

# Okavango River Bridge in Botswana, Afrika – Elefantenzähne für den Okavango

Herrn Dipl.-Ing. *Manfred Grassl* zur Vollendung seines 70. Lebensjahres gewidmet

Der Fluss Okavango im afrikanischen Botswana mündet in ein inländisches Delta. Die dadurch entstehenden fruchtbaren Gebiete bilden die Grundlage für den einmaligen Artenreichtum der Flora und Fauna. Dies ist ein Anziehungspunkt für Touristen aus aller Welt. Zur Erschließung des nordöstlichen Teils des Deltas ist es geplant, die bestehende Fährverbindung durch eine feste Brückenverbindung als Schrägseilbrücke zu ersetzen. Um den Symbolcharakter des Bauwerks zu unterstreichen, wurden die Pylone in einer speziellen Gestaltungsidee als A-Pylone in der Form von sich kreuzenden Elefantenzähnen entworfen. Es werden die Entwurfsgeschichte sowie wichtige Details der Konstruktion erläutert. Nach ihrer Fertigstellung wird die Okavango River Bridge die erste Schrägseilbrücke in Botswana sein. Sie wird einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung und Entwicklung der Infrastruktur des Okavango-Deltas leisten.

**Okavango River Bridge in Botswana, Africa – Elephant tusks for the Okavango.** *The Okavango River in the African country Botswana leads in a domestic delta. Due to the fact that the area is very fertile a unique species richness of flora and fauna has developed. This is a magnet for tourists from all over the world. For developing the north-eastern part of the Delta, it is planned to replace the existing ferry service by a static link as a cable-stayed bridge. To emphasize the symbolic character of the building the towers were designed in a special design idea as the A-pylons in form of intersecting elephant tusks. It is the design history, as well as important details of the construction explained. After completion, the Okavango River Bridge will be the first cable-stayed bridge in Botswana. It will make a significant contribution to improving and developing the infrastructure of the Okavango Delta.*

## 1 Einführung

Botswana befindet sich im Zentrum des südlichen Afrikas und besitzt keinen eigenen Meereszugang (s. Bild 1). Das Land ist 582000 km<sup>2</sup> groß, was in etwa der Größe Frankreichs entspricht, und hat nur rund 1,8 Millionen Einwohner. Damit gehört es zu den am dünnsten besiedelten Ländern der Erde. Das gesamte Land liegt auf einem Hochplateau; nur wenige Gebiete liegen unterhalb von 1000 m über NN. Große Teile des Landes macht die Halbwüste Kalahari im Südteil aus. Im Nordwesten liegt das große Binnendelta des Flusses Okavango (s. Bild 2). Der Fluss entspringt im Zentrum von Angola auf dem Hochland von Bin und fließt von dort aus in das wüstenhafte Landesinnere von Botswana.

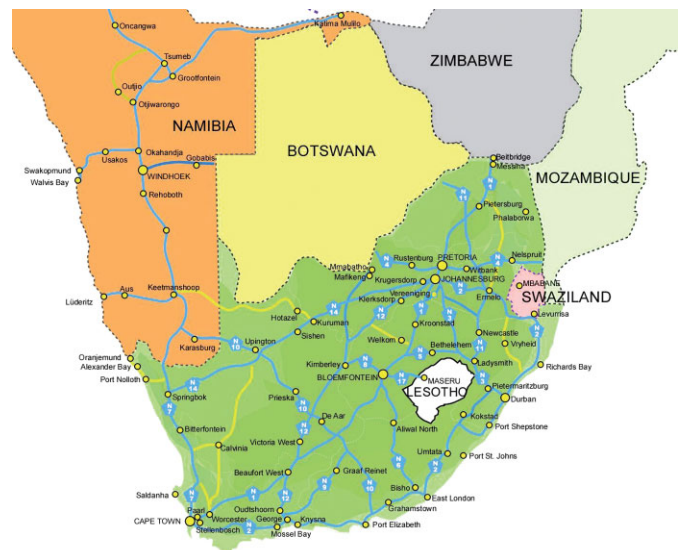


Bild 1. Südliches Afrika  
(von [www.mapoftheunitedstates.wordpress.com](http://www.mapoftheunitedstates.wordpress.com))  
Fig. 1. Southern Africa  
(from [www.mapoftheunitedstates.wordpress.com](http://www.mapoftheunitedstates.wordpress.com))



Bild 2. Karte von Botswana (von [www.delta-camp.com](http://www.delta-camp.com))  
Fig. 2. Map of Botswana (from [www.delta-camp.com](http://www.delta-camp.com))

Das volkswirtschaftliche Einkommen Botsuanas beruht auf dem Erschließen von Bodenschätzen im Bergbau, auf der Fleischproduktion aus Rinderhaltung und auf Einnahmen aus dem Tourismus. Hier spielt das Okavango-Delta mit seinem einmaligen Artenreichtum eine wesentliche Rolle. Große Teile des Deltas sind im Moment nur per Kleinflugzeug zu erreichen. Lediglich südlich und westlich des Deltas gibt es asphaltierte Straßen. Nördlich des Deltas verkehrt derzeit als einzige Kreuzungsmöglichkeit auf botsuanischem Boden eine Autofähre, welche jeweils nur zwei Fahrzeuge gleichzeitig aufnehmen kann. Östlich dieser Fährverbindung existiert nur eine für diese Region typische Sandpiste. Um den nordöstlichen Teil des Deltas auch für den Autoverkehr und somit für den Tourismus besser zu erschließen, ist nun geplant, eine feste Brückenverbindung über den Okavango zu errichten. Der Standort der Brücke wird in unmittelbarer Nähe der jetzigen Fährverbindung nahe dem Ort Shakawe sein, da die Topografie des Flusses mit seiner Breite und seinen unzugänglichen Ufern eine Querung an anderer Stelle nahezu unmöglich macht.

## 2 Entwurfsgeschichte

Der Okavango ist in seinem festen Flussbett an der Stelle der geplanten Querung etwa 120 m breit. Beidseits dieses ständig mit Wasser gefüllten Flussbettes schließen sich breite Ufergebiete an, welche durch das alljährliche Hochwasser teilweise meterhoch überflutet werden. Um diese natürlichen Retentionsflächen nicht einzuschränken, schließen sich an die geplante Strombrücke mit einer Gesamtlänge von 400 m beidseitig Vorlandbrücken von 156,5 m bzw. 606,5 m an (s. Bild 3). Diese Vorlandbrücken werden in Spannbetonweise ausgeführt und im Takt-schiebeverfahren erstellt. Sie werden hier nicht näher behandelt. Beidseitig an das Brückenbauwerk anschließend werden zudem asphaltierte Straßen neu hergestellt. Den Auftrag für die Generalplanung hat das Büro CPP Consulting Engineers aus Garbarone, Botswana. Für die Brückenplanungen sind das Ingenieurbüro Grassl, Hamburg, für die Strombrücke sowie das Büro APCO, Andre Oosthuizen Consult aus Johannesburg, für die Vorlandbrücken als Nachunternehmer tätig.

