

Beratende

1/2 2017

Ingenieure

Das Fachmagazin für Planen und Bauen

Schwerpunkt

Wasserwirtschaft

Außerdem im Heft

Ermittlung angemessener Stundensätze

Afrikas längste Hängebrücke

Was VBI-Büros gerade planen

Maputo Brücke, Mosambik

Deutsches Know-how für Afrikas längste Hängebrücke

von **Stefan Tavares Bollow**, **Jörn Seitz** und **Andreas Raftis**

Der Bau der insgesamt mehr als 3 km langen Maputo-Brücke durch eines der größten chinesischen Unternehmen mit deutscher Objektüberwachung stellt für alle Beteiligten eine Herausforderung in technischer und kultureller Hinsicht dar. Nach ihrer Fertigstellung Ende 2017 wird sie die längste Hängebrücke Afrikas und neues Wahrzeichen Maputos sein.

Einleitung

Mosambik liegt im Südosten Afrikas. Seine Hauptstadt Maputo an der gleichnamigen Bucht am Indischen Ozean hat rund eine Million Einwohner. Das Land gilt mit seinen Bodenschätzen, seinen fruchtbaren Böden und einer 2.470 km langen Küste als eines der Länder mit dem größten ungenutzten Entwicklungspotenzial Afrikas. Trotz der beeindruckenden wirtschaftlichen Wachstumszahlen der vergangenen Jahre schreitet die wirtschaftliche Entwicklung nur stockend voran.

Eines der Probleme für die weitere Entwicklung ist die unzureichende verkehrliche Anbindung Maputos an den Süden des Landes. Auch eine Verbesserung der weiterführenden Handelsroute nach Südafrika ist von großem entwicklungspolitischen Interesse. Entsprechend des nationalen Masterplans soll durch die Erschließung des Südens ein Korridor entstehen, der vor allem touristische Infrastruktur beherbergen und Wirtschaftswachstum generieren soll. Daher wurde der Bau einer Brücke über die Bucht von Maputo beschlossen. Gauff Engineering erhielt den Auftrag zur Qualitätsüberwachung.

Der Blick über die Baustelle von Nord nach Süden veranschaulicht die Dimensionen der entstehenden Brücke.



Visualisierung der Brücke



Blick über den südlichen Pylon in Richtung Catembe. Im Hintergrund die 35 Stützen der Vorlandbrücke.

Fotos: GAUFF Engineering, www.gauff.net

2014 begann der Bau der „Maputo Bridge“. Sie spannt sich über die Einfahrt des internationalen Seehafens von Maputo und ist ein Schlüsselbauwerk für die Verbindung nach Südafrika. Die Bedeutung des Projektes unterstreichen Besuche des mosambikanischen Präsidenten, der sich vor Ort vom Baufortschritt überzeugte.

Die Arbeiten an den Unterbauten sind seit Oktober 2016 abgeschlossen, die mittlerweile über 100 m hohen Pylone weit über die Bucht hinaus sichtbar.

Projektorganisation

Design und Bauausführung erfolgen durch die China Road and Bridge Corporation (CRBC) mit Sitz in Peking, drittgrößte Baufirma der Welt. Die vertraglichen Aufgaben von Gauff Engineering aus Nürnberg umfassen die gesamte Qualitätsüberwachung sowie die Verifizierung des Designs nach Eurocode. Gauff Engineering ist mit seinen rund 300 Mitarbeitern seit Jahrzehnten auf die professionelle Umsetzung komplexer Infrastrukturprojekte in den Bereichen Verkehr, Wasser, Abwasser und Energie spezialisiert. Als beratende Ingenieure sind die Mitarbeiter von Gauff auf vier Kontinenten vertreten und bieten technische und fachliche „Kompetenz in Infrastruktur“ aus erster Hand.

Finanziert wird das „Maputo Bridge and Link Roads Project“ über chinesische Banken. Der zugehörige Vertrag nach FIDIC wurde 2011 mit dem Bauherrn, der eigens gegründeten staatlichen Gesellschaft „Maputo Sul“, unterzeichnet. Leitgedanken des Projektes sind: „Quality Matters Most“ und „Focus on Safety“.

