

Bitte reichen Sie einen kurzen Text und einige Fotos Ihres Projektes bei der Redaktion – geschaeftsstelle@bdb-nds.de – ein.



Neue Bewegliche Brücken in Kopenhagen

Eine Ingenieuraufgabe an der Schnittstelle zwischen Maschinenbau und Elektrotechnik

Das Ingenieurbüro DR. SCHIPPKE + PARTNER in Hannover (kurz: SP) ist ausgewiesen in der Entwurfs- und Ausführungsplanung sowie der Objektüberwachung und der Begutachtung von festen und beweglichen Brückenbauwerken, Geräten der Fördertechnik, Anlagen des Stahlwasserbaus und besonderen Bauten des Ingenieurhochbaus bis hin zum Theater- und Bühnenbau. Überwiegend steht dabei die Aufgabe, die Schnittstellen zwischen der Tragwerksplanung, dem Maschinenbau und der Steuerungstechnik abzudecken im Vordergrund. Das gilt besonders für Planung, Bau, Betrieb und Unterhaltung beweglicher Brücken. SP betreute seit der Auftragserteilung durch die Københavns Kommune im Jahr 2009 den Neubau dreier Klappbrücken in Kopenhagen. Vorausgegangen war ein Wettbewerb, den die Planungsgemeinschaft Dietmar Feichtinger Architects (DFA) und WTM Engineers für sich entscheiden konnten.

Die Kanalbrücken befinden sich in Kopenhagen auf dem Areal des Innenstadtbereichs der zum einen auf der Nordseite durch den Kanal, der den Øresund mit dem Hafen verbindet, und zum anderen auf der Südseite durch den innenliegenden Stadtgraben begrenzt wird. Die Baumaßnahme wurde in Auftrag gegeben, um die Innenstadt (Nyhavn) an die Stadtteile Holmen und Christianshavns anzubinden und den durch die vielen für Kopenhagen typischen Kanäle abgetrennten Bereich für den Tourismus, die Bevölkerung wie auch die Wirtschaft besser zu erschließen und attraktiver zu gestalten. Vor allem das ehemalige



Inbetriebsetzung der Kanalbrücke über den Christianshavnskanal-Trantgraven

Fakten

Planungsteam

WTM Engineers GmbH

Dietmar Feichtinger Architects

DR. SCHIPPKE + PARTNER

Cowi AS

Auftraggeber

Københavns Kommune

Teknik- og Miljøforvaltningen

Center for Anlæg og Udbud

Planungs- und Bauzeit

Wettbewerb: 2009

Entwurf und Ausschreibung: 2009-2011

Bau: 2012-2014

Annemarie Schippke, Dipl.-Ing. (FH)

Automatisierungstechnik



Kanalbrücke mit beweglichen Klappen über Proviantmagasingraben

Militärgelände Holmen auf dem sich jetzt die Oper, die Nationale Filmschule, die Hochschule für Architektur und die Nationale Theaterschule befinden, sollte besser für den Fuß- und Radverkehr angeschlossen werden.

Eine Kanalbrücke befindet sich an der Kreuzung des Christianshavnskanal und des Trangraben und verbindet so die Innenstadt, Christianshavns und die Oper (Holmen). Diese Brücke hat drei Arme von denen zwei durch bewegliche Brücken klappbar ausgeführt sind. Etwas weiter in Richtung Oper befindet sich über den Proviantmagasingraben die dritte bewegliche Kanalbrücke. Die Brücken sind kombinierte Fußgänger und Radbrücken für die verkehrsberuhigten Bereiche im Kopenhagener Hafengebiet. Die Ausführung als bewegliche Brücken ist für die Stadt Kopenhagen von großer Bedeutung, da die Kanäle besonders in den wärmeren Sommermonaten von einer Vielzahl an Motor- und Segelboten durchquert werden. Alle drei Klappbrücken bestehen aus einflügeligen Klappen ohne Gegengewichtsausgleich. Sie werden hydraulisch durch je zwei Hubzylinder bewegt.

Die Besonderheit der Kanalbrücke, die die Kreuzung am Christianshavnskanal und Trangraben überquert, ist, dass sie aus zwei Klappen besteht, die die beiden Kanäle überspannen und über ein Podest zusammengeführt werden. Das Podest steht auf Pfählen in der Kanalkreuzung. Diese Brücke verbindet durch ihre Form mit einem festen Part und den davon abgehenden zwei beweglichen Klappen drei Uferseiten, den Trangravsvej, die Princessgade und den Strangade. Sie wird deshalb auch als Y- oder Schmetterlingsbrücke bezeichnet.