Die Brücke wird an ihrem Standort einen gewissen Symbolcharakter haben. Deshalb wurden an die Konstruktion der Strombrücke hohe gestalterische Ansprüche gestellt und man entwickelte als Gestaltungsidee eine Schrägseilbrücke. Die Ausbildung des Querschnitts wurde als Stahlbeton-Verbund Konstruktion gewählt. In der Vorplanungsphase wurden insgesamt sechs Varianten der Schrägseilbrücke, einhüftig, zweihüftig und mit unterschiedlichen Pylonformen untersucht (s. Bild 4).

Nachdem sich der Auftraggeber für die zweihüftige Variante entschieden hatte, wurden die beiden Vorzugslösungen zur Pylonausbildung an einem Computergesamtmmodell visualisiert, um die Einpassung in die vorhandene Situation besser beurteilen zu können. Hierbei handelte es sich um eine klassische Pylonausbildung mit vertikalen Pylonen beidseits des Brückendecks angeordnet (s. Bild 5), sowie eine speziell für Botswana entwickelte Gestaltungsidee: A-Pylone in der Form von sich kreuzenden Elefantenzähnen (Elephant Tusks, s. Bild 6).

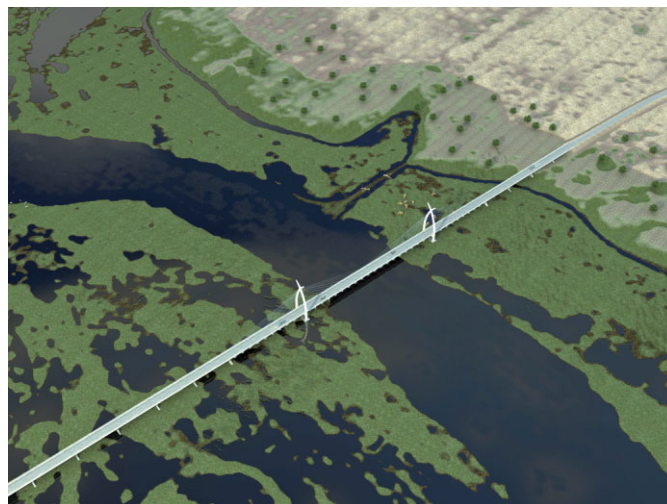


Bild 3. Übersicht des Bauwerks (Visualisierung)  
Fig. 3. Panoramic view of the building (visualisation)

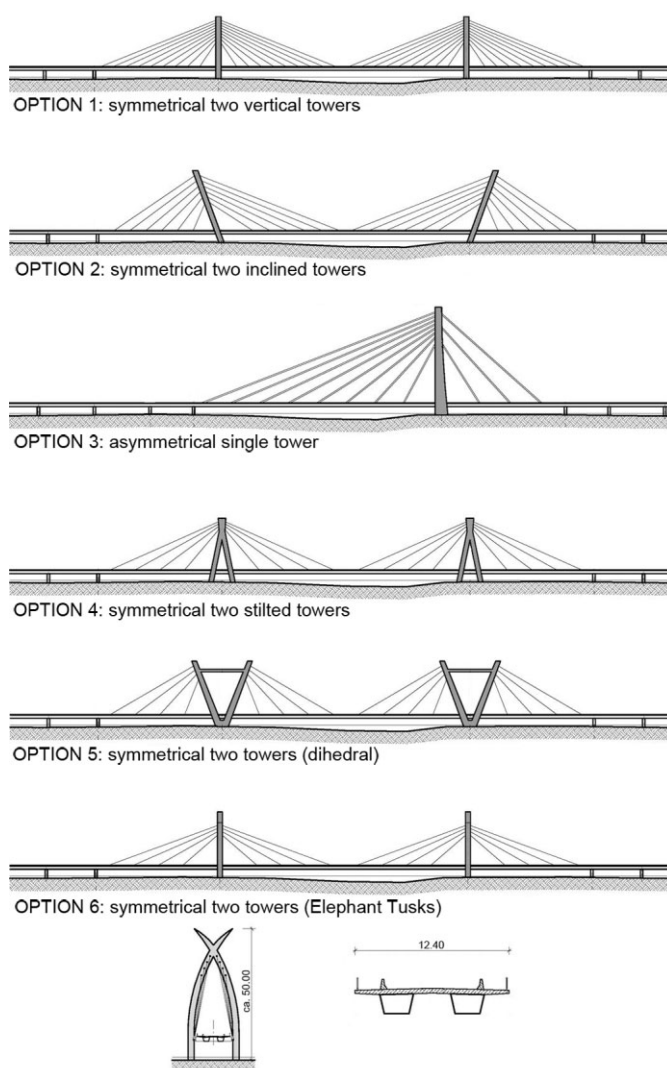


Bild 4. Optionale Pylonformen der Vorplanungsphase  
Fig. 4. Optional tower designs of the pre-planning phase

Durch diese Formensprache sind mehrere wichtige Kriterien der Gestaltung erfüllt. Einerseits bilden die Pylone einen Torcharakter, der den Eingang zum Okavango-Delta darstellt. Andererseits symbolisieren Elefantenzäh-



Bild 5. Option vertikale Pylone (Visualisierung)  
Fig. 5. Option vertical towers (visualisation)



Bild 6. Option gekreuzte Stoßzähne (Visualisierung)  
Fig. 6. Option intersecting elephant tusks (visualisation)

ne das Land Botsuana, das die größte Elefantenpopulation in Afrika besitzt. Der Elefant ist ein wichtiger Tourismusmagnet. Dieser Entwurfsidee konnte der Auftraggeber folgen und legte sich im Juni 2008 auf die Variante Elephant Tusks fest.

### 3 Ausführungsentwurf

#### 3.1 Allgemeines

Ziel der Planung war es, für die Brückenkonstruktion möglichst viele Symmetriebeziehungen zu schaffen, da die Brückenachse sich in einer Geraden befindet. So ist die Brücke sowohl zur Brückenmitte als auch zur Brückenachse vollkommen symmetrisch. Es ergibt sich daraus ein exakt 200 m langes Mittelfeld mit zwei jeweils 100 m langen Seitenfeldern. Die Seile sind in acht Seilgruppen zu jeweils neun Seilen arrangiert. Es ergeben sich dadurch Seilquerträgerabstände in der Regel von 10,0 m. Nur in Brückenmitte und im Bereich der Pylonachsen werden die Abstände auf 15,0 m bzw. 25,0 m vergrößert. Der Hochpunkt der Brücke befindet sich in der Mitte der Strombrücke, die Längsneigung beträgt zu beiden Seiten 0,5 % (s. Bild 7).

Der Regelquerschnitt hat eine Gesamtbreite von 12,40 m. Er nimmt die beiden Fahrbahnen mit jeweils 3,35 m Breite sowie beidseitig jeweils ca. 1,80 m breite Gehwege auf, welche durch Betonschutzwände von den Fahrbahnen dauerhaft getrennt werden. Der Querschnitt wird als Dachprofil mit einer Querneigung von 2,5 % als Stahlverbundquerschnitt mit trapezförmigen luftdicht verschweißten Stahlhohlkästen als Hauptträger ausgeführt.

