Brücke errichtet. Sie ist in ihrer Gestalt ohnegleichen, da die filigrane Konstruktion mit einem Raumfachwerk aus Holz und Gussstahl bis heute in diesen Dimensionen im Brückenbau ein Einzelfall geblieben ist. Das Flächentragwerk beeindruckt durch eine Länge von immerhin 195 m und eine Deckbreite von 13,00 m.

Der Architekt Richard J. Dietrich nutzte für diese Verkehrsbrücke die Beton-Fundamente des Vorgängerbauwerks, so dass kein Eingriff in den Fluss erforderlich war. Zwischen den Pfeilern ergibt sich eine bogenförmige Ansicht. Das in allen Feldern geometrisch gleiche Raumfachwerk besteht aus Brettschichtholz-Stäben von nur drei verschiedenen Querschnitten. Die Standardisierung der Einzelteile war wesentliche Voraussetzung, um das kompliziert und aufwändig wirkende Tragwerk wirtschaftlich im Kostenrahmen herzustellen. Auch die Gussstahlköpfe wurden in großer Stückzahl als Bausystem rationell gefertigt und dann in größeren Montageeinheiten vormontiert und in wenigen Arbeitsgängen an der Baustelle montiert.

Das Haupttragwerk ist vor Witterungseinflüssen gut geschützt. Unter der Fahrbahn wurde eine Blechtafel verlegt, auf der ein Asphaltbelag aufgebracht ist.

Nach mehr als 25 Jahren Standzeit weist die Konstruktion der Brücke bis heute keine Wetterschäden auf. Auch die aus Lärchenholz hergestellten Geländer sind gut erhalten. Lediglich die Beläge auf der stark frequentierten Brücke, aus Eichenholz auf den Gehbahnen und aus Asphalt auf der Fahrbahn, wurden inzwischen wegen Abnutzung erneuert.

Die Thalkirchner Brücke verbindet Material, Struktur und Form zu einer gelungenen Gestalt und fügt sich in die Flusslandschaft des Münchner Erholungsgebiets vorteilhaft ein.

Klimaschutz und Holzbrücken

ANNETTE HAFNER, ÖZLEM ÖZDEMIR

Holz als der älteste Baustoff für den Brückenbau entfernt sich schon seit längerer Zeit aus der Nische, in die er durch die Entwicklung neuer Baustoffe und die Einführung von Stahl und Beton geraten ist. Es sind vor allem – aber nicht nur – technische Fortschritte, die zu einer Wiederentdeckung des Baumaterials Holz im Brückenbau führen.

Eine besondere Rolle spielt die Ästhetik und Gestaltung vor allem von Fuß- und Radwegbrücken, deren Errichtung in Parks, im landschaftlichen wie auch städtischen Kontext zu neuer öffentlicher Wertschätzung führt.

Und jetzt tritt noch die Erkenntnis hinzu, dass auch im Brückenbau der Einsatz nachwachsender Baumaterialien einen eigenständigen Beitrag leisten kann, die 2015 in Paris vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen. Dieser Text möchte darstellen, woher sich der positive Beitrag von Holzbrücken zur Erreichung von Klimaschutzzielen gründet und was hierfür notwendig ist.

Klimaschutzziele und Holz

In der 2. Verpflichtungsperiode des Kyotoprotokolls wurden die Regeln der Inventarisierung und Quantifizierung der Forst- und Holzbranche überarbeitet. Seitdem sind die Berichterstattung und der Einbezug der Waldbewirtschaftung verpflichtend eingeführt. Dies führt dazu, dass die temporären, dynamischen Veränderungen im Kohlenstoffpool von geerntetem und verwendetem Holz explizit zu berücksichtigen sind. Damit können Bauwerke aus Holz für den Klimaschutz interessant werden. Jede Erhöhung der stofflichen Holznutzung – und damit vor allem eine Ausweitung der Nutzung von heimischem Holz im Baubereich – wirkt sich positiv auf das Ergebnis der CO_2- Bilanz aus, welches auch für Deutschland gegenüber einer bereits festgelegten Referenz (Referenzlevel der Waldbewirtschaftung) am Ende der Verpflichtungsperiode ermittelt wird. Die Quantifizierung der zu erwartenden Klimawirkung eines verstärkten stofflichen Holzeinsatzes ist somit auch auf nationaler Ebene von großer Bedeutung und kann zur Erhöhung der Senkenleistung des Waldes beitragen.

Verfügbarkeit des Rohstoffes Holz

Um die Auswirkungen der zugrunde gelegten Klimaneutralität von Holz in Bezug auf die CO_2-Bilanz der Wälder zu reflektieren, kann nur Holz aus heimischen Wäldern als Beitrag zum Kohlenstoffspeicher in Holzprodukten berücksichtigt werden. Dies schließt Holz, das in Regenwäldern geschlagen wird oder aus illegaler Abholzung herkommt, von der Bilanzierung aus. Deshalb wird auch in der öffentlichen Beschaffung ein Nachweis verlangt, dass das eingesetzte Holz über ein Zertifikat des FSC (Forest Steward Councilship) oder des PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes) verfügt oder aus regionaler Bewirtschaftung stammt.

Die Wälder, wie wir sie in Deutschland vorfinden, sind fast ausschließlich Kulturwälder, die nachhaltig bewirtschaftet werden. Neben der Holznutzung haben unterschiedliche Schutz- und Erholungsfunktionen sowie die Pflege der biologischen Vielfalt einen hohen Stellenwert. Aus den Ergebnissen der Bundeswaldinventuren wissen wir, dass in deutschen Wäldern mehr Holz nachwächst als eingeschlagen wird. Deshalb ist auch bei einem sehr starken Anstieg von Brücken und anderen Bauwerken in Holzbauweise genügend heimischer Vorrat vorhanden, um die Nachfrage mit nachhaltiger Bewirtschaftung zu decken.

Das Bauwerk als Kohlenstoffspeicher

Generell stellen in Brücken oder allgemein im Bauwerk verbaute Holzprodukte einen temporären Kohlenstoffspeicher dar, der die Freisetzung des Kohlenstoffs solange verzögert, bis das jeweilige Bauteil entsorgt wird. Erst bei der Entsorgung wird der Kohlenstoff durch energetische Nutzung (= Verbrennung) des Holzes freigesetzt. Je länger ein Holzprodukt stofflich genutzt ist, desto länger kann die Speicherwirkung aufrecht erhalten bleiben. Eine Brücke aus Holz kann deshalb als temporärer Kohlenstoffspeicher bezeichnet werden.

Im Rahmen der Ökobilanz wird die in der Brücke gebundene Menge des Kohlenstoffs nachgewiesen und in der Erstellungsphase (mit negativem Vorzeichen) angerechnet. Bei Beseitigung der Brücke oder einzelner Teile wird der Kohlenstoffspeicher aufgelöst und bei der Entsorgung werden die Treibhausgasemissionen für die Verbrennung berechnet. Die negative Anrechnung in der Herstellung und die Anrechnung der Treibhausgasemissionen in der Entsorgung gleichen sich somit aus. In diesem Zusammenhang wird deshalb oft vereinfachend von der Klimaneutralität der nachwachsenden Rohstoffe gesprochen. Zusätzlich können potenzielle Gutschriften nach Ende des Lebenszyklus ausgewiesen werden. Hier trägt das verbaute Holz durch seine hohe Gutschrift bei energetischer Verwertung zu einer sehr positiven Bewertung bei.