Konstruktive Projektdetails

Mit einer Spannweite von 680 m gilt die Maputo Brücke nach heutigem Stand als längste Hängebrücke Afrikas. Die Haupt-Tragkabel sind über Stahlkonstruktionen im Norden und Süden mit jeweils einem großen Ankerblock verbunden. Die hohen Bauwerkslasten erfordern für die Brücken und Pylone Pfahlgründungen mit Durchmessern von 1,50 m bis 2,20 m. Die Pfähle reichen bis 110 m tief in den Tonstein.



Einbau der Stahlteile aus China für die Hauptseilverankerungen auf der nördlichen Seite.



Betonarbeiten im Schacht des Ankerblocks.

Die Hauptbrücke mit einer Pylonhöhe von 141 m wird als klassische Hängebrücke erstellt. Die Pylone sind wie ein überdimensionales „A“ geformt mit einem Querriegel als Auflager für die Fahrbahn in ca. 40 m Höhe. Ein zweiter oberer Querriegel trägt den über 15 t schweren Sattel für die Umlenkung der Tragkabel an den Pylonspitzen.

Der Kabeldurchhang zwischen den Pylonen und der Brückenmitte liegt bei ca. 68 m. Die Tragkabel bestehen aus 91 Litzen mit einem Durchmesser von 455 mm. Jede Litze wird aus 91 Drähten mit jeweils 5 mm Durchmesser gebildet und mit einem besonderen Korrosionsschutz versehen.

Darüber hinaus wird das Tragkabel bei der Installation vor Ort in einem besonderen Verfahren mit Polyethylen (PE) ummantelt und eingeschnürt. Die Hängeseile werden im Abstand von 12 m an den Tragkabeln befestigt. Sie werden ebenfalls durch eine PE-Ummantelung geschützt und bestehen aus jeweils 127 Kabeln mit 5 mm Durchmesser.

Die Hängeseile tragen die 3 m hohen Stahlfertigteile der ei-

gentlichen Brückenfahrbahn. Die Einzelteile dieser Stahlkonstruktion des Überbaus werden in China vorgefertigt, montiert und per Schiff direkt an die Brückenbaustelle gebracht. Die einzelnen Fertigteile der Brückenfahrbahn sind jeweils 25,60 m breit und 12 m lang. Sie werden nicht erst in Maputo zwischengelagert, sondern direkt vom Schiff aus eingebaut. Daher bleibt das Frachtschiff über die kompletten drei Monate, die für die Montage geplant sind, am Kai der Baustelle liegen. Die landseitigen Verankerungen der Tragkabel erfolgen auf beiden Uferseiten jeweils in einem Ankerblock mit einer massiven Stahlkonstruktion in einem Schlitzwandschacht mit 50 m Durchmesser.

An die Hauptbrücke schließt im Norden und Süden je eine Vorlandbrücke unterschiedlicher Bauart an. Bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten wird im Norden eine quergelegte, gekrümmte und in S-Form übergehende, 1.097 m lange, freivorgespannte Brücke und im Süden eine Fertigteilbrücke von 1.234 m Länge gebaut. Die Entwurfsplanung entstand auf der Grundlage chinesischer Normen. Das Gesamtkonzept der Brücke wurde vorab geprüft.



Baugrund und Spezialtiefbau

Der Baugrund besteht in den oberen Lagen aus maritimen Ablagerungen und Schlack, Feinsanden sowie Tonen und darunter liegenden Sand- und Tonsteinschichten mit einem hohen Grundwasserstand. Dieser Untergrund erforderte für Bauhilfsmaßnahmen und auch für die Bauwerke selbst einen vielfältigen Spezialtiefbau: Schlitzwände für die Verankerungsschächte, suspensionsgestützt hergestellte Bohrpfähle bis 2,20 m Durchmesser, Baugrundstabilisierung durch Mixed-in-Place-Säulen, Hochdruckinjektionen unterhalb der Schlitzwände, Grundwasserabsenkungen, Probelastungen an Pfählen mit eingebauten Hydraulikzylindern, Großversuche zur Ermittlung der Reibung auf der Schachtsohle, Stahlbetonrammpfähle und Spundwände.