Die Plattendicke beträgt im Bereich der Hohlkästen 25 cm und an den Kragarmspitzen 20 cm. Zusammen mit den 1,75 m hohen Stahlkästen ergibt sich die Querschnittshöhe zu 2,00 m (s. Bild 8).

Durch die symmetrische Ausbildung der Strombrücke entsteht ein Verhältnis der Stützweiten von 1/2/1. Dies stellt für einen Durchlaufträger mit drei Feldern ein nicht optimales Stützweitenverhältnis dar, so dass es erforderlich wird, die Seitenfelder der Brücke zu ballastieren. Das wird dadurch realisiert, dass schon vor den Trennpfeilern die Überbauhöhe von 2,0 m auf 3,0 m vergrößert wird. Zusätzlich wird der Überbau an den Brückenden auf der gesamten Breite als Hohlkasten ausgeführt und mit Schwerbeton gefüllt (s. Bild 9). Das ist gestalterisch unproblematisch, da die Bauhöhe der Vorlandbrücken ebenfalls 3,0 m beträgt und somit der unvermeidliche Querschnittssprung harmonisiert wird. Damit kann der Lagesicherheitsnachweis an den Trennpfeilern mit der geforderten Sicherheit auch im Grenzzustand der Tragfähigkeit erbracht werden.

Die zu Wartungszwecken begehbaren Stahlpylone haben eine Höhe von ca. 52,0 m über den Fundamentsockeln. Die Verankerung der Parallellitzenseile erfolgt im Inneren der Pylonen an zugänglichen Verankerungsebenen. Überbauseitig werden die Seile zu beiden Seiten des Überbaudecks an auskragenden Seilquerträgern angeschlossen, welche ebenfalls als luftdicht verschweißte Stahlhohlkästen ausgeführt werden. Sie sind im Bereich der Fahrbahn mit Kopfbolzendübeln mit der Betonfahrbahnplatte schubfest verbunden und bilden mit den Längsträgern einen Trägerrost (s. Bild 10).

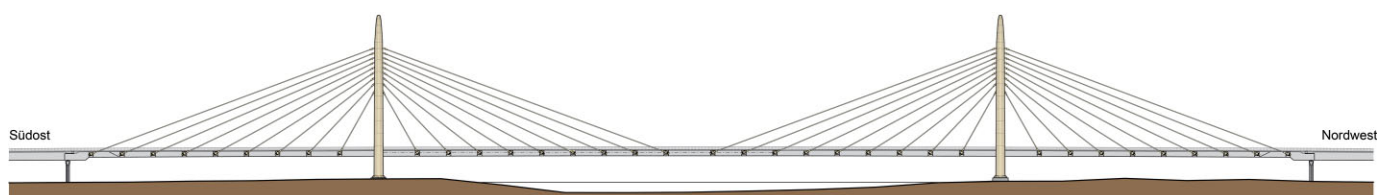
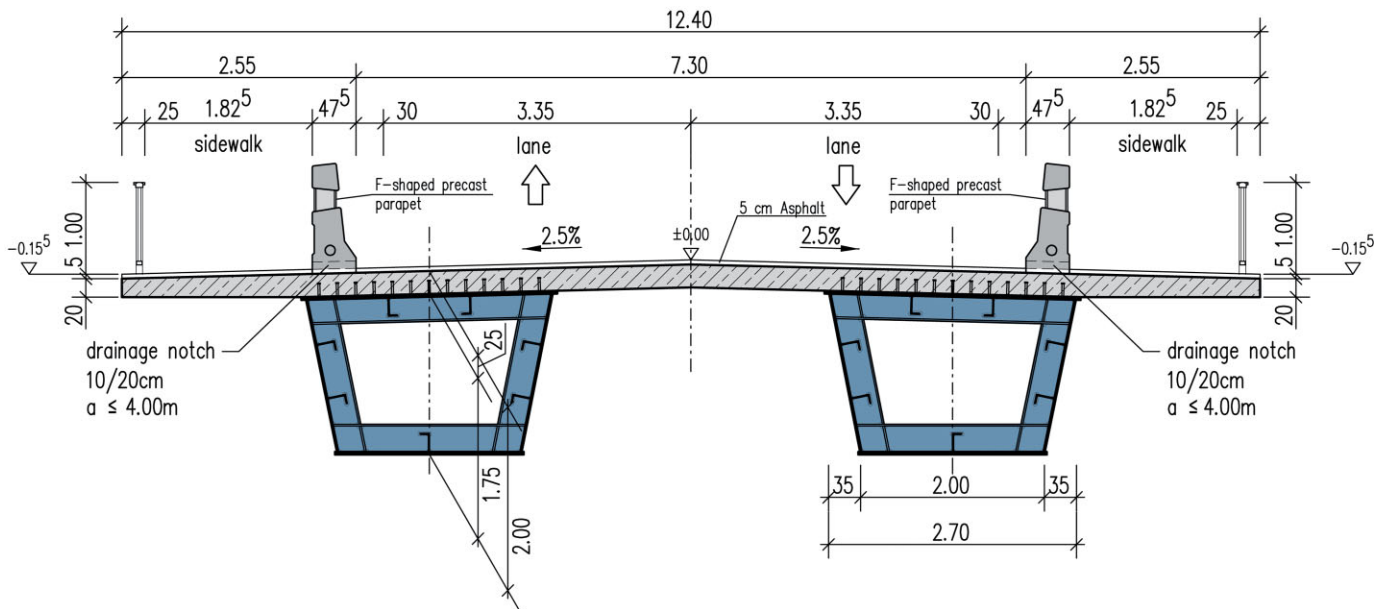
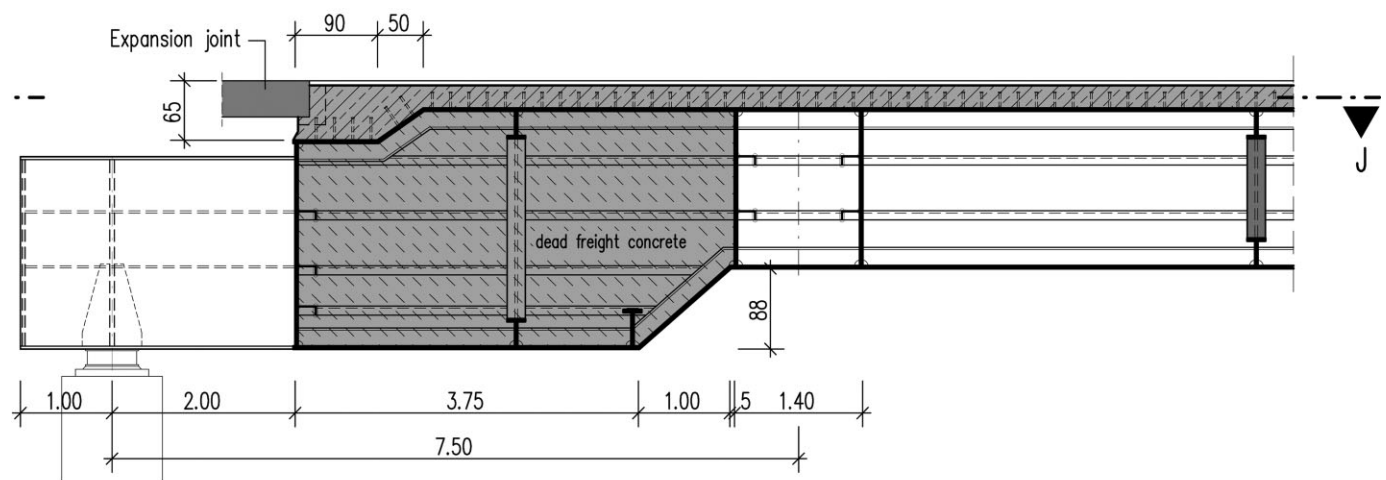