Ressourceneffizienter Brückenbau

Wenn auch ein Kohlenstoffspeicher in Brückenbauwerken zum Erreichen von Klimaschutzzielen beiträgt, deutet zunächst alles auf eine möglichst großzügige Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen hin. Im Sinne einer ressourceneffizienten Nutzung des Materials und dem sinnvollen Einsatz von Holzkonstruktionen darf dieser Schluss jedoch nicht voreilig getroffen werden. Für jede Bauaufgabe sollte deshalb aufs Neue die Abwägung zwischen materialeffizientem Einsatz von Holz und umfassendem Kohlenstoffspeicher getroffen werden. Die Optimierung wird nach tragwerksplanerischen, gestalterischen und ökonomischen Kriterien immer einen Kompromiss darstellen.

In Brücken führt dies deshalb oft zu Hybridkonstruktionen, in denen das Tragwerk in Verbindung mit Stahl und Beton ausgeführt wird. Jedoch kann auch hier der sinnvolle Einsatz von Holz im Tragwerk und bei der Ausstattung (etwa mit Geländern) einen nicht unwesentlichen Beitrag zum Kohlenstoffspeicher und damit zur Erreichung von Klimaschutzzielen leisten. Wenn Holzbrücken unter Berücksichtigung des konstruktiven Holzschutzes gebaut werden, steht einer Nutzungsdauer von über 60 Jahren nichts im Wege.

ÖKO-LOGISCH

Um Konstruktionen mit möglichst optimiertem CO_2-Fußabdruck zu erhalten, sind bereits in den frühen Planungsphasen die Weichen in die beabsichtigte Richtung zu stellen. Deshalb sollten vom Auftraggeber schon zu Planungsbeginn Ziele festgelegt werden, um den Kohlenstofffußabdruck des Tragwerks zu optimieren. Die Berücksichtigung von Umweltbelangen ist auch bei öffentlichen Ausschreibungen inzwischen uneingeschränkt möglich. Vorgaben lassen sich zum Beispiel über die Höhe des Kohlenstoffspeichers oder Ökobilanzergebnisse definieren.

In der Vorentwurfsphase sollten Zielwerte unter Berücksichtigung folgender Vorgaben festgelegt werden:

- Der Einsatz von Holz im Bereich des Tragwerks von Brücken hat den größten Einfluss auf die Ergebnisse einer Ökobilanz.

- Die Festlegung der Instandhaltungszyklen für einzelne Bauteile hat Einfluss auf die Konstruktion. Eine hohe Qualität der Bauausführung und konsequente Instandhaltung kann den Lebenszyklus der Bauteile verlängern. So lässt sich die festgelegte Lebensdauer überschreiten.

- Entsorgungsszenarien für die gesamte Konstruktion sollten erstellt werden, um die Weiternutzung von Holzbauteilen zu ermöglichen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass Holz als nachwachsender Baustoff in Europa ausreichend vorhanden ist. Durch die Eigenschaft von Holz und Holzwerkstoffen, Kohlenstoff im Material zu speichern bis es entsorgt wird, kann der Holzbau für den Klimaschutz nützlich sein. Der temporäre Kohlenstoffspeicher wird für die Klimabilanz im Rahmen des Kyotoprotokolls mitangerechnet. Jede neue Brücke, die als reine Holzbrücke oder auch als Hybridbrücke mit einem Tragwerk oder Überbau aus Holz erstellt wird, trägt unmittelbar zum temporären Kohlenstoffspeicher bei.

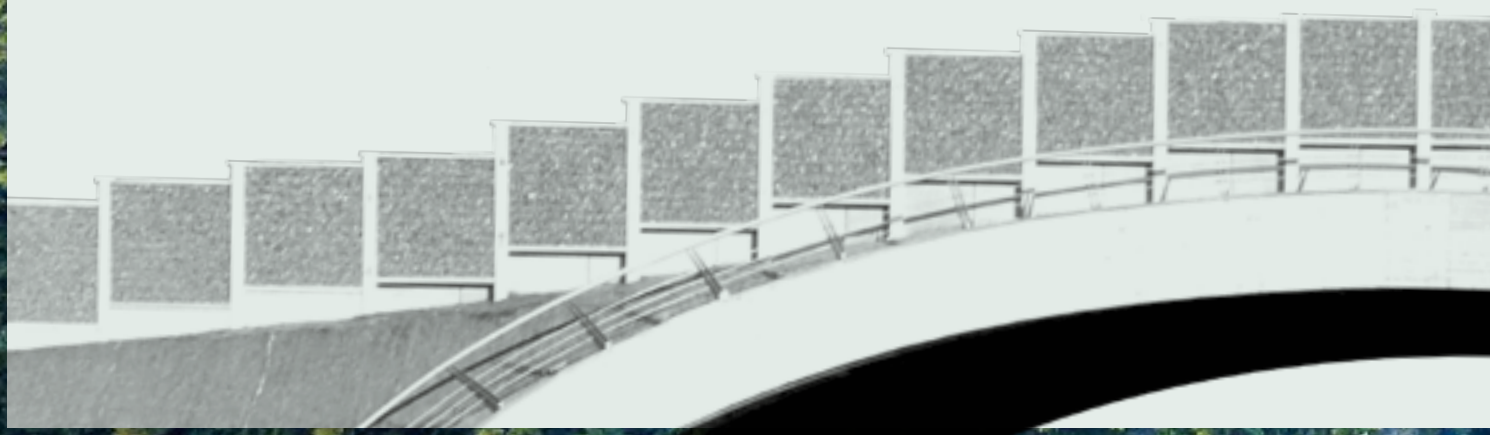
Es ist deshalb ohne Weiteres möglich mit heutigen Konstruktionen einen eigenständigen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, wenn Holz als Baustoff in Brücken verwendet wird. Hierzu sind keine zusätzlichen Entwicklungen von Technologien nötig, alleine der Bauherr muss diese Anforderung in seiner Ausschreibung verlangen.

//Grün

Grünbrücken sind anders zu planen als Straßenbrücken

Grünbrücken unterscheiden sich von Straßenbrücken vor allem durch geringere Nutzlasten. In Ausnahmefällen können sie aber auch Fahrzeuglasten tragen. Für Straßenbrücken entwickelte Gestaltungsrichtlinien lassen sich nicht auf Grünbrücken übertragen. Es gibt einige Regeln, die bei der Planung zu berücksichtigen sind:

- Der Brückenstandort muss im Bereich eines Hauptwanderweges der Tiere liegen. Dafür sind entsprechende Untersuchungen in der Natur erforderlich, sofern es keine speziellen Karten gibt.
- Das Geländeprofil muss für den Wildwechsel so gestaltet werden, dass die Tiere es annehmen.
- Die Nutzungsbreite im Scheitel der Brücke sollte nach dem Merkblatt für Querungshilfen im Mittel 50 m betragen, kann aber im eingeschnürten Scheitelbereich auf etwa 40 m verringert werden.
- Besonderes Augenmerk ist auf Bepflanzung, Blend- und Lärmschutz sowie die Absturzsicherung zu legen. Die Schutzwände sollten mindestens



brücken //

Grünbrücken sind erdüberschüttete und bepflanzte Überführungsbauwerke, die für den gefahrlosen Wildwechsel besonders von Reh-, Rot- und Schwarzwild gedacht sind. Sie sorgen dafür, dass Naturräume, die von Straßen zerschnitten sind, für die Fauna vernetzt bleiben. Denn Wild wandert auf bestimmten Wegen, die oft quer über Straßen führen, zur Paarung in fremde Reviere. Ohne Übergänge bedeuten solche Wildwechsel eine tödliche Gefahr für Menschen und Tiere.

Mit Blick auf die vielen Wildkollisionen und Verkehrstoten aus Wildunfällen pro Jahr sind sich Naturschützer und Straßenbaulastträger inzwischen einig, dass die Zahl der Querungshilfen deutlich erhöht werden muss.