Die Schmetterlingsbrücke hat je Klappe eine Länge von 23 m und eine Breite von 7,5 m. Die dritte Kanalbrücke über den Proviantmagasingraben, auch als I-Brücke bezeichnet, ist 22,6 m lang und 5,5 m breit. Die Antriebstechnik beider Bauwerke ist

ähnlich. Die kleinere I-Brücke ist mit zwei 30 kW Motoren bestückt, die Y-Brücke mit vier 37 kW Motoren. Die I-Brücke kann durch für 320 bar Betriebsdruck ausgelegte Höchstdruckzylinder in 90, die Y-Brücke in 120 Sekunden geöffnet werden.

Da beide Klappen der Schmetterlingsbrücke über ein Hydraulikaggregat angetrieben werden, wird immer nur jeweils eine Klappe bewegt. Eine gleichzeitige Bewegung beider Klappen war nicht vom Auftraggeber verlangt, es sollten beide Klappen in geöffneter Endlage (Hochlage) gehalten werden können.

Der Ausfall einer oder mehrerer Pumpen im Bewegungsvorgang ist bei langsamer Weiterfahrt möglich. Außerdem könnte die Anlage mittels einer zusätzlichen kleinen Pumpe, die eigentlich nur für Einstellungs- und Wartungsarbeiten vorgesehen ist, mit nochmals reduzierter Geschwindigkeit gefahren werden. Die hydraulischen Hubzylinder sind eine Sonderkonstruktion. Außer der üblichen Funktion zum Heben und Senken der Brückenklappen bilden ihre Zylinderrohre in der geschlossenen Lage neben den Lagern auf den Widerlagern ein weiteres Lager zur Aufnahme von Kräften nur aus der Verkehrsbelastung. Diese Lagerkräfte werden über einstellbare Auflageringe am oberen Anschlagpunkt über das Zylinderrohr in den unteren Zylinderanschlusspunkt und weiter in das Widerlager abgegeben. Aus dieser Besonderheit eines Verkehrslagers erwachsen hohe Anforderungen an Fertigungs- und Einbautoleranzen sowie Nachstellmöglichkeiten.

Seitens des Architekten wurde Wert darauf gelegt, das Gesamtbild der filigranen Stützkonstruktion nicht durch die üblicherweise auf den Rohren befindlichen Steuerblöcke zu stören. Deshalb wurden die Blöcke zwischen den Zylindern angeordnet. Ein technisch vergleichbarer Einbau in die Rohrwandungen wurde verworfen.

Die Brücken werden über speicherprogrammierbare Steuer-

ungen (SPS) mit zentralen und dezentralen Einheiten in normaler wie fehlersicherer Ausführung bewegt und überwacht. Alle Belange des Bewegungsapparates und der Verkehrssicherung sind hier zusammenfassend zu berücksichtigen. Die zentrale Bedienung erfolgt bei der Schmetterlingsbrücke aus einem Leitstand heraus mittels eines auf einem Industrie-PC implementiertem Visualisierungssystem mit fest hinterlegten Ablaufketten und Freigaben während der Bedienung.

Zusätzlich wurde für Wartungs- und Inspektionsarbeiten eine mobile Bedieneinheit installiert. Darunter ist ein kabelgebundenes Mobilpanel zu verstehen, das über fest installierte Ansteckplätze an verschiedenen Orten auf der Brückenanlage angeschlossen werden kann. Damit besteht so die Möglichkeit von verschiedenen Orten aus, die Gesamtanlage oder einzelne Teile der Anlage in unterschiedlichen Betriebsmodi fahren zu können. Die Bedienmöglichkeit über das Mobilpanel erfüllt die minimale Forderung nach Redundanz bei möglichen Ausfällen einzelner Komponenten und ermöglicht somit auch für diesen Fall einen weiterhin sicheren Umgang mit der Gesamtanlage über das Visualisierungssystem. Außer der grundsätzlichen Bestimmung des Mobilpanels zur Bedienung und Einstellung bei Wartungs- und Reparaturarbeiten am Ort des Geschehens, könnte es aber genauso im Normalbetrieb benutzt werden, um die Gesamtanlage vom Tisch zwischen den beiden beweglichen Teilen aus zu bedienen. Dafür wurde eine besondere Betriebsanleitung erstellt.

Bei der Kanalbrücke über den Proviantmagasingraben wurde aus architektonischen Gründen kein Bedienstand angeordnet. Die Bedienung erfolgt normalerweise über ein an einer Säule neben der Brücke anzuschließendes Mobilpanel. Eine Redundanz bei Ausfall des Mobilpanels ist durch die im Maschinenraum befindliche Steuerung an dem im Schaltschrank eingebauten weiteren Panel weiterhin gegeben. Diese Möglichkeit ist bei der Schmetterlingsbrücke ebenfalls vorhanden.

Zur Sicherheit, insbesondere bei geöffneten Klappen, ist