Bild 7. Übersicht der Schrägseilbrücke  
Fig. 7. General arrangement of the cable-stayed bridge



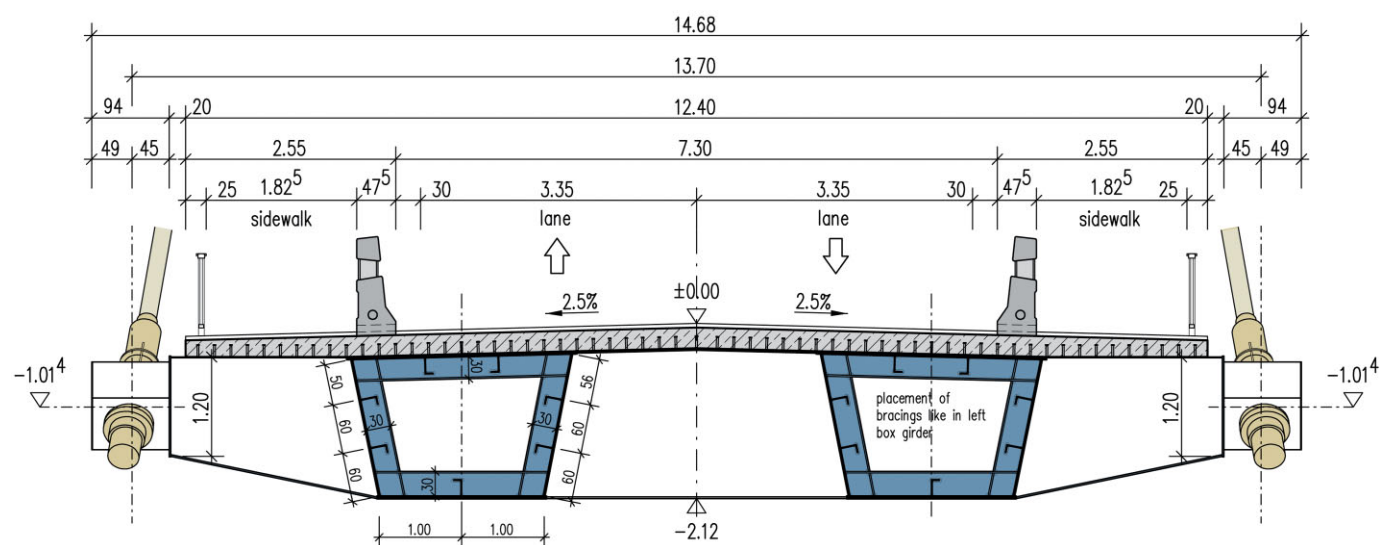
*Bild 8. Querschnitt der Schrägseilbrücke*

Fig. 8. Cross section of the cable-stayed bridge



*Bild 9. Anpassung des Höhenversatzes zwischen Vorlandbrücke und Strombrücke*

Fig. 9. Adjustment of the construction height between bank bridges and river bridge



*Bild 10. Querschnitt am Seilquerträger*

Fig. 10. Cross section at the cable cross beam

### 3.2 Stahlpylone

Die Brücke über den Okavango ermöglicht den Zugang zu einem der größten und artenreichsten Naturreservate. So entstand die Idee, die Pylone in der Form von sich kreuzenden Elefantenzähnen auszubilden. In einer ersten Phase wurde ein intensives Designstudium betrieben, mit dem Ziel, die Geometrie möglichst naturnah hinsichtlich Form und Proportionen auszubilden. Zudem wurde in der Vorplanung die Frage des Materials (Stahl oder Beton) ausführlich erörtert. Beton hätte hier den wesentlichen Vorteil gehabt, dass er beinahe in jeder beliebigen Form hergestellt werden kann. Allerdings hätte eine Verankerung der Seile im Inneren der Pylonen durch die dadurch erforderlichen massiven Außenwände zu erheblichen Abmessungen geführt, die das Erscheinungsbild der Pylonen äußerst negativ beeinflusst hätten. So fiel die Wahl auf den Baustoff Stahl. Schon im Entwurf musste genau untersucht werden, wie die Pylone gefertigt werden können, was bei einem in der Höhe veränderlichen sowie gekrümmten Querschnitt gewisse fertigungstechnische Herausforderungen mit sich bringt.

So wurde das folgende Herstellungskonzept entwickelt: Jeder Pylon wird aus 30 einzelnen Stahlschüssen gefertigt. Dabei bestehen die einzelnen Segmente aus sich verjüngenden Kegelschnitten, welche polygonal miteinander verschweißt werden (s. Bild 11). Dadurch entsteht eine gewisse Abweichung von der ideal gekrümmten Form. Um die Sichtbarkeit dieser Abweichung mit eventuell erkennbaren Knicken und Schattenkanten für den Betrachter einzuschätzen, wurde zunächst eine Vollmodell-Computervisualisierung inkl. verschiedener Perspektiven und Beleuchtungszustände erstellt.

Darüber hinaus wurde ein 3D-Modell eines Pylonen inkl. eines Teils des Fahrbahndecks und einiger Seile im Maßstab 1:87 gefertigt. Die Erstellung des Modells erfolgte mit dem Rapid Prototype Modelling-Verfahren in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Ostwestfalen Lippe. Bei diesem Verfahren wird auf Grundlage einer CAD Zeichnung mit Hilfe eines speziellen 3-D Druckers aus verschiedenen Kunststoffen ein dreidimensionaler Körper maßstabsgetreu hergestellt. Dabei werden durch die hohe erzielbare Genauigkeit etwaige geometrische Unstetigkeiten ebenfalls abgebildet. Das so erstellte Modell wurde im Anschluss aus verschiedenen Perspektiven, teilweise unter extremen Lichtverhältnissen, fotografiert (s. Bild 12). Die Ergebnisse waren durchweg positiv, so dass davon ausgegangen werden kann, dass es zu keiner sichtbaren Verfälschung der Idealform im fertig gestellten Zustand kommen wird. Die Pylone haben in ihrem Fußbereich einen Außendurchmesser von 3,0 m. Dieser verjüngt sich kontinuierlich bis zum Kreuzungsbereich auf 2,50 m. Oberhalb davon reduziert sich der Außendurchmesser weiter auf 1,50 m. Den Abschluss bildet eine Glaskuppel, in der die Beleuchtung für die Luftfahrtsicherung untergebracht ist. Die Pylone sind vom Brückendeck aus durch eine Tür zugänglich. Die Begehbarkeit wird im Inneren durch Steigleitern gewährleistet. Dabei sind sowohl die unteren Aufspannungspunkte der Pylonen als auch die oben gelegenen Seilverankerungen und die Beleuchtung für die Luftfahrtsicherung erreichbar (s. Bild 13). Damit sind alle wartungsrelevanten Teile der Konstruktion zugänglich.