Der Beton der Baustelle unterliegt strengen Auflagen und wurde speziell für das Projekt entwickelt. Verschiedene Festigkeitsklassen weisen einen hohen Flugascheanteil von bis zu 40 % auf. Die Flugasche wird aus Südafrika angeliefert und verleiht dem Beton laut Untersuchungen der Universität Kapstadt eine außergewöhnlich hohe Dauerhaftigkeit. Die Beton-

herstellung erfolgt rund um die Uhr in zwei Mischanlagen. Bis Mitte November 2016 wurden über 110.000 m³ Beton verbaut. Die Arbeiten für die Schächte der Verankerungsböcke auf der Nord- und Südseite begannen im Januar 2015. Jeder Schacht hat einen äußeren Durchmesser von 50 m, eine Wanddicke von 1,20 m und die Schlitzwandlamellen sind bis zu 56 m tief. Diese beiden Schlitzwandschächte gehören mit bis zu 37 m Aushubtiefe zu den größten weltweit. Fortschreitend mit dem Erdaushub im Schachtinnern wurde die Schlitzwand durch einen inneren Ortbetonring verstärkt, der zur Sohle hin bis zu einer Stärke von 2,50 m ausgebaut wurde.

Die Schachtsohlen müssen eine gewaltige Last tragen. Ein einzelner Ankerblock wiegt nach seiner Fertigstellung ca. 170.000 t. Umfangreiche Baugrund- und Tragfähigkeitsuntersuchungen für den südlichen Schacht ergaben, dass zur Aufnahme dieser Last Bodenverbesserungsmaßnahmen in der Sohle erforderlich waren: ein Drittel der Sohlfläche konnte wie vorgefunden belassen werden, bei einem weiteren Drittel wurde der Boden bis zu 1,50 m Tiefe gegen Beton C20 ausgetauscht und das letzte Drittel wurde durch 12 m lange und 1,50 m dicke Betonsäulen verbessert.



Die Pylone „wachsen“ stetig in den Himmel bis auf 141 m Höhe.



Der 170.000 t schwere Ankerblock auf der Nordseite.

Das Design für die Pfähle erfolgte auf Grundlage der Ergebnisse aus den umfangreichen Baugrunduntersuchungen. Aufgabe der Ingenieure von Gauff war es unter anderem, die Berechnungen nach chinesischer Norm mit dem vergleichbaren Eurocode abzugleichen. Bei Abweichungen wurde dann auf Anweisung des Bauherrn der Eurocode für die Berechnung der Pfahllängen und Bewehrungsgehalte verwendet. Vor der eigentlichen Pfahlherstellung wurden für eine optimierte Bemessung Probelastungen vorgenommen.

Die Herstellung der Pfähle folgte dem internationalen Stand der Technik für das Lufthebebohrverfahren und wurde durch erfahrene Bohrmannschaften aus China, verstärkt durch lokale Fachkräfte, ausgeführt. Diese arbeiteten im Schichtbetrieb sieben Tage die Woche rund um die Uhr.

Projektspezifische Herausforderungen

An der Maputo Bridge arbeiten Menschen aus Afrika, Asien und Europa über Jahre in einem Großprojekt zusammen. Neben Fachwissen ist von allen Beteiligten auch enormes Engagement, interkulturelle Kompetenz und Verständnis für die politischen, sozialen und wirtschaftlichen Zusammenhänge des jeweiligen Landes gefragt.

Über die eigentliche Qualitätsüberwachung der Baustelle hinaus sind auch übergreifende Themen beachtenswert, wie z. B. unterschiedliche Normungen, Schulung und Ausbildung des lokalen Personals sowie die Vorbildfunktion deutscher Consultants im Ausland. So bietet Gauff Bauingenieurstudenten europäischer Universitäten die attraktive Möglichkeit, ihr Auslandspraktikum in Maputo zu absolvieren. Neben Praxissemestern wurden auch schon Masterarbeiten in den Bereichen Baubetrieb, Design und Geotechnik erfolgreich abgeschlossen. Außerdem engagiert sich Gauff im Projektland auch sozial. So werden z. B. Kampagnen zum Umweltschutz und zur HIV-Prävention unterstützt und begleitet.

Deutsche Ingenieurbüros sind weltweit erfolgreich tätig und genießen einen guten Ruf. Ein Novum für ein Projekt dieser Größenordnung ist, dass die Baufirma (CRBC) auf ausdrücklichen Wunsch des Bauherrn (Maputo Sul) einen internationalen Consultant (GAUFF Engineering) direkt mit der Qualitätsüberwachung und Designüberprüfung beauftragt hat. Die Vertragsverhandlungen zwischen CRBC und Gauff wurden dabei ebenso vom Bauherrn begleitet, wie die vorgeschaltete beschränkte Ausschreibung. Dieses außergewöhnliche Bauvorhaben weckt weit

über Mosambik hinaus großes Interesse und verschiedene Fachthemen wurden mittlerweile auf internationalen Konferenzen vorgestellt. Fachleute und Politiker aus der ganzen Welt haben das Projekt bereits besichtigt, darunter auch mehrere hochrangig besetzte Delegationen aus Deutschland.

