

Sonderdruck aus

bauen
mit
holz

11/2005



Die Brücke am Lloydock

Der Neubau der Rad- und Fußgängerbrücke am Lloydock in Bremerhaven vermittelt das Gefühl, auf einem Schiff zu sein. Gestaltung und Statik zogen am selben Strang.



Die Brücke am Lloyddock

Der Neubau der Rad- und Fußgängerbrücke am Lloyddock in Bremerhaven vermittelt das Gefühl, auf einem Schiff zu sein. Gestaltung und Statik zogen am selben Strang.



Bild 1 Die beiden Fußgängerbereiche der Kaje sind durch eine S-förmige Brückenplatte und sanfte Rampenübergänge verbunden. Der Brückenkörper soll den Besuchern einen Blickfang bieten.



Bild 2 Die Gestaltung der Geländer und des Brückenbelags sind an die Optik eines Schiffsdecks angelehnt und wurden aus Tropenholz und Lärche hergestellt.

Bauherr
BEAN Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen mbh & Co. KG,
27568 Bremerhaven
Projektsteuerung
BIS Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbh,
27568 Bremerhaven
Objektplanung
Planungsgemeinschaft Latz + Partner,
85402 Kranzberg;
Latz Riehl Partner, 34130 Kassel
Tragwerksplanung
Planungsgesellschaft Dittrich mbh,
80636 München
Prüfingenieur
KSF Ingenieure, Dipl.-Ing. Heitmann,
27570 Bremerhaven
Werkstattplanung
HSW Ingenieure,
32547 Bad Oeynhausen
Ausführende Holzbaufirma
Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH,
49762 Fresenburg

Fotos
Atelier 17, Christa Panick, Peter Schäfer,
34246 Vellmar; Latz + Partner; Schmees;
PG Dittrich

Brücke im Hafenkontext

Punktgenau zur Eröffnung der „Sail Bremerhaven 2005“, des internationale Festivals der Windjammer, das alle fünf Jahre stattfindet, wurde am so genannten Lloyddock am Alten/Neuen Hafen die neue Lloyddock-Brücke eingehoben. Eingepasst in das Gesamtkonzept zur Gestaltung und Entwicklung des Alten/Neuen Hafens in Bremerhaven, sollte neben vielen anderen Schwerpunk-

ten auch das bestehende alte Lloyd-Trockendock in die Gestaltung der Oberflächen einbezogen werden. Der Entwurf der Landschaftsarchitekten Latz + Partner sieht hier vor, die verfüllte Fläche des alten Lloyddocks als Spielfläche zu erhalten, so dass seine Ränder noch erkennbar sind und sich diese Fläche zum Hafenbecken hin öffnet. Zur Überbrückung der alten Schleusenkonstruktion des Docks sollte eine Fußgängerbrücke die Ver-

Bild 3 Das alte Trockendock von Lloyd öffnet sich zum Hafenbecken des Neuen Hafens mit einer Breite von etwa 23,5 m, welche die Brücke überspannt. Der Pylon ist mit dem Abspannpunkt über die Brückenmittelachse geneigt.





Bild 4 Der in Blockverleimung gefertigte Holzkorpus erhielt bereits im Werk Anschlussbleche für die ...



Bild 5 ... Geländerpfosten sowie den Gehbahnaufbau mit dem Bohlenbelag aus Lärchenholz.

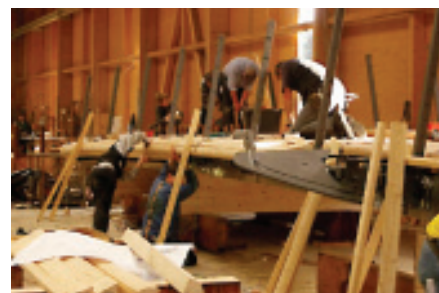


Bild 6 Die Anschlusspunkte der Geländerpfosten wurden so ausgebildet, dass speziell zugeschnittene ...

bindung zwischen beiden Kaianlagen herstellen (**Bilder 1 bis 3**). Dabei sollte die Gestaltung der Brücke Bezug auf die Geschichte des Ortes nehmen, indem sie Form und Material dem Schiffsbau entlehnt. So entsteht auf der Brücke der Eindruck, als befände man sich auf einem Schiffsdeck (**Bild 2**). Leicht und filigran erscheint sie durch ihre fein abgestimmten Formen und Linienführungen (**Bilder 1 bis 3**).