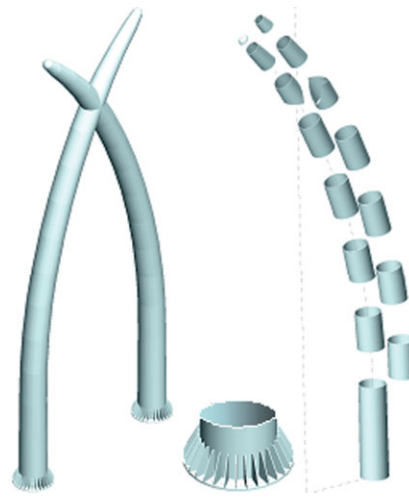


Bild 11. Kegelschnitt Segmente  
Fig. 11. Conic section segments

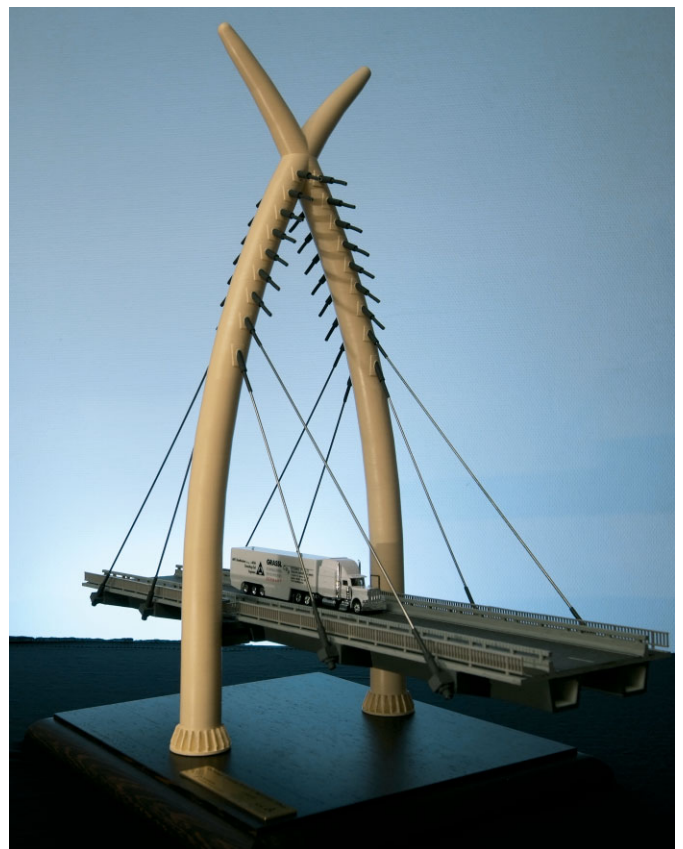


Bild 12. Brückenmodell im Maßstab 1:87  
Fig. 12. Model of the bridge in scale 1:87

Um den Pylonen auch farblich ein realistisches Erscheinungsbild zu verleihen, werden sie mit einer Deckbeschichtung in dem Elfenbeinfarbtönen RAL 1015 versehen.

### 3.3 Lagerungssystem und Fahrbahnübergänge

Das Lagerungskonzept der Strombrücke sieht eine zwängungsfreie Lagerung des Überbaus vor. Der Festpunkt in Längsrichtung wird dabei am südwestlichen Pylon gewählt, da seitens der Vorlandbrücke aus dieser Richtung am Trennpfeiler ein größerer Dilatationsweg aufgenommen werden muss. Die querfeste Lagerung des Überbaus

