

Mit bayerischer Qualität entsteht die längste Hängebrücke Afrikas

# In 60 Metern Höhe über dem Indischen Ozean

Mosambik befindet sich im Südosten Afrikas am Indischen Ozean und gilt mit seinen Bodenschätzen, seinen fruchtbaren Böden und einer 2800 Kilometer langen Küste als eines der Länder mit dem größten ungenutzten Entwicklungspotenzial Afrikas. Trotz der beeindruckenden wirtschaftlichen Wachstumszahlen der letzten Jahre schreitet die wirtschaftliche Entwicklung nur stockend voran.

Eines der Probleme für die weitere Entwicklung ist die fehlende beziehungsweise unzureichende Verbindung zwischen der Hauptstadt Maputo und dem Süden des Landes. Auch eine Verbesserung der weiterführenden Handelsroute nach Südafrika ist von großem entwicklungspolitischen Interesse. Durch die Erschließung des Südens wird ein Korridor geschaffen, der entsprechend dem nationalen Masterplan Mosambiks vor allem touristische Infrastruktur beherbergen und weitere Arbeitsplätze und Wirtschaftswachstum generieren soll. Daher wurde der Bau einer Brücke über die Bucht von Maputo beschlossen. Mit einer Spannweite von 680 Metern wird die Maputo Brücke nach ihrer Fertigstellung Ende 2017 die längste Hängebrücke Afrikas sein.

2014 wurde mit dem Bau der Brücke unter der Qualitätsüberwachung von GAUFF Engineering begonnen. Die „Maputo Bridge“ spannt sich über die Einfahrt des internationalen Seehafens und ist ein Schlüsselbauwerk für die Verbindung nach Südafrika. Bis heute sind alle Unterbauten nahezu abgeschlossen und die Pylone schon weithin sichtbar. Das Design und die Ausführung erfolgen durch die China Road and Bridge Corporation (CRBC), die drittgrößte Baufirma der Welt. Die Aufgaben von GAUFF Engineering aus Nürnberg umfassen die Qualitätsüberwachung sowie die Verifizierung des Designs nach dem Eurocode.

GAUFF Engineering ist seit Jahrzehnten auf die professionelle Umsetzung von komplexen Infrastrukturprojekten in den Bereichen Verkehr, Wasser, Abwasser und Energie spezialisiert. Als beratende Ingenieure sind die Mitarbeiter von GAUFF auf vier Kontinenten permanent vertreten und bieten „Kompetenz in Infrastruktur“ aus erster Hand.

Die Haupt-Tragkabel der Maputo Brücke sind über Stahlkon-



So wird die Maputo Bridge aussehen.

VISUALISIERUNG + FOTOS GAUFF ENGINEERING/WWW.GAUFF.NET

struktionen 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 bis 2,20 Metern und die Pfähle reichen bis 110 Meter Tiefe in den Tonstein.

## Speziell entwickelter Beton

An die Hauptbrücke schließen sich im Norden und Süden je eine Vorlandbrücke unterschiedlicher Bauart an. Bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten wird im Norden eine quergeneigte, gekrümmte und in S-Form übergehende, 1097 Meter lange freivorgespannte Brücke und im Süden eine Fertigteilbrücke von 1234 Metern Länge erstellt. Der Entwurf wurde auf Grundlage chinesischer Normen erstellt und das Gesamtkonzept der Brücke vorab geprüft.

Der Baugrund besteht aus Auffüllungen und Schlick in den oberen Lagen, Feinsanden und 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 Metern 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 speziell entwickelte Beton verschiedener Festigkeitsklassen weist einen hohen Flugascheanteil von bis zu 40 Prozent auf. Die Flugasche wird aus Südafrika angeliefert und verleiht dem Beton laut Untersuchungen der Universität Kapstadt eine außergewöhnlich hohe Dauerhaftigkeit.

Die Arbeiten für die Schächte der Ankerblöcke auf der Nord- und Südseite begannen im Januar 2015. Jeder Schacht hat einen äußeren Durchmesser von 50 Metern, eine Wandstärke von 1,20 Metern und die Schlitzwandlamellen sind bis zu 56 Meter tief. Die beiden Schlitzwandschächte für das Verankerungsbauwerk gehören mit bis zu 37 Metern Aushubtiefe derzeit zu den größten weltweit.

Mit speziellen Messgeräten („Koden“) wurde kontinuierlich neben dem Aushubprofil auch die Vertikalität der Schlitzwandlamellen kontrolliert. In die Bewehrungskörbe wurden Stahlrohre für die spätere Betonprüfung durch „Crosshole Sonic Logging“ (CSL) installiert. Fortschreitend mit dem Erdaushub wurde die Schlitzwand durch einen inneren Ort betonring verstärkt, der zur Sohle hin bis zu einer Stärke von 2,50 Metern ausgebaut wurde.

Die Schachtsohlen müssen eine gewaltige Last tragen. Ein einzelner Ankerblock wiegt nach seiner Fertigstellung rund 170 000 Tonnen. Umfangreiche Baugrund- und Tragfähigkeitsuntersuchungen ergaben, dass zur Aufnahme dieser Last Bodenverbesserungsmaßnahmen in und unterhalb der Sohle erforderlich waren: Ein Drittel der Sohlfläche konnte wie vorgegeben belassen werden; bei einem weiteren Drittel wurde der Boden bis zu 1,50 Metern Tiefe gegen Beton C20 ausgetauscht und das letzte Drittel wurde durch 12 Meter lange und 1,50 Meter starke Betonsäulen verbessert.