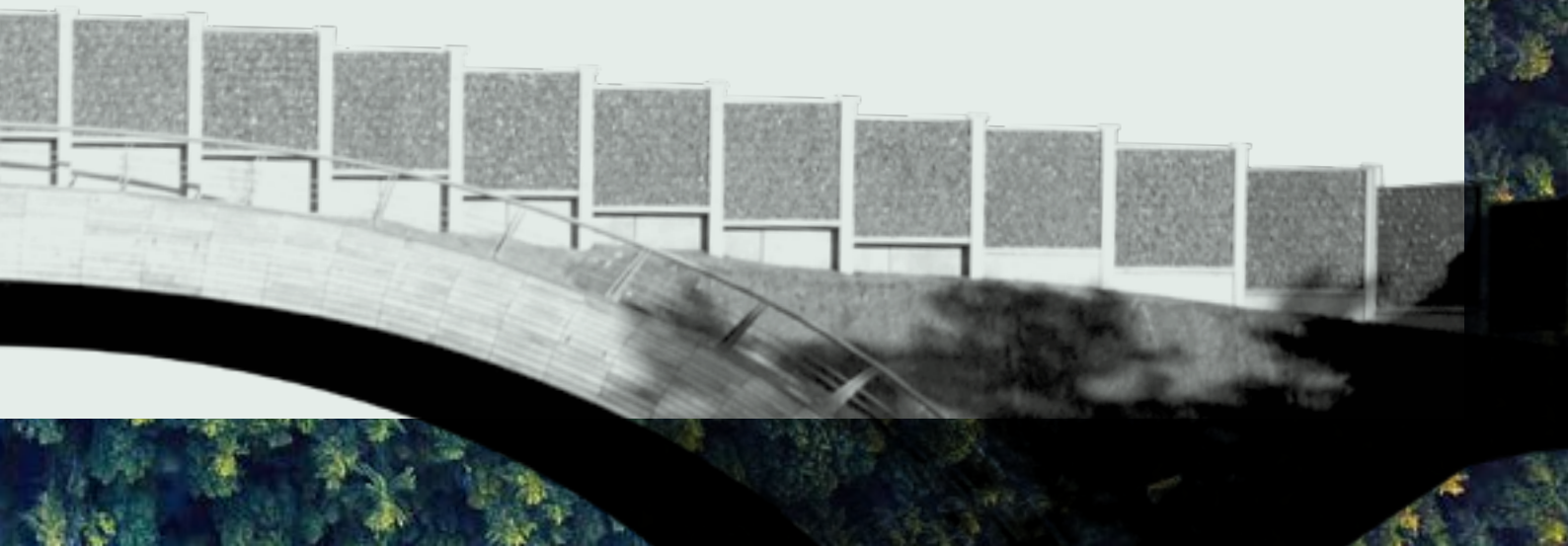
2 m hoch sein und sich über die beiden Brückenenden hinaus trichterförmig aufweiten.

- Die Bepflanzung entlang der Zäune und auf der Brücke ist abhängig von der Wurzeltiefe. Im Scheitelbereich sollten die Überschüttung und die mögliche Wurzeltiefe bei etwa 50 cm liegen. Zu den Widerlagern hin wird sie dann schnell grösser.

Erdüberschüttete Holzkonstruktion

Die Eigenlast der Brückenkonstruktion spielt bei Grünbrücken im Gegensatz zu Fußgänger- und Straßenbrücken eine untergeordnete Rolle, obwohl auch hier Holz Vorteile hat wie z. B. die geringere Baugrundbelastung.

Der Holzbrückenbau hat sich in den vergangenen zehn Jahren sehr positiv entwickelt und ermöglichte dauerhafte Brückenbauwerke. Die Planung und der Bau einer Grünbrücke in Holz verbinden Natur in optisch ansprechender Art und Weise.