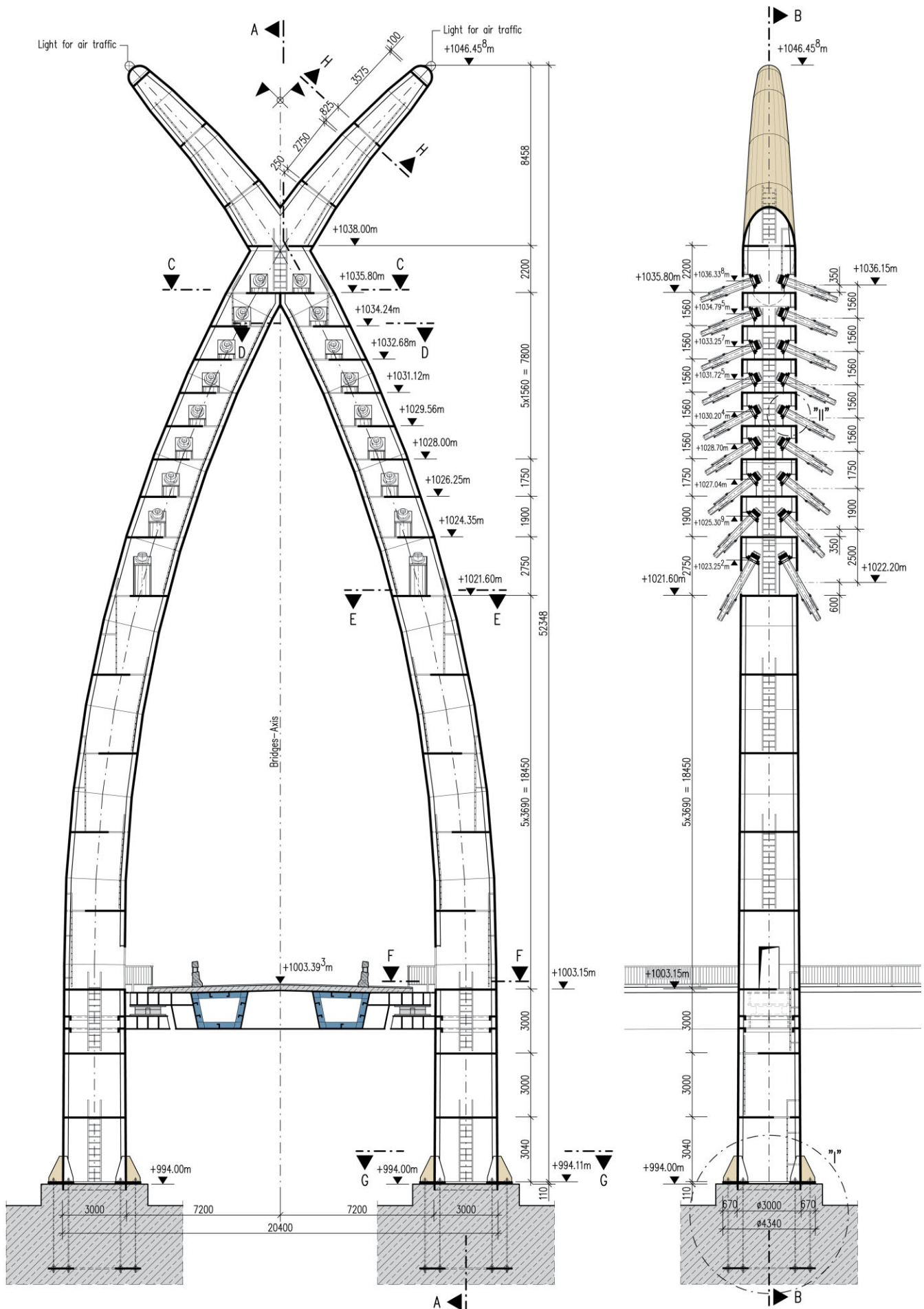


Bild 13. Pylon im Schnitt  
Fig. 13. Sectional drawing of the tower

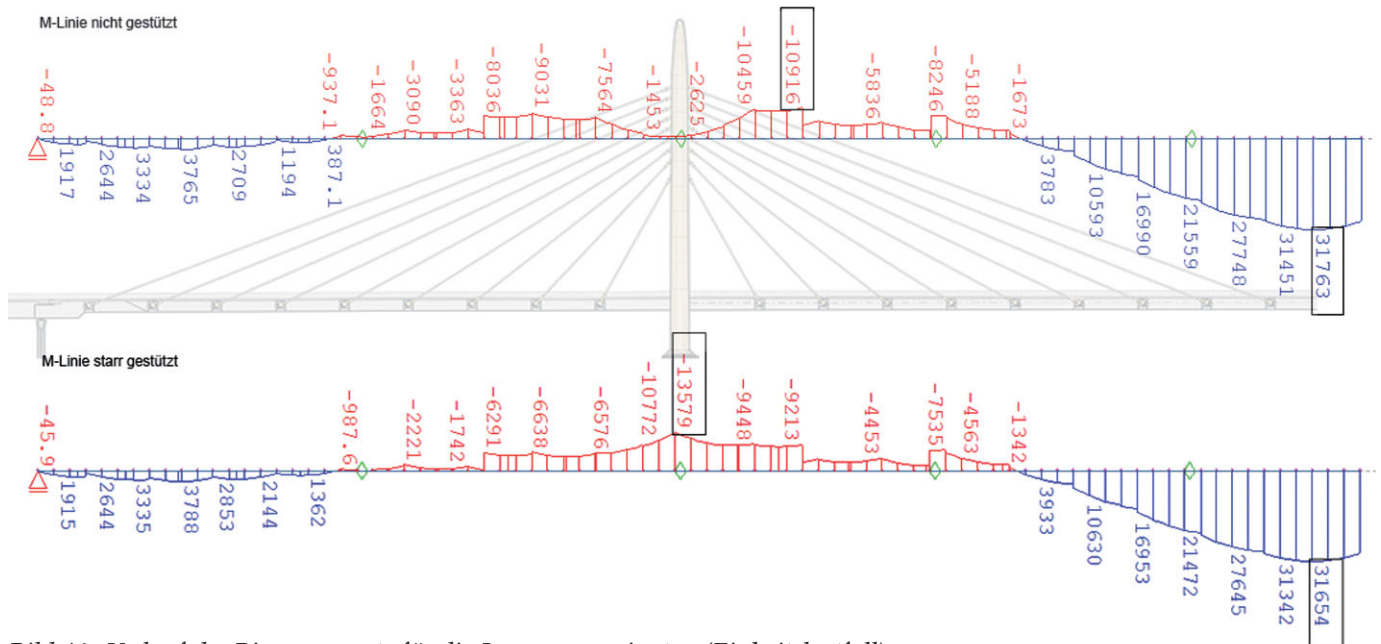


Bild 14. Verlauf der Biegemomente für die Lagerungsvarianten (Einheitslastfall)

Fig. 14. Developing of the bending moments for the bearing options (unit load case)

wird analog zu den Vorlandbrücken in allen vier Achsen auf der östlichen Seite gewählt. An den Pylonen wird auf eine vertikale Unterstützung des Überbaus durch Lager verzichtet. Die statischen Berechnungen zeigten, dass durch die relativ engen Abstände der Seilquerträger auf diese starre Lagerung verzichtet werden kann. Damit kann im Bereich der Pylonachsen ein ausgeprägtes Stützmoment vermieden und die Momentenbeanspruchung im Überbau deutlich reduziert werden (s. Bild 14).

Die horizontalen Festhaltungen in den Pylonachsen sind stahlbaumäßige Sonderkonstruktionen. Dabei werden die einseitig verschieblichen Stützpunkte als Lager mit einem Linienanslag ausgebildet (s. Bild 15). Die Konstruktion ist damit für beide Bewegungsrichtungen grundsätzlich gleich, sie werden jeweils um 90° gedreht eingebaut. Das längs- und querfeste Lager wird mittels eines vertikal verschieblichen Schubdollens realisiert. Die Gleitpaarungen werden aus einer Kombination aus Edelstahl und PTFE ausgebildet. Als Lager kommen auf den Übergangspfeilern handelsübliche Kalottenlager zum Einsatz.

Die Fahrbahnübergänge werden als wasserdichte Lamellenkonstruktionen geplant und erhalten eine oben liegende Geräuschminderung. Damit werden Einzelspaltweiten bis zu 100 mm möglich und die Anzahl der erforderlichen Lamellen reduziert sich. Bei den aufzunehmenden Gesamtdehnwegen von ca. 600 mm bzw. 670 mm kommt damit eine 7-schlaufige bzw. 8-schlaufige Übergangskonstruktion zum Einsatz. Die Zugänglichkeit der Übergangskonstruktionen an den Trennpfeilern wird von den Hohlkästen der Vorlandbrücke aus über die Wartungsgänge gewährleistet.

derlichen Lamellen reduziert sich. Bei den aufzunehmenden Gesamtdehnwegen von ca. 600 mm bzw. 670 mm kommt damit eine 7-schlaufige bzw. 8-schlaufige Übergangskonstruktion zum Einsatz. Die Zugänglichkeit der Übergangskonstruktionen an den Trennpfeilern wird von den Hohlkästen der Vorlandbrücke aus über die Wartungsgänge gewährleistet.