Korpus mit sanften Übergängen

Intention der Landschaftsarchitekten war, einen aerodynamischen Brückenkörper zu schaffen, der die beiden Fußgängerbereiche S-förmig verbindet (**Bilder 1, 10 und 13**). Behindertengerechte Rampen sollten sanfte Übergänge zwischen Brückenaufleger und Kai bilden (**Bilder 3 und 18**). So legt sich nun ein industriell gefertigter BS-Holz-Korpus (**Bilder 4 bis 6 und 8**) elegant und sanft geschwungen auf die Mauern der Westkaje (**Bild 1**). Der zur Reduzierung der Bauhöhe einseitig eingesetzte Stahlpylon greift die Optik der Masten auf, die gleich neben der Brücke an der Westkaje des neuen Hafens stehen (**Bild 3**).

Das Fugenbild der Beplankung führt den Blick in die S-Form der Brücke. Der elegante Schwung wird durch das Gelände verstärkt. Dabei wirkt der flügelartige Handlauf (**Bild 2**) wie ein durch die Luft wehendes Band, das die beiden Ufer wie durch Zufall zu verbinden scheint.

Randbedingungen

Das alte Trockendock von Lloyd öffnet sich nach Osten zum Hafenbecken des Neuen Hafens mit einer Breite von etwa 23,5 m.

Beide Ränder werden durch die alten, aber neu hergerichteten Ufereinfassungen des Lloydocks begrenzt (**Bilder 3 und 10**). Die Brücke sollte im Grundriss eine S-Form erhalten, um so das unter 54° zur Kajenlinie verlaufende Trockendock zu überspannen und beidseitig parallel zu den Kajen einzubinden. Neben dem Fußgängerverkehr kann sie auch von Reinigungsfahrzeugen sowie im Notfall von Rettungsfahrzeugen und der Hafenz Polizei benutzt werden.

Querschnittsform

Der Brückenträger ist im Querschnitt wie ein Surfbrett ausgebildet (**Bilder 3, 7 und 8**). Die Form wird durch den Bohlenbelag sowie die angesetzten äußeren Rundungen bestimmt (**Bild 1**). Die beiden Rundungen werden jedoch nach Montage des Geländers außen aufgesetzt (**Bild 7**) und tragen somit nicht zur Tragfähigkeit des Querschnittes bei. Der Brückenkörper aus BS-Holz, GL 24 h (ca. BS 11) verjüngt sich von der Brückenmitte mit 46 cm auf etwa 22 cm zu den Rändern hin und besteht aus 6 cm dicken Einzelquerschnitten, die zusammen in Blockverleimung den Gesamtquerschnitt bilden.

Mittleres Auflager: die Traverse

Das mittlere Auflager der Brücke bilden die beiden Abspannseile und der dazwischen liegende „versteckte“ Querträger (Traverse) (**Bilder 1 und 3**). Auf eine übliche, unter der Brückenplatte liegende Traverse sollte aus architektonischen Gründen unbedingt verzichtet werden. Also lösten die Tragwerksplaner das Biegemoment in ein Kräftepaar auf, welches ober- und unterseitig der Brückenplatte



Bild 7 ... Holzbohlen an ihnen befestigt werden konnten, welche die surfbrettähnlich abgerundeten Plattenränder bilden.



Bild 8 Der Querschnitt des hölzernen Brückenkörpus' nimmt von der Mitte zu den Rändern hin ab. Hier wird er mit dem Kran über Stahltraversen eingehoben.



Bild 9 Stahlanschlusspunkte auf der Brückenunterseite, die in die Stahlbeton-Widerlager eingefädelt werden.



Bild 10 Die im Grundriss S-förmig angelegte Brücke besteht aus drei Teilen: dem hölzernen eigentlichen Brückenkörper und den beidseitig anschließenden Rampen (siehe Bild 13).