13 /// Luckenwalde

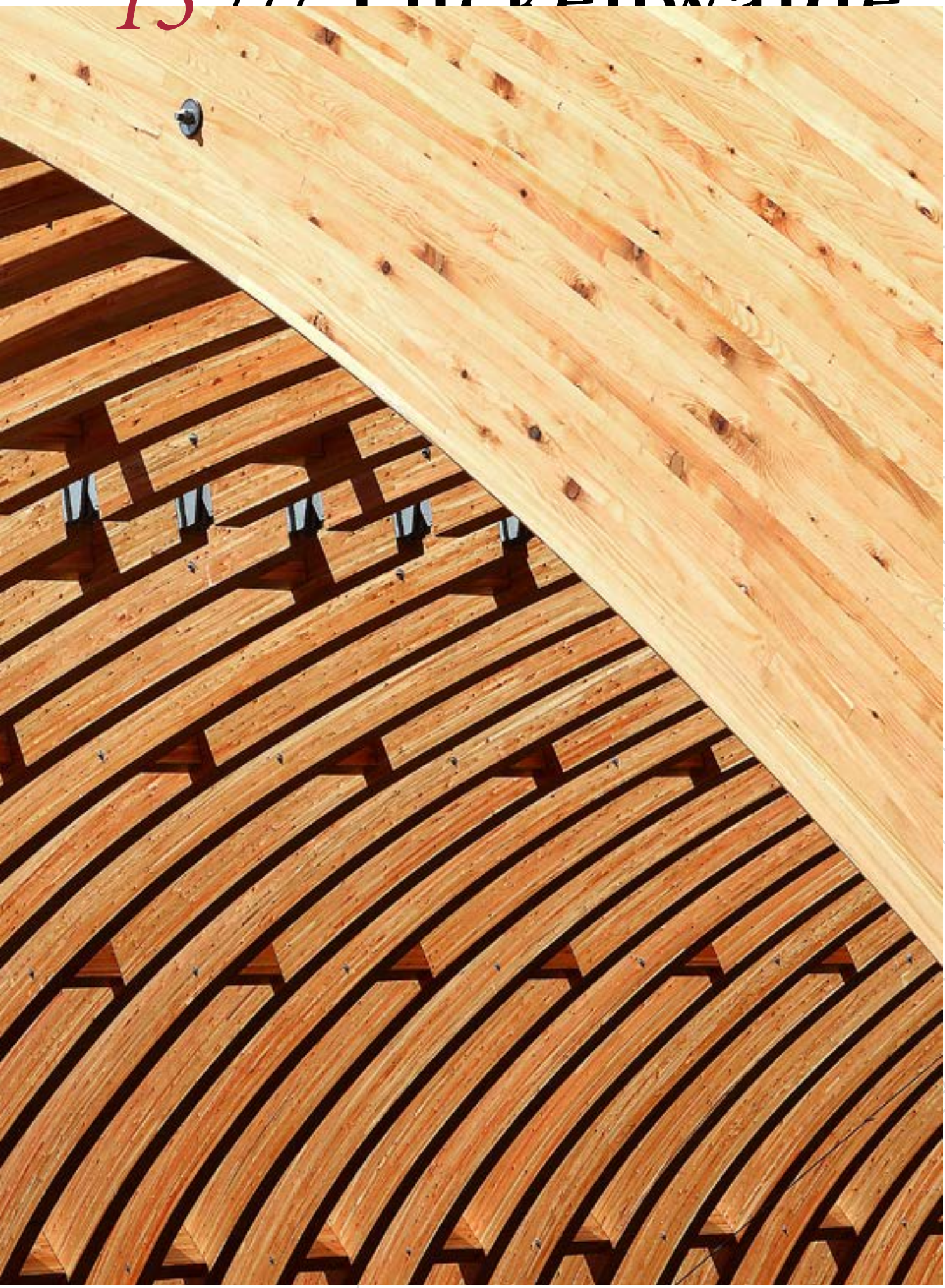
/ Grünbrücke

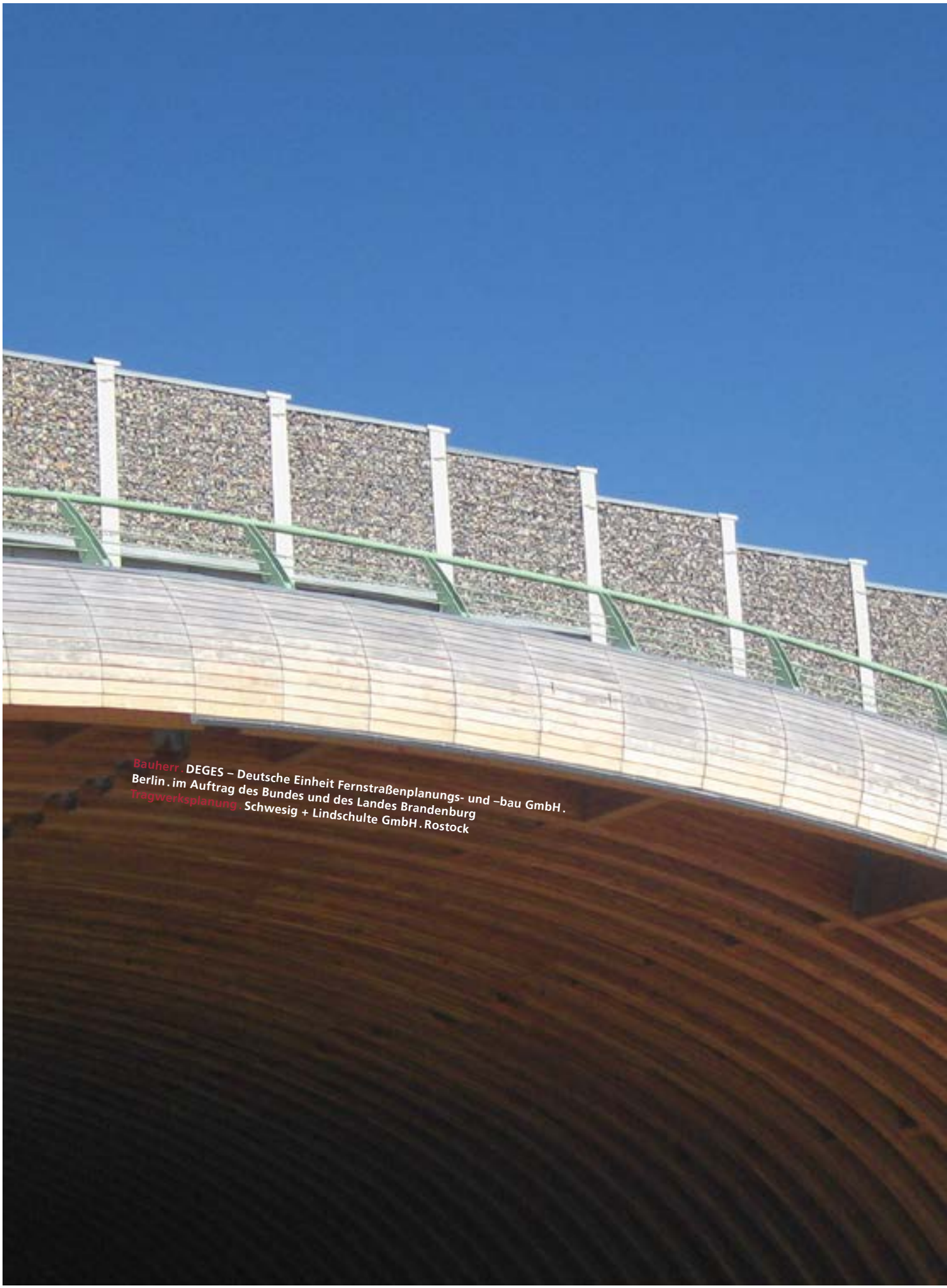
/ Grüne Wege für Wild

Die Bundesstrasse B 101 ist neben den beiden Bundesautobahnen A 9 und A 13 die wichtigste Verbindung zwischen Berlin und Südbrandenburg. Damit sich die Städte und Gemeinden hier wirtschaftlich entwickeln können, ergänzen Bundes- und Landesstrassen das weitmaschige Autobahnnetz. Um die Verkehrsströme zu bündeln, wurde die B 101 im Streckenabschnitt von Luckenwalde bis zum Autobahnanschluss bei Ludwigsfelde vierspurig ausgebaut. Seit August 2012 überspannt bei Luckenwalde eine Grünbrücke die Fahrbahn.

Ihre Konstruktion orientiert sich an einem bewährten Pilotprojekt aus dem Jahr 2004. Die Brücke könnte Vorbild werden für die bundesweit beschlossenen Querungsbauwerke zur Wiedervernetzung von Naturräumen.

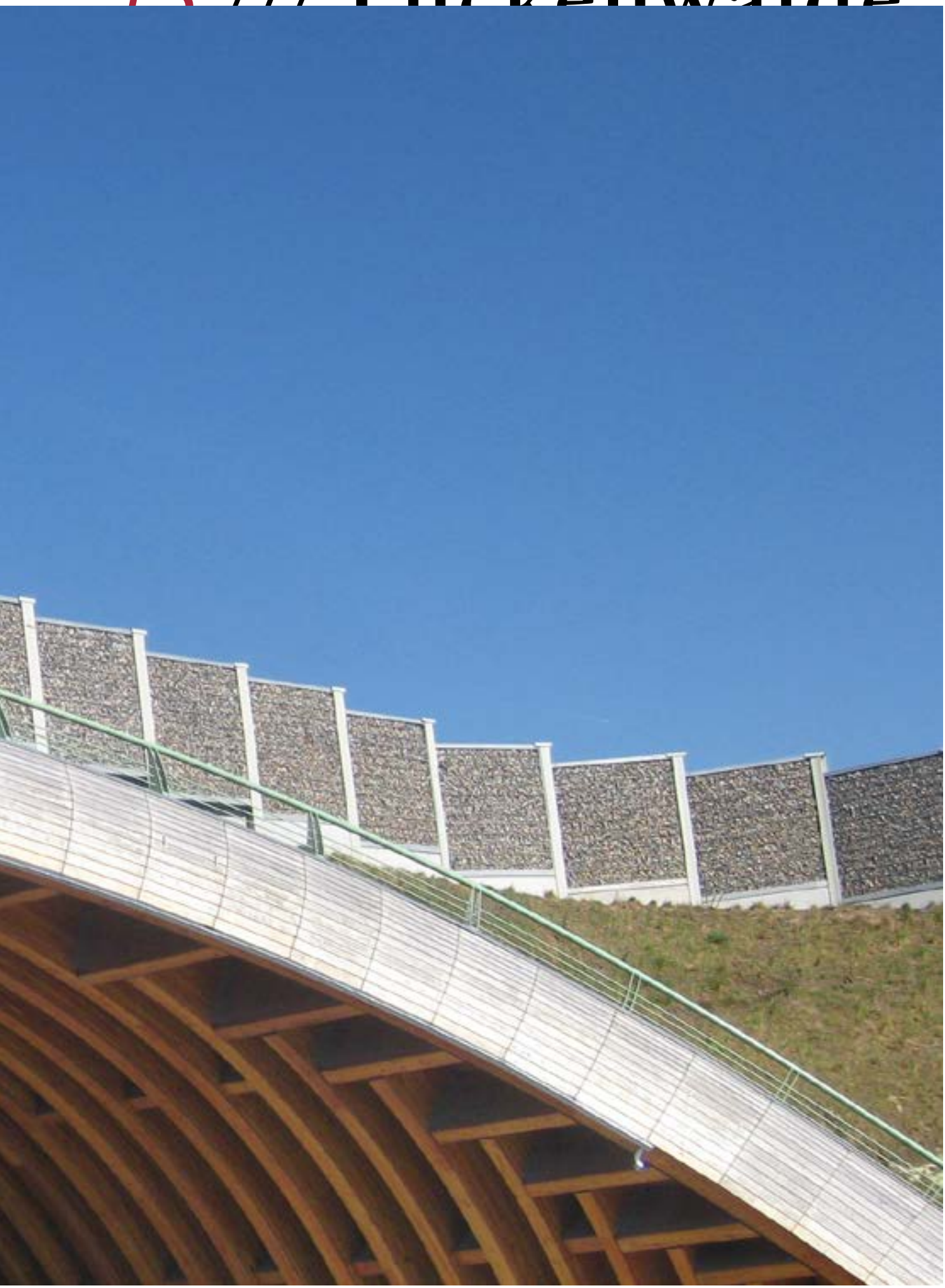
13 // Luckenwalde





Bauherr . DEGES – Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und –bau GmbH . Berlin . im Auftrag des Bundes und des Landes Brandenburg
Tragwerksplanung . Schwesig + Lindschulte GmbH . Rostock

13 // Luckenwalde



DER SICHTBARE SCHUTZENGEL AUS HOLZ FÜR MENSCH UND TIER

/ Holz auf dem Weg zum Standard

Der Großteil der bestehenden Grünbrücken in Deutschland ist in Beton- oder Stahlverbundbauweise gebaut – nur wenige sind aus Holz. Eine von diesen Brücken überspannt seit 2004 bei Wilmshagen, südöstlich von Stralsund, die B 96, den so genannten Rügen-Zubringer. Eine andere spannt ihren Bogen seit Sommer 2012 über die B 101 bei Luckenwalde. Sie orientiert sich an den Planungsgrundsätzen der Erstgenannten, die sich nach sieben Jahren rundum bewährt haben.

Beide Bauwerke entwickelte und betreute die Deutsche Einheit Fernstrassenplanungs- und -bau GmbH – kurz DEGES – im Auftrag des Bundes und der Länder Mecklenburg-Vorpommern bzw. Brandenburg.

Bemerkenswert bei der zweiten Grünbrücke war, dass der Wunsch, sie in Holz zu bauen, vom Landkreis über das zuständige Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) an die DEGES herangetragen wurde. Man hatte vom Pilotprojekt Wilmshagen erfahren und war von der dort erstmals realisierten Synthese aus Funktion, Form und Material positiv eingenommen.

Holz gewinnt Variantenvergleich

Im Vorfeld der Ausschreibung erstellte die DEGES einen Variantenvergleich zwischen einem Stahlbetonrahmen und einem Dreigelenkbogen in Holzbauweise. Das Ergebnis lautete: „Aus technischen, funktionalen und wirtschaftlichen Gründen ist eine Holzkonstruktion zu bevorzugen."

Neben den Aspekten Konstruktion, Kosten und Gestaltung sprach vor allem auch die kurze Montagezeit für die Holzbauweise, da die Brücke über fließendem Verkehr zu errichten war. Hervorzuheben sind zwei weitere Kriterien: Brennt ein Fahrzeug unter der Brücke, wird Holz weniger geschädigt als Beton. Tragwerksteile lassen sich relativ einfach austauschen. Dasselbe gilt für mechanische Schäden am Tragwerk durch Un-

// Das Skelett ist montiert: Dreigelenk-Bögen aus Brettschichtholz-Bindern in Korbbogenform bilden die Unterkonstruktion für einen 40 m langen schalenartigen Deckel. //

fälle. Zusätzliche Argumente für Holz waren die bessere Ökobilanz und die landschaftsgestaltende Wirkung des nachwachsenden Baustoffs.

Auch der gegenüber Beton kaum höhere Aufwand für die Erhaltung und die gute Dauerhaftigkeit überzeugten beim Pilotprojekt in Wilmshagen. Den Nachweis lieferte unter anderem im Oktober 2011 die Überprüfung der Holzfeuchte, die zwischen 13 und 15,5 Prozent (oder Prozent?) und damit im Normalbereich lag.

Damit konnte die DEGES den Bauwerksentwurf für die neue Wildbrücke analog zur ersten erstellen und das Projekt europaweit ausschreiben.

Bogen ist optimales Tragwerk

Wie bei der ersten Grünbrücke wählten die Planer auch für die neue, knapp 40 m lange Überführung Dreigelenkbögen aus Lärchen-Brettschichtholz als Haupttragwerk. Anders als bei der ersten nutzten sie dafür jedoch nicht den klassischen Druckbogen mit einem Radius, sondern einen Korbbogen, der drei Radien vereint. Bei dieser Bogenform verstärkt sich die Krümmung zum Widerlager hin. Das ist sowohl für das notwendige Lichtraumprofil als auch für den Kraftfluss im Tragwerk von Vorteil.

Mit einer lichten Höhe von 7,50 m überspannen die Bögen 32 m. In regelmäßigem Abstand reihen sie sich zu einem „Tunnel“ aneinander. Stahlgelenke auf den Widerlagern und im First bilden das statische System aus.

Im Portalbereich sind die Bögen um 45° nach innen geneigt. Die Zwickel sind mit entsprechenden Bogensegmenten und Querhölzern konstruktiv geschlossen. Die Schrägstellung ermöglicht eine vorteilhafte Ausleuchtung der „Röhre“ und erlaubt die Anlage standfester Böschungen.

Das Sekundärtragwerk bilden gekrümmte Brettsperrholz-Elemente. Sie überdecken die Bogenbinder, an die sie von oben aufgeschraubt sind. Die Scheibenwirkung dieser „Beplankung“ sorgt für die Aussteifung und Stabilisierung des Gesamtsystems in Querrichtung. Die gekrümmte Schale trägt außerdem die Auflast aus der Erdüberschüttung (bis etwa 130 kN/m²) und leitet sie in die Bogenbinder ein.

Montage erfolgt von der Bauwerksmitte nach außen

Nach Herstellung der Gründung und der Unterbauten in Stahlbeton samt Verankerungspunkten dauerte die Montage der gesamten vorgefertigten Holzkonstruktion lediglich vier Tage – je zwei Tage an zwei Wochenenden. Eine Vollsperrung der Bundesstraße war nur für sehr kurze Zeit erforderlich. Die weiteren Arbeiten an der Brücke konnten danach bei fließendem Verkehr mit halbseitiger Sperrung erledigt werden.

Zur Stabilisierung bzw. Kippsicherung für Transport und Montage haben die Monteure jeweils zwei Halbrahmen mit Druckhölzern über durchgehende Gewindestangen zu Zwillingsträgern zusammengespannt. Montiert haben sie sie von der Mitte des Bauwerks aus mit Hilfe von vier Autokränen. Dabei wurden die gegenüberliegenden Binderpaare jeweils zuerst auf den Widerlagern fixiert und dann durch Absenken im First zusammengeführt.
Die je nach Position auf den Bögen unterschiedlich gekrümmten Brettsperrholz-Platten wurden exakt auf die Steigung der Brettschichtholz-Binder angepasst. Auch die Unterkonstruktion für die Portalträger wurde im Werk vorgefertigt. Die Verschalung mit Fassadenprofilen aus Accoya-Holz dagegen erfolgte vor Ort. In der Verschalung befinden sich mehreren Revisionsklappen, damit der Zustand der Träger jederzeit überprüft werden kann.

// Als wirtschaftlichstes Tragwerk ermittelten die Planer eine Tonnenschale aus Brettschichtholz-Bindern kombiniert mit einer Brettsperrholzdecke als sekundäres Tragwerk. Damit lassen sich die Auflasten aus der Erdüberdeckung auf kürzestem Weg zu den Widerlagern ableiten. //

// Montage der jeweils zu Zwillingsträgern zusammengespannten Halbrahmen mit Autokränen. //

Eine Besonderheit stellen die beiden als Randabschluss liegenden Portal- bzw. Gesimsbalken dar: wegen der geneigten Portalbögen sind sie zweifach gekrümmt.

Schutz vor Feuchtigkeit

Zum Schutz vor Feuchtigkeit folgt auf die Brettsperrholz-Schale ein mehrlagiger Abdichtungs-Sonderaufbau aus Bitumen-Schweißbahnen, ergänzt mit Durchwurzelungsschutz, eine Drainage an den Kämpferlinien zur Verhinderung von Stauwasser sowie eine ausgetüftelte Konstruktion zur Feuchtigkeitskontrolle. Ein kontinuierliches Feuchtemonitoring sorgt hier dafür, dass bei Undichtigkeiten sofort eingegriffen werden kann.

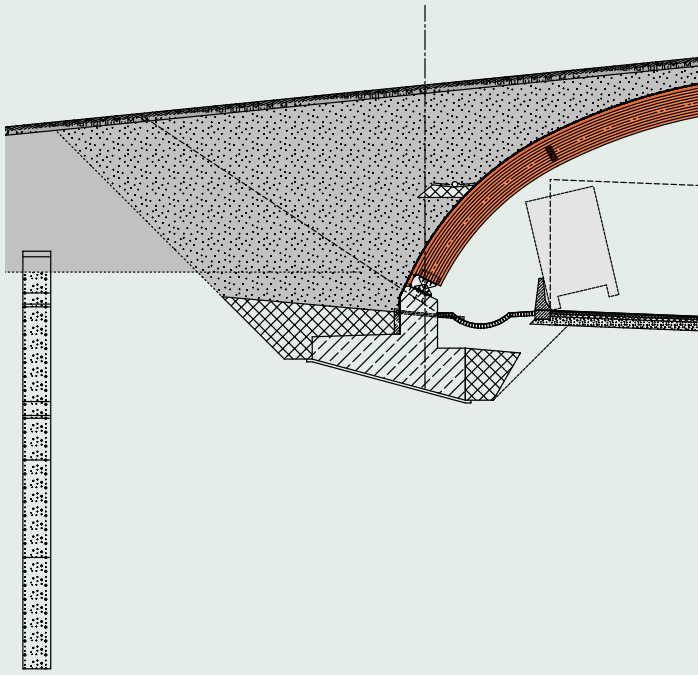
Die Holzkonstruktion erhielt einen Lasuranstrich, u.a. als Schutz vor aufgewirbeltem Wasser. Gegen wechselnde Durchfeuchtung schützt jedoch auch die natürliche Belüftung, die sich mit den durchfahrenden Fahrzeugen ergibt. Sie sorgt für schnelles Abtrocknen von Spritzwasser. Eine Tausalzbeaufschlagung hat sogar konservierende Wirkung.

Erdüberschüttete Holzkonstruktion

Zuletzt folgte die Erdüberschüttung der gesamten Fläche zur Bepflanzung des Geländes mit Rasen und Buschwerk. Dafür wurden im Firstbereich 70 cm Boden und im Traufbereich 7 m aufgebracht. Auf dem Bauwerk und längs der Straße haben die Planer 2 m hohe Irritationsschutzwände vorgesehen.

// Der Abdichtungs-Sonderaufbau wurde vor Ort aufgebracht. Der zweifach gekrümmte Gesimsbalken ist hier noch gut zu sehen. //

01

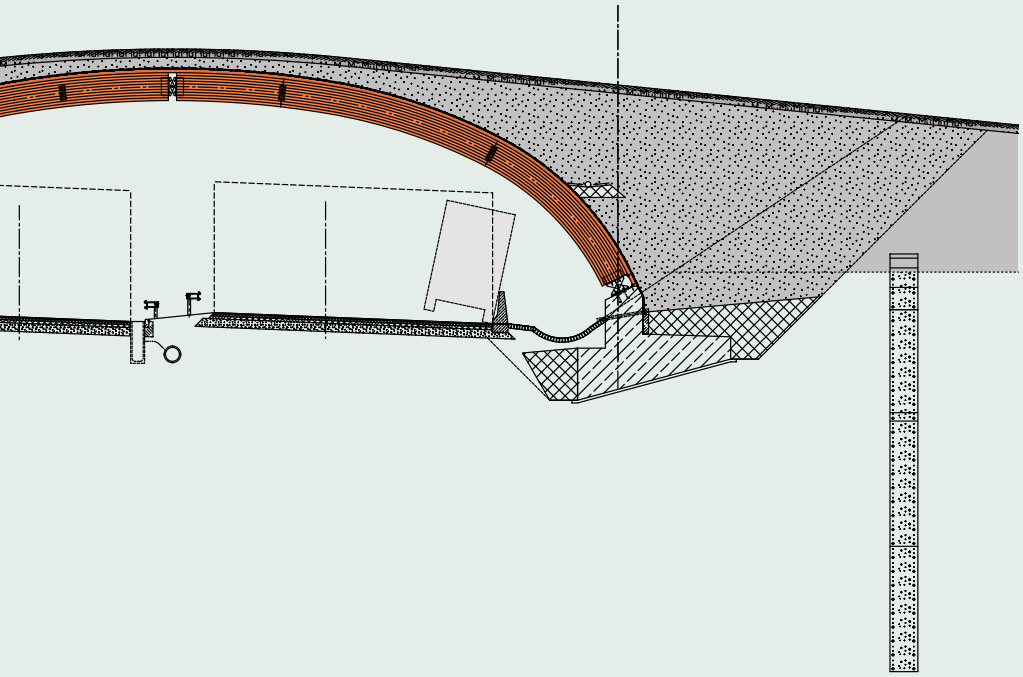


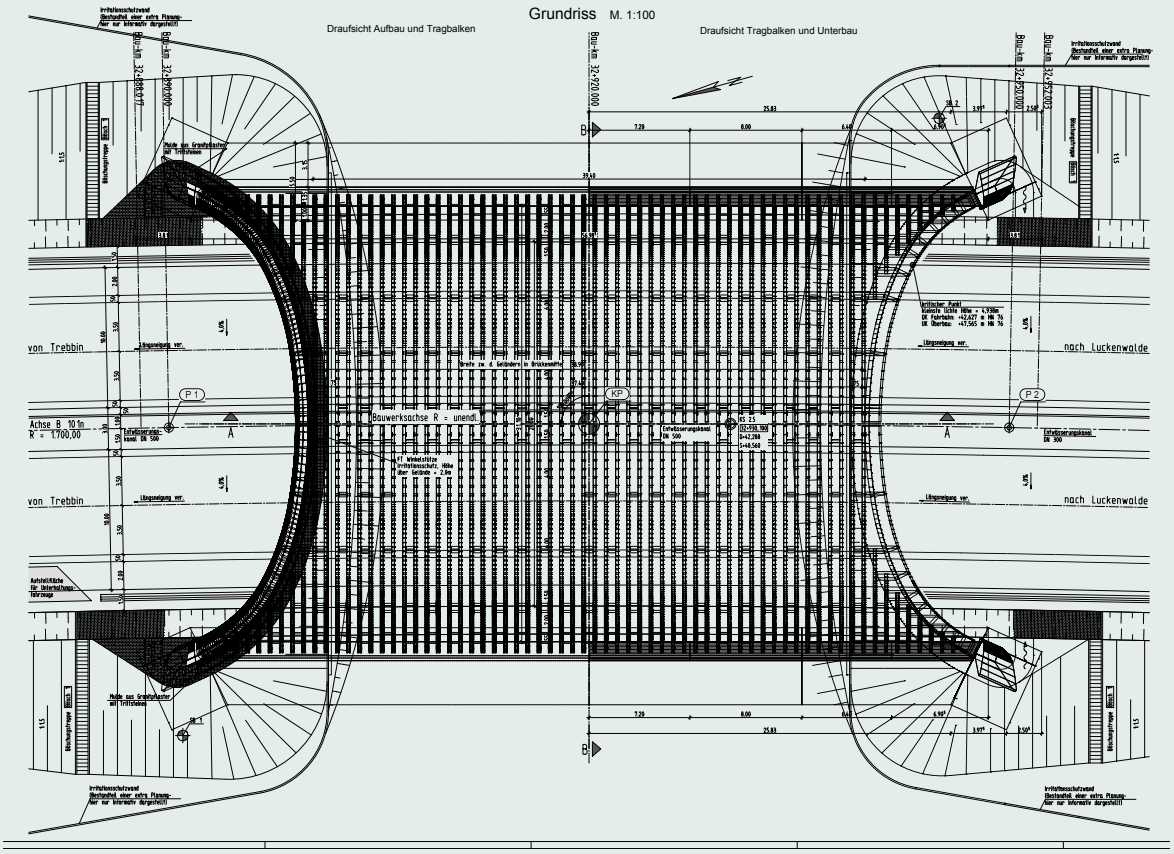
02

01 Querschnitt
Die 1 m hohen und 20 cm breiten Bögen wurden in Form eines Korbbogens mit drei ineinander übergehenden Radien (R1 = 9,55 m, R2 = 19,35 m, R3 = 33,50 m) ausgeführt. Mit einer lichten Höhe von 7,50 m überspannen sie rund 32 m.

02 Grundriss
Im Achsabstand von 80 cm reihen sie sich die Bögen zu einem knapp 40 m langen „Tunnel“ aneinander.

13 // Luckenwalde





///Ausblicke

ENTWÜRFE FÜR DIE ZUKUNFT DES HOLZBRÜCKENBAUS

Dass Holz auf immer größeren Zuspruch stößt, ist auch bei Realisierungswettbewerben für Brückenbauten in Städten und Gemeinden erkennbar. Hier tauchen vermehrt Entwürfe für Holzbauwerke auf, die von Fachrichtern auf die vorderen Plätze gebracht werden. Drei davon sind hier zu sehen.

Fuß- und Radwegbrücke in Lahr

Auslober. Stadt Lahr
Tragwerksplaner. Meyer + Schubart. Wunstorf
Architekten. Kolb Ripke Architekten. Berlin

Für die Stadt Lahr bot die Landesgartenschau 2018 die Chance, den in den vergangenen Jahrzehnten wenig beachteten Bereich im Lahrer Westen aufzuwerten und durch Straßenzüge abgetrennte Stadt- und Landschaftsteile miteinander zu verbinden. Im Rahmen des Wettbewerbs „Ein Brückenschlag für Lahr" sollte eine zeitgemäße Fuß- und Radwegbrücke entwickelt werden, die der besonderen Schnittstelle der beiden neuen Parks und der Akzentuierung der Stadteinfahrt gerecht wird.

Eine Anerkennung erhielt der Entwurf einer Holzbrücke, die auf skulptural gearbeiteten Stützen ruht. Die trogförmige Brettschichtkonstruktion wird dabei zum Markenzeichen des Stadteingangs. Die Brücke mit einer Gesamtlänge von 334 m hat eine aus der Wegeführung entwickelte Grundrissfigur und schwingt sich in einem eleganten Bogen über die Bundesstraße. Zwei Masten mit Miniwindkrafträdern schaffen eine torartige Wirkung und markieren die Treppenaufgänge zur Brücke. Mit ihrer einfachen Geometrie und der klaren formalen Geste kann die Konstruktion sowohl städtebaulich als auch funktional überzeugen.

Ein massiver leicht asymmetrischer Brettschichtholz-Träger mit wannenartig gekrümmter Unterseite bildet das Haupttragelement. Er hat in Brückenmitte seine größte Breite und ist leicht auskragend gelagert, zu den Widerlagern nimmt er an Breite deutlich ab. Ein einseitiger Randträger mit veränderlicher Höhe schafft die erforderliche statische Höhe in den großen Stützweiten. Die Brücke erhält einen anthrazitfarbenen Gussasphaltbelag, der sich an die Beläge der Wege angleichen soll und so optisch die Fortführung der Parkwege über die Brücke unterstreicht.

Geh- und Radweg-brücke über den Rhein

Auslober. Stadt Rheinfelden Aargau (CH) und Baden (D)
Tragwerksplaner. Ingenieurbüro Miebach. Lohmar
Architekten. Swillus Architekten. Werder (Havel)
Landschaftsarchitekten. Hahn Hertling von Hantelmann. Berlin

Das eine Rheinfelden liegt im Schweizer Kanton Aargau, das andere im deutschen Baden. Zwischen beiden Gemeinden fließt der Rhein. Im Zuge des Rückbaus eines alten Wasserkraftwerks wurde auch eine alte Eisenbrücke abgerissen. Für Fußgänger und Radfahrer ging damit eine wichtige Verbindung zwischen den Schwesterstädten verloren. Die beiden Gemeinden planen nun die Errichtung einer neuen Brücke und wählten im Rahmen eines begrenzten Wettbewerbs aus über 50 Bewerbungen acht Büros zur Entwurfsbearbeitung aus.

Der erste Platz ging laut Jury an einen „prägnanten und eleganten, sich aber gleichzeitig gut in die Landschaft einpassenden Beitrag". Das Planerteam überzeugte mit dem Entwurf einer filigranen, 213 m langen und 4,50 m breiten Hängebrücke mit blockverleimten Brettschichtholzträgern als Fahrbahnträger. Durch die Verwendung des Baustoffes Holz wird an die Holzbrückentradition beider Länder angeknüpft. Das besondere Erscheinungsbild der Brücke wird vor allem durch 30 m hohe Pylone mit abgeknickten Mastfüssen erzielt, die zur Flussmitte hin geknickt sind. Durch das Hineinragen über den Rhein wird das Ufer kaum gestört und die Länge der Hauptseile reduziert.

Positiv beschied die Jury auch den Umstand, dass die Pylonkonstruktion keine Unterstützung im Rhein benötigt.

Der Fahrbahnträger wird aus einem Trägerpaar aus blockverleimtem Brettschichtholz aus heimischer Fichte gefertigt. Um eine hohe Dauerhaftigkeit zu gewährleisten, ist das Holztragwerk oberseitig mit einem Belag aus sandgestrahlten Granitplatten abgedeckt und zusätzlich seitlich verkleidet. Insgesamt zeichnet sich der Entwurf außerdem durch einen geringen Materialeinsatz aus.

Fuß- und Radwegsteg in Wien

Auslober. Magistrat der Stadt Wien
Tragwerksplaner. Knippers Helbig Advanced Engineering. Stuttgart
Architekten. Knight Architects. Wycombe (UK)

Um den Stadtteil St. Margareten aufzuwerten, plant die Stadt Wien eine Brücke als Verbindung zwischen einem bestehenden und einem neu zu gestaltenden Park. In einem europaweiten Realisierungswettbewerb mit insgesamt 37 Teilnehmern hat der Entwurf eines Fuß- und Radwegstegs aus Holz-Brettschichtlagen den ersten Preis gewonnen.