### 3.4 Trennpfeiler

Die Pfeiler der Vorlandbrücken werden als Pfeilerscheiben (Stützenkopfbreite: 1,50 m) in Stahlbeton ausgebildet. Die Übergangspfeiler zwischen den Vorlandbrücken und der seilverspannten Strombrücke sollen dem Gestaltungskonzept folgend das gleiche Erscheinungsbild aufweisen. Für die klassische Anordnung der Lager nebeneinander wäre ein breiterer Stützenquerschnitt erforderlich geworden, daher werden die Lager der Vorlandbrücken und die Lager der Strombrücke in einer Reihe auf dem Stützenkopfbalken angeordnet. Dies wird realisiert, indem die Stahlkästen der Hauptträger der Strombrücke mit Kragarmen ausgebildet werden, so dass sich der Überbau gleich einer zweizinkigen Gabel neben den Lagern der Vorlandbrücke absetzt (s. Bild 16). Auf diese Weise kann ein schmaler Trennpfeiler realisiert werden, dessen Silhouette den Regelpfeilern der Vorlandbrücke entspricht.

### 3.5 Unterbauten und Gründungssystem

Die Stahlpylone werden am Fußpunkt auf massiven Fundamentsockeln aufgespannt, die auf einer gemeinsamen Pfahlkopfplatte angeordnet sind. Der vorhandene Baugrund besteht aus Felsschichtungen mit unterschiedlich starken Verwitterungsgraden, so dass eine Tiefgründung mittels Bohrpfählen zum Einsatz kommt. Als Pfahltyp werden verrohrte Bohrpfähle entworfen, bei denen der Pfahlbeton durch ein dünnes Stahlrohr ummantelt wird, das im Boden verbleibt. Da die Gründungen der Pylonen

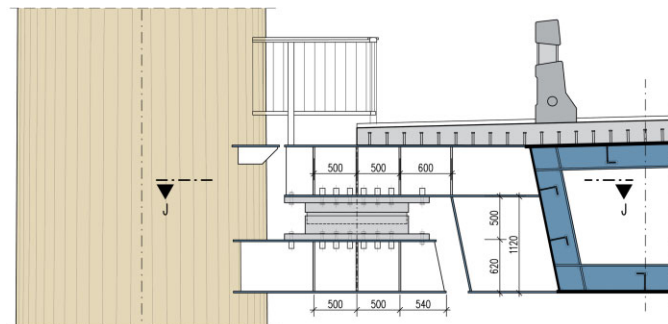


Bild 15. Horizontalkraftlager am Pylon

Fig. 15. Bearing for horizontal forces at the tower

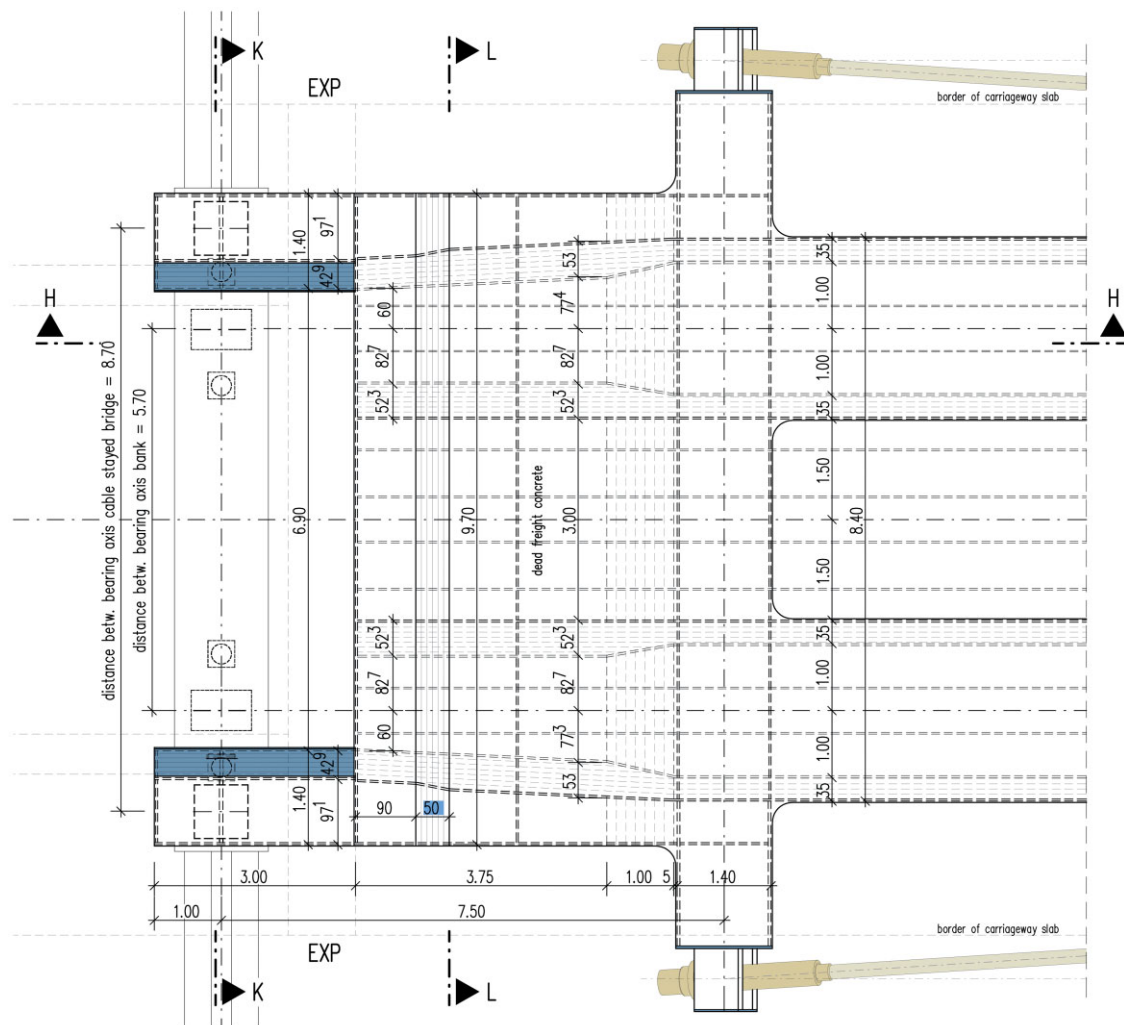


Bild 16. Anordnung der Lager am Übergangspfeiler

Fig. 16. Arrangement of the bearings at the combination pier

in einem Bauwerksabschnitt liegen, der in ständig wiederkehrenden Hochwasserperioden überflutet wird, werden die sensiblen Aufspannungspunkte der Pylonfußpunkte in einer Höhe angeordnet, die eine planmäßige Überflutung ausschließt. Zusätzlich erhalten die Verankerungsköpfe der Aufspannungen einen Korrosionsschutz durch fettverpresste Abdeckungen.

### 3.6 Bauvorgang

Das Baufeld liegt in einem Gebiet, dessen Zugänglichkeit in den Wintermonaten durch Überschwemmungen erschwert wird. Die Bauvorgänge müssen hierauf abgestimmt werden.