Bild 11 Handwerklicher „Anschluss“ der Rampen an den Brückenkörper



Bild 12 Untersicht auf den blockverleimten Brückenkörper und die Auflagersituation am Stahlbeton-Widerlager

von einem aufgeschraubten (oben) bzw. aufgenagelten (unten) dicken Flachblech (*Bilder 14 und 16*) aufgenommen wird (Gurte). Zur Aufnahme der Schubbeanspruchung reichte der Rollschub-Widerstand des Holzkorpus' bei weitem nicht aus. Das Problem wurde durch von oben kreuzweise in dichtem Abstand eingedrehte Vollgewindeschrauben gelöst, die innere Fachwerke bilden. Zusammen mit den Gurten ergibt sich ein Tragverhalten ähnlich dem eines Vierendeelträgers. Günstig wirkt sich auch die Wölbung auf der Unterseite des Holzkorpus' aus, durch die sich im Untergurt ein Querkraftanteil in Zug ver-

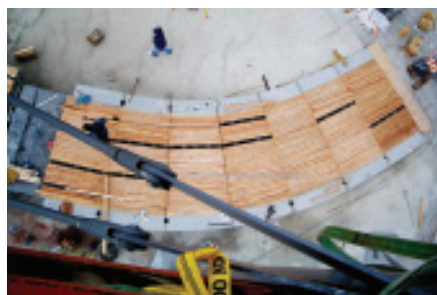


Bild 13 Die Rampen bestehen aus einer mit Granit verkleideten Betonunterkonstruktion, die den gleichen Bohlenbelag wie der Brückenkörper erhalten, so dass die Brücke über die Rampen nahtlos aufs Trockendock übergeht.

wandelt. Die Auflagerkräfte werden an den Plattenaußenseiten dann in stählerne Flachbleche geleitet, die genau in Ebene der Zugseile liegend beidseitig bis zu den Aufhängepunkten auskragen und den Anschein erwecken, den Brückenkörper zu durchschneiden (*Bilder 14, 15 und 17*). Die Lasteinleitung der Horizontalkomponenten aus den schrägen Hängern erfolgt über die Vernagelung des Zuggurtes sowie über eine Stahlknagge, die über Druckkontakt die Kräfte direkt in den Brückenkörper einträgt. Die Stahlknagge rechts vom Zuggurt ist in den BS-Holz-Körper eingegossen (*Bild 16*).

Nachweisformat

In Abstimmung mit dem Bauherrn wurden sämtliche Lastannahmen, Berechnungen und Nachweise für die Brückenkonstruktion auf der Basis von Teilsicherheitsbeiwerten geführt. Für die Brücke wurden dazu der Gelb-

druck der DIN 1074, Stand Oktober 2004 in Verbindung mit dem Weißdruck der DIN 1052-2004 sowie die gültigen Normen für Beton-, Stahl- und Pfahlbauten herangezogen. Bezüglich der Biegebeanspruchung wird der Brückenkörper damit etwa 60 % ausgenutzt, weil der maßgebende Nachweis nicht bezüglich Tragsicherheit, sondern bezüglich Gebrauchstauglichkeit zu führen war.

Die Eigenfrequenzen des Brückenkörpers wurden elektronisch mit dem System DYNA von SOFISTIK ermittelt und berechneten sich zu:

- $f_1 = 2,9$ Hz erste Eigenform der Biegeschwingung,
- $f_2 = 5,3$ Hz Torsionsschwingung mit seitlichem Nachgeben des Pylonkopfes,
- $f_3 = 6,8$ Hz zweite Eigenform der Biegeschwingung mit Wendepunkt im Bereich der mittleren Aufhängung (Traverse).

Damit gibt es einen ausreichenden Abstand zu den kritischen Eigenfrequenzen aus möglichen Anregungen von 1,6 – 2,4 Hz (Gehen) bzw. 3,5 – 4,5 Hz (Laufen).