Vergleichbare Projekte in Deutschland?

Klassische Hängebrücken wurden in Deutschland in jüngster Zeit nur noch als Fuß- und Radwegbrücken gebaut. Die letzte große und auch größte Hängebrücke Deutschlands, die Rheinquerung bei Emmerich, mit einer Mittelspannweite von 500 m, wurde Mitte der sechziger Jahre fertig gestellt. Dagegen entstand allein in den vergangenen 20 Jahren rund ein Drittel der 100 größten Hängebrücken der Welt in China. Ein Beleg für die Erfahrungen, die die chinesische Bauindustrie mit dieser speziellen Bauart sammeln konnte, nicht nur in der Volksrepublik selbst, sondern weltweit bei Entwurf und Ausführung unter verschiedensten Bedingungen (Indonesien, Kasachstan etc.).

Qualitätskontrolle

Während Europa über ein historisch gewachsenes und flächendeckendes System aus Normen und Vorschriften verfügt, liegen in China nur vereinzelt Langzeiterfahrungen von mehr als 25 Jahren für große Bauwerke vor. Aktuell wird in China die erste Generation der nationalen Normen überarbeitet und an die veränderten Umwelt- und Belastungsverhältnisse angepasst. Für vergleichende Untersuchungen von Normen aus China und Europa gibt es ebenfalls wenig Erfahrungswerte. Während in anderen Bereichen, beispielsweise bei Handelsprodukten, von der EU geförderte Forschungsvorhaben laufen, gibt es zu Projektabwicklungen im Bauwesen bisher nur vereinzelte Vergleiche.

Für das Maputo-Bridge-Projekt haben Gauff und CRBC gemeinsam mit dem Bauherrn eine umfassende Qualitätsüberwachung entwickelt, die alle Bereiche – auch die umfangreiche Fertigung der komplexen Stahlbauteile in China – abdeckt. Diese innovative Vorgehensweise bei der Qualitätsüberwachung ist beispielhaft für künftige internationale Großprojekte.

Zusammenfassung

Der Bau der insgesamt mehr als 3 km langen Brücke in Afrika durch eines der größten chinesischen Unternehmen mit deutscher Objektüberwachung stellt sowohl eine technische als auch kulturelle Herausforderung für alle Beteiligten dar. Die wesentlichen Berechnungen nach chinesischen Normen und deren Abgleich mit den Eurocodes sowie die Herstellung der Pfähle und Schlitzwände wurden im Juni 2016 erfolgreich abgeschlossen. Die Schächte für die Verankerung der Hauptseile der Brücke sind ausgebaut und die Pylone wachsen stetig, bis sie die endgültige Höhe von 141 m erreicht haben werden. Bis Mitte November 2016 waren für das Projekt in Summe bereits mehr als 6 Mio. Arbeitsstunden ohne größere Zwischenfälle geleistet worden – ein hervorragender Beleg für die Qualität und Sicherheit und das gute Zusammenspiel aller Beteiligten auf der Baustelle.

Die Stahlbauarbeiten für die Hängebrücke, das Einziehen der Hauptkabel, das Anheben der 57 Stahlsegmente, deren begleitende Produktionskontrolle in China, der Bau der besonders anspruchsvollen 1.097 m langen freivorgespannten Brücke im Norden sowie der 1.234 m langen Fertigteilbrücke im Süden – all diese Arbeitsschritte werden in den nächsten Monaten unter der Aufsicht von Gauff Engineering ausgeführt.

Im Januar 2018 soll diese herausragende Brücke feierlich dem mosambikanischen Volk übergeben werden. ■

Autoren

Jörn Seitz

Projektdirektor „Maputo Bridge and link roads project“

Stefan Tavares Bollow

Geschäftsführer für die Bereiche anglophones und lusophones Afrika

Andreas Raftis

Leiter Public Relations, Gauff GmbH & Co. Engineering KG



Am Ankerblock Süd werden die Stahlträger für die Brückenseile montiert.