Das Gebiet östlich des Okavango ist derzeit nur mit einem relativ kleinen Fährboot zu erreichen, welches den Anforderungen einer Großbaustelle in keiner Weise genügt. Es wird somit erforderlich, eine bauzeitliche Querung des Flusses zu errichten. Eine Verbindung mittels einer Pontonbrücke wurde verworfen, da die Mindestwassertiefe im Flussbett nicht sichergestellt ist und außerdem der Fluss an dieser Stelle mehrmals am Tag für die Schifffahrt, insbesondere der Grenzpolizei, passierbar bleiben muss. Aus diesen Gründen wird in der Planung eine Hilfsbrücke mit einem temporären Mittelpfeiler vorgesehen. Seitlich des Baufeldes wird eine Baustraße angeordnet, von wo aus Stich-

wege zu den einzelnen Pfeilerstandorten abzweigen. Diese Baustraße stellt eine Einschränkung der erforderlichen Retentionsflächen dar, weshalb ihre Höhe nur so hoch gewählt werden kann, dass sie bei größeren Hochwasserereignissen ebenfalls überschwemmt werden wird. Die Vorlandbrücken werden nach Einbringen der Gründung und Errichten der aufgehenden Pfeiler im Taktschiebverfahren von den Widerlagern her eingeschoben.

Der Bau der Strombrücke erfolgt auf beiden Seiten des Flusses nahezu gleichzeitig. Es werden zunächst die Gründungselemente der Pylonen sowie die Fundamentsockel in Stahlbetonbauweise erstellt. Parallel zur stahlbaumartigen Errichtung der vorgefertigten Segmente der Pylonen werden die Stahlhauptträger der Seitenfelder auf Hilfsstützen aufgelegt und verschweißt. Die Erstellung des Mittelfeldes erfolgt im Freivorbau. Dabei werden vorgefertigte Stahlschüsse mittels eines Vorbaukranes vorgefahren, verschlossert und verschweißt. Die Stahlschüsse haben dabei i. d. R. eine Länge von 10,0 m und sind symmetrisch zu dem Seilquerträger ausgebildet (s. Bild 17). Nach dem Verschweißen wird jeweils eine Seilpaarung mit dem zugehörigen rückwärtigen Seilpaar eingebaut und vorgespannt. Die Hilfsstützen werden dabei sukzessive freigesetzt und ausgebaut. Nach dem Lückenschluss in der Mitte des Stromfeldes erfolgt die Betonage der Fahrbahnplatte. Dabei werden Betonierabschnitte mit einer Länge von

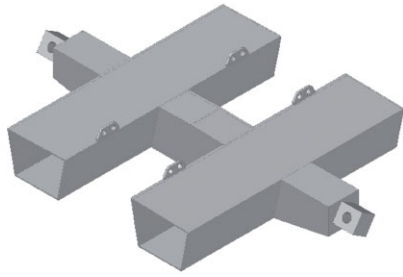


Bild 17. Montageeinheit  
Fig. 17. Construction unit

ca. 20,0 m vorgesehen. Die Betonierfolge wird in Hinblick auf eine ausgewogene Belastung des Systems optimiert. Abschließend erfolgt der Ausbau des Querschnitts.

#### 4 Vorschriften

Die Vorbemessung der Strombrücke wurde gemäß den DIN-Fachberichten seitens des Bauherrn bestellt. Hierbei wurden die ortsspezifischen Randbedingungen hinsichtlich Temperaturschwankungen und relativer Luftfeuchte sinnvoll angepasst. Da der gesamte Brückenzug, bestehend aus Vorlandbrücken und Strombrücke, nach Fertigstellung einem gemeinsamen Standard genügen muss, wurden schon frühzeitig auch die entsprechenden Vorschriften des Botsuana Roads Department in die Planung mit einbezogen. Die Standard Specification for Road and Bridge Works greifen dabei überwiegend auf die Vorschriften des South African Bureau of Standards zurück. Diese lehnen sich sehr stark an den British Standard an. Damit entsprechen die konstruktiven Vorgaben und Bemessungsanforderungen weitestgehend dem europäischen Sicherheitsniveau. Für die derzeit durchgeführten Ausführungsberechnungen wurden lediglich Anpassungen hinsichtlich des anzusetzenden Verkehrslastmodells vorgenommen.

#### 5 Ausblick und Schlussbemerkung

Nach Abschluss der Planungen ist es vorgesehen, im Zuge eines internationalen Präqualifikationsverfahrens Baukonsortien auszuwählen, die dieser bautechnischen Herausforderung gewachsen sind und über ausreichend Erfahrungen im Schrägseilbrückenbau verfügen. Im Anschluss an die Vergabe der Bauleistungen wird der Bau des gesamten Brückenzuges inkl. der Vorlandbrücken aus Spannbeton etwa dreieinhalb Jahre benötigen. Nach ihrer Eröffnung wird die Okavango River Bridge in Mohembo Village die erste Schrägseilbrücke in Botsuana sein (Bild 18). Sie wird einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung und Entwicklung der Infrastruktur des Okavango-Deltas leisten.

##### An der Planung Beteiligte:

Bauherr:

The Government of the Republic of Botsuana  
Ministry of Public Works and Transport  
Department of Roads

Generalplaner Okavango-Querung,

Planung Verkehrsanlage:

CPP, Botswana (Pty) Ltd., Consulting Engineers & Planners  
Broadhurst, Gaborone



Bild 18. Okavango Bridge (Visualisierung)  
Fig. 18. Okavango Bridge (visualisation)

Vorentwurfs-, Entwurfs und Ausführungsplanung sowie Aufstellen der Verdingungsunterlagen:

Büro APCO, Oosthuizen, Johannesburg, South Africa  
(Vorlandbrücken)

Ingenieurbüro Grassl GmbH, Hamburg (Strombrücke)

Baugrundgutachter:

K. Schwartz Pr Eng, Consulting Geotechnical Engineer  
Margate 4275, South Africa

Sondergutachter Erdbeben:

Professor Andrzej Kijko, Natural Hazard Assessment  
Consultancy, Centurion, South Africa

TC Partridge, Partridge, Maud and Associates,  
Johannesburg, South Africa

#### Literatur

- [1] Girmscheid, G.: Vordimensionierung der Haupttragwerksproportionen von Schrägseilbrücken. Bautechnik 64 (1987), S. 313–317.
- [2] Girmscheid, G.: Statische und dynamische Berechnung von Schrägseilbrücken. Bautechnik 64 (1987), S. 340–347.
- [3] Svensson, H.: Fritz Leonhardts Schrägkabelbrücken. Stahlbau 68 (1999), S. 474–485.
- [4] Walther, R.: Schrägseilbrücken. Düsseldorf: Beton Verlag GmbH, 1994.
- [5] Gebert, G. et al.: Die neue Rheinbrücke Wesel – Entwurfsplanung und Ausschreibung, Stahlbau 76 (2007), S. 657–670.

#### Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Martin Grassl, Dipl.-Ing. Thomas Benz,  
Ingenieurbüro Grassl GmbH, Hohler Weg 4, 20459 Hamburg,  
www.grassl-ing.de