Für die Bemessung der Pfähle gab es keine Vergleichsprojekte in Mosambik. Das Design erfolgte auf Grundlage der Erkenntnisse aus

den Baugrunduntersuchungen, die etwa zwei Jahre vor den eigentlichen Bauarbeiten begannen. Aufgabe der Ingenieure von GAUFF war es unter anderem die Berechnungen nach der chinesischen Norm auch hierfür mit dem entsprechenden Eurocode abzugleichen. Bei Abweichungen wurde dann auf Anweisung des Bauherrn der Eurocode für die Berechnung der Pfahllängen und Bewehrungsgelänge verwendet.

Vor Beginn der Pfahlherstellung wurde in drei Grundsatzversuchen deren Tragfähigkeit anhand von Probelastungen überprüft. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse konnten die insgesamt 331 Pfähle

Schulung und Ausbildung des lokalen Personals sowie die Vorbildfunktion deutscher Consultants im Ausland. Darüber hinaus bietet GAUFF Bauingenieurstudenten europäischer Universitäten die Möglichkeit ihr Auslandspraktikum in Maputo zu absolvieren. Neben Praxissemestern wurden auch schon Masterarbeiten in den Bereichen Baubetrieb, Design und Geotechnik erfolgreich abgeschlossen.

Deutsche Ingenieurbüros arbeiten weltweit erfolgreich und genießen international einen guten Ruf. Für ein Projekt dieser Größenordnung ist es ein Novum, dass die Baufirma (CRBC) auf ausdrücklichen Wunsch des Bauherrn (Ma-

puto Sul) einen internationalen Consultant (GAUFF Engineering) direkt für die Qualitätsüberwachung und Designüberprüfung beauftragt. Die Vertragsverhandlungen zwischen CRBC und GAUFF wurden dabei ebenso vom Bauherrn begleitet wie die vorgeschaltete beschränkte Ausschreibung. Maputo Sul hat außerdem mit COWI einen weiteren Consultant für technische Spezialthemen unter Vertrag genommen.

Das Bauvorhaben weckt weltweit erhebliches Interesse. Viele internationale Fachleute und Politiker haben das Projekt schon besichtigt, wie zum Beispiel das bayerische Wirtschaftsministerium. 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 Bauwerke vor. Aktuell wird in China die erste Generation der nation-

alen Normen landesweit überarbeitet. Für vergleichende Untersuchungen von Normen aus China und Europa gibt es ebenfalls wenig Erfahrungswerte. Während in anderen Bereichen, wie bei Handelsprodukten, von der EU geförderte Forschungsvorhaben bestehen, sind bei Projektentwicklungen im Bauwesen bisher nur vereinzelt Vergleiche zu finden.

Für dieses 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 zukünftige internationale Großprojekte.

**Die Pylone wachsen stetig**

Der Bau dieser insgesamt über drei Kilometer langen Brücke in Afrika durch eines der größten chinesischen Unternehmen mit deutscher Bauüberwachung stellt eine Herausforderung in technischer und kultureller Hinsicht für alle Beteiligten dar. Die Berechnungen nach chinesischen Normen und deren Abgleich mit dem Eurocode sowie die Herstellung der Pfähle und der Schlitzwände wurden im Juni 2016 erfolgreich abgeschlossen. Die Schächte für die Verankerung der Hauptseile der Brücke sind nahezu ausgebaut und die Pylone wachsen stetig, bis sie die endgültige Höhe von 141 Meter erreicht haben werden. Am 9. Juli 2016 waren für das Projekt in Summe bereits fünf Millionen Arbeitsstunden ohne größere Zwischenfälle geleistet worden – ein 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



Ausbau des südlichen Ankerblocks, im Hintergrund die Stützen der Vorlandbrücke.

optimiert werden. Diese Versuche wurden von der Universität Nanjing begleitet.

Die Herstellung der Pfähle folgte dem internationalen Stand der Technik für das Lufthebebohrverfahren. In allen Pfählen wurde der Beton nach 28 Tagen durchgehend über Ultraschallmethoden (CSL) bis zur Sohle überprüft.

An der Maputo Bridge arbeiten Menschen aus Afrika, Asien und Europa in einem Großprojekt zusammen. Neben Fachwissen ist von allen Beteiligten auch enormes Engagement, interkulturelle Kompetenz und Verständnis für die politischen, sozialen und wirtschaftlichen Zusammenhänge gefragt. Auch das für Europäer ungewohnte tropische Klima ist eine zusätzliche Herausforderung.

Über die eigentliche Qualitätsüberwachung der Baustelle hinaus sind auch übergreifende Themen beachtenswert, wie zum Beispiel unterschiedliche Normungen,

Stahlsegmente, deren begleitende Produktionskontrolle in China, der Bau der besonders anspruchsvollen 1097 Meter langen freivorgespannten Brücke im Norden sowie der 1234 Meter langen Fertigteilbrücke im Süden – all diese Arbeitsschritte werden in den nächsten 18 Monaten unter der Aufsicht von GAUFF Engineering ausgeführt. Im Januar 2018 soll dann diese imposante Brücke dem mosambikanischen Volk übergeben werden. > JÖRN SEITZ/ANDREAS RAFTIS

Das Bauvorhaben weckt weltweit erhebliches Interesse. Viele internationale Fachleute und Politiker haben das Projekt schon besichtigt, wie zum Beispiel das bayerische Wirtschaftsministerium. 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 Bauwerke vor. Aktuell wird in China die erste Generation der nation-

## KOOPERATION Kein Ding ohne ING

In Zusammenarbeit mit der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau stellt die Bayerische Staatszeitung auf einer Sonderseite in regelmäßigen Abständen spannende Projekte von Mitgliedern der Ingenieurekammer-Bau vor.



Die Dimensionen der Brücke sind enorm.