In Anlehnung an den Gelbdruck DIN 1074 wurden die Beschleunigungswerte nach Anhang A ermittelt zu:

- $a_{vert,1} = 0,458 \text{ m/s}^2 < 0,7 \text{ m/s}^2$ für einen einzelnen Gehenden und
- $a_{vert,10} = 0,7 \text{ m/s}^2$ für eine Gruppe von zehn gehenden Personen.

Der im Anhang A empfohlene Nachweis für eine Gruppe von 13 Personen würde zu einer Beschleunigung von $0,9 \text{ m/s}^2$ führen, welche zwar den empfohlenen Wert von $0,7$ überschreitet, aber in der Praxis normalerweise zu keiner Reaktion der Fußgänger führt.

Pylon und Widerlager

Zur Begrenzung der Schwingungsanfälligkeit bei gleichzeitig schlanker Ausführung wurde eine Abspannung zu einem Auflager hin erforderlich. Der Pylon, einem Masten ähnelnd, spannt die Brücke zurück zum Widerlager A (Pylonseite) und bildet damit gleichzeitig eine Gewichtung der beiden Widerlager. Die Abspannung der Brücke erfolgt mit Stahlrundstäben mit einem Durchmesser von etwa 48 mm, in S 335 zum Pylon hin und mit bis 90 mm Durchmesser zu den



Bild 14 Traverse im „verschalten“ Zustand mit Zugseilanschluss

hinteren Verankerungsstellen (**Bilder 1, 3, 10 und 15**). Der Pylon selbst ist ein Stahlrohr ($d = 30 \text{ cm}$) mit konischen Endstücken ($d = 20 \text{ cm}$) mit einer Wanddicke von $14,2 \text{ mm}$.

Die vorliegenden alten Kajen sind bis in Tiefen von etwa 15 bis 20 m durch eingeschwemmten Sand und Auffüllungen (Kleie) zwischen den Kaimauern gekennzeichnet. Erst unterhalb dieser Schichten sind ausreichend feste Kiese und Sande anzutreffen. Daher wurden für die Brückenwiderlager, das Pylonfundament sowie die Verankerungen Pfähle (GEWI-Pfähle) vorgesehen. Die Gründung der Widerlager und des Pylonfußpunkts erfolgt ebenfalls über GEWI-Pfähle.

Die Horizontalkräfte von Widerlager A und den Verankerungspunkten des Pylons werden durch eine Stahlbeton-Traverse ausgeglichen. Somit müssen nur die Differenzkräfte über einen Pfahl-Bock, der am Pylonfußpunkt ansetzt, abgeleitet werden. Dies führt dazu, dass auf der Pylonseite Widerlager, Rampe, Fußpunkt des Pylons und Verankerungspunkte der Abspannung unterhalb des Geländes miteinander verbunden werden. Widerlager und Rampe werden dazu bis in frostfreier Tiefe auf Pfähle aufgelagert und in massiver Stahlbeton-Bauweise erstellt. Die Zugkräfte der Abspannung werden vom Verankerungskörper aus durch senkrecht nach unten eingebrachte Zugpfähle aufgenommen. Zur Aktivierung der darüberliegenden Auflast werden zwei tiefe Pfähle benötigt, die jedoch in das dahinterliegende Baufeld nicht eingreifen.

Herstellung und Montage

Als Brückenkörper wurden zwei doppelt gekrümmte, etwa $23,50 \text{ m}$ lange Rohlinge aus

Bild 15 Die Abspannung der Brücke erfolgt über einen Pylon mittels Zugseilen, die zur Brücke hin über auskragende Stahlschwerter mit dem tragenden Brückenkörper verbunden sind.



blockverleimten Einzelquerschnitten von $6 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \dots 46 \text{ cm}$ hergestellt, die später über die gesamte Länge wiederum blockverleimt wurden. Die endgültige Querschnitts- und Grundrissform erhielt der Rohling in einer CNC-gesteuerten Abbundanlage. Zuletzt wurde er in der Fertigungshalle der Firma Schmees & Lühn mit den endgültigen Anschlüssen und Geländerteilen versehen (**Bilder 4 bis 7**). Die Abnahme der Anschlüsse erfolgte bereits im Werk. Die vormontierte Brücke wurde mit einem Tieflader auf die Baustelle gebracht und dort von Kränen (**Bild 8**) in die endgültige Position eingehoben.