Der Siegerentwurf steht in Kontrast zu dem heterogenen städtischen Umfeld, fügt sich aber auch als „monolithische Holzlandschaft" in den bestehenden Ort ein. Die Brücke mit einer Gesamtlange von 380 m und einer maximalen Spannweite von 32 m ist als frei geformte Rahmenkonstruktion aus Holz-Brettschichtlagen geplant.

Das Tragwerk soll als massive, blockverleimte Brettschichtholzkonstruktion mit einem tragenden Kern aus Fichtenholz und einer Außenlage aus Lärchenholz entstehen. Die Seitenflanken werden durch eine Überdeckung und eine hydrophobe Lasierung geschützt.

Die eigenständige Gestalt des Bauwerks schafft mit ihrem skulpturalen Charakter einen Ort prägender Identität, der an dieser Stelle besonders wichtig ist. Sowohl auf als auch unter der Brücke werden Wege und Plätze mit Aufenthaltsqualität geschaffen. Der Fuß- und Radwegsteg am Margaretengürtel wird somit zum Bekenntnis der Stadt Wien zu einer nachhaltigen Baukultur.

/// Ausblicke

/// Bildnachweise

1	René Legrand
2 – 3	Renato Ribeiro Silva, Unsplash
4	Christofer Jeschke, Unsplash
5 – 7	Tyler Lastovich, Unsplash
6	Wikimedia Commons
8 – 9	Christofer Jeschke, Unsplash
10 – 11	Ben Weber, Unsplash
11	Schaffitzel Holzindustrie
12 – 19	Schmees & Lühn
20 – 23	Schmees & Lühn / Markus Ruf
22	Foto mitte: René Legrand
24	GWZ Wijma Kampen B.V.
25	HSW Ingenieure
26 – 27	Schmees & Lühn
28 – 32	Burkhard Walther
33	Schaffitzel Holzindustrie
34	Burkhard Walther
35	Fritz Baumgartner
36	Ingenieurbüro Miebach
37	Takumi Ota
38 – 39	Ingenieurbau Häussler
41	René Legrand Zeichnung: Ingenieurbau Häussler
42 – 43	großes Foto: Ingenieurbau Häussler s/w Fotos: müllerblaustein
44 – 45	Ingenieurbau Häussler
46 – 47	Ingenieurbüro Miebach
49	Ingenieurbüro Miebach / Ilona Schmitz
50 – 53	Ingenieurbüro Miebach
54 – 57	Jens Meyer / Buga 2007 GmbH
54 – 59	Quelle: Artikel „Längstes Spannband Europas“, bauen mit holz 11-2006, Prof. Dr. Hartmut Werner
58	Richard J. Dietrich
59	links, Mitte: Schaffitzel Holzindustrie, rechts: Richard J. Dietrich
60 – 61	Längsschnitt, Detail und Schnitt: Büro für Ingenieur-Architektur Richard J. Dietrich Isometrie: Werner - Malthaner Bauingenieure
62 – 63	Wilfried Dechau
64 – 65	Graf Ingenieure
66 – 67	René Legrand
68 – 70	Graf Ingenieure
71	Susanne Jacob-Freitag
72	Yuriy Khamzyaev, Unsplash
73	Christoffer Engstrom, Unsplash
74	Wikimedia Commons
74 – 75	Dawid Zawila, Unsplash
76 – 77	Joe Beda, Unsplash
78 – 79	Anastasia Taioglou, Unsplash
80 – 81	Christoffer Engstrom, Unsplash
82 – 83	Samara Doole, Unsplash
83	René Legrand
84 – 85	Danielle Frakes, Unsplash
84	ingenta ag
85	Wilfried Dechau
86 – 87	Adrien Olichon, Unsplash
87	Andreas Keil
88 – 89	Payton Ferris, Unsplash
88	Richard J. Dietrich
90 – 91	Kimon Maritz, Unsplash
90	Markus Schranz
92 – 93	Ingenieurbüro Miebach
95	J. Opitz
96	Ingenieurbüro Miebach
97	Caroline Mohr

/// Bildnachweise

98 – 99	Ingenieurbüro Miebach
100 – 103	René Legrand
106 – 109	Schaffitzel Holzindustrie
110	Ralph Feiner
111	René Legrand
112 – 120	Holzbau Hofer
121	Tecnotex
122 – 126	Tschopp Holzbau
127	Wilhelm Luggin
128 – 129	Wilfried Dechau
130	Ralph Feiner
131	Dessau Inc. / Stephane Groleau
132	Fotos, Zeichnung: Conzett Bronzini Partner AG
133	René Legrand
134	Nathan Dumlao, Unsplash
135	Joel Jasmin Forestbird, Unsplash
136 – 137	Rawpixel, Unsplash
138 – 139	Joel Jasmin Forestbird, Unsplash
140 – 141	Alex Bertha, Unsplash Brücke: René Legrand
142 – 149	René Legrand
150 – 151	Ingenieurbüro Schwesig + Lindschulte
152 – 153	Valentina Dominguez, Unsplash
154	Kolb Ripke Architekten
155	Rendermanufaktur
156 – 157	Knippers Helbig Advanced Engineering
160	Renato Ribeiro Silva, Unsplash

Impressum

Herausgeber:
Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V.
Am Geißberg 14
71292 Friolzheim
Tel. + 49 7044 / 954135
info @ holzbrueckenbau.com
www.holzbrueckenbau.com

Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ ist Eigentum des Informationsverein Holz e.V., Franklinstraße 42, 40479 Düsseldorf, www.informationsvereinholz.de.

Begleitende Arbeitsgruppe:
Rouven Erhardt, Pforzheim
Matthias Gerold, Karlsruhe
Thorsten Helbig, Stuttgart
Karl Kleinhanß, Friolzheim
Wolfgang Müll, Weilheim
Andreas Müller, Biel (CH)
Josef Schmees, Fresenburg
Kurt Schwaner, Stuttgart
Tobias Wiegand, Wuppertal

Autoren:
Dipl.-Ing. Arch. Arnim Seidel, Fachagentur Holz, Düsseldorf (Einführung Seite 4 – 9)
Dipl.-Ing. Andreas Keil, Schlaich Bergermann Partner, Stuttgart und
Dipl.-Ing. Arch. Arnim Seidel, Fachagentur Holz, Düsseldorf (Fachbeitrag Seite 72 – 89)
Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner, Ressourceneffizientes Bauen, Ruhr-Universität Bochum
Özlem Özdemir (Fachbeitrag Seite 134 – 139)
Susanne Jacob-Freitag, Arnim Seidel (Baudokumentationen)

Redaktion:
Dipl.-Ing. Arch. Arnim Seidel
Dipl.-Ing. Frank Miebach
B.Eng. Lukas Osterloff

Layout:
Schöne Aussichten, Düsseldorf
Oliver Iserloh, Caroline Mohr

Erschienen: Februar 2019
ISSN-Nr. 0466-2114

Als technische Weiterführung sind drei Veröffentlichungen im holzbau handbuch des INFORMATIONSDIENST HOLZ erschienen:

Reihe 1, Teil 9, Folge 1: Entwurf von Holzbrücken
Reihe 1, Teil 9, Folge 2: Bemessung von Holzbrücken
Reihe 1, Teil 9, Folge 3: Musterzeichnungen für Holzbrücken

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ptble
Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Waldklimafonds