Bohlenbelag, Geländer und Details

Der Bohlenbelag aus Lärche ($7 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) ist in Längsrichtung in Segmenten nach der Geländerpfostenteilung polygonal verlegt (**Bild 18**). Die Rutschfestigkeit wird sichergestellt durch einen Riesels, der in den Längsrillen eingestreut wird. Die Bohlen sind mit einem Querholz aus Tropenholz verschraubt, das dem Querschnitt entsprechend ausgefräst ist.

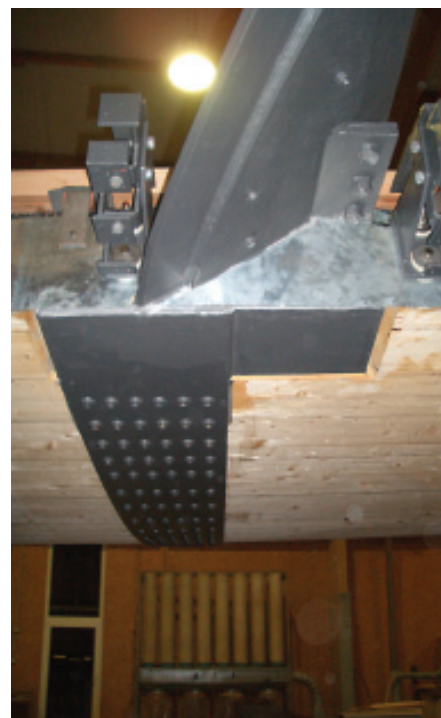


Bild 16 Stahltraverse als Zuggurt mit eingegossener Stahlknagge (rechts daneben) sowie auskragendem Schwert. Der oberseitige Druckstab wird im Bild vom Stahlschwert verdeckt.

Das Geländer besteht aus einem Handlauf mit aerodynamischem Querschnitt aus tropischem Hartholz sowie Pfosten aus Rechteckrohren, die seitlich an dem Brückenkörper angeschraubt sind (**Bilder 5, 7 und 17**). Das Geländer ist gegen Übersteigen um 9° nach innen geneigt und überspannt auf Handlaufhöhe eine lichte Weite von 2,50 m.

Der Handlauf ist auf ein durchlaufendes, T-förmiges Stahlprofil aufgeschraubt. Die Geländer haben eine Füllung aus 5 mm dicken Spannseilen. Im oberen Drittel der Pfosten sorgt ein durchgehender Knieholm mit integrierter LED-Lichtleiste für eine blendfreie akzentuierende Beleuchtung der Brücke.

Die Brücke passt sich harmonisch ins Gesamtbild des Hafens ein und ist ein architektonisches Highlight.

Autoren: Oliver Keil (Latz + Partner),
Ernst Bauermann (Latz Riehl Partner),
Heiner Hartmann (PG Dittrich),
Josef Schmees (Schmees & Lühn)

Bild 17 Die schiffsähnliche Brücke inmitten von Schiffen muss bei Vollbesetzung – wie hier – einiges aushalten. Die Randbekleidung der Gehbahnplatte besteht aus 288 Einzelstücken und zeigt sich als hölzerne Vervollständigung des Brückenquerschnitts.



Bild 18 Der Bohlenbelag wurde in Längsrichtung nach der Geländerpfostenteilung polygonal verlegt und vermittelt so das Bild einer Schiffsbohlung, das zusammen mit dem Geländer noch verstärkt wird.



SCHMEES & LÜHN

Holz- und Stahlbauingenieur GmbH

Holz- und Stahlbrücken
Sonderbauwerke aus Holz und Stahl
Lärmschutzwände aus Holz nach ZTV-LSW
Holzsystembau mit Überwachung nach DIN 1052

Lathener Straße 69
49762 Fresenburg
Telefon +49 59 33 / 93 65-0
Fax +49 59 33 / 93 65-73
eMail: office@schmees-luehn.de
Internet: www.schmees-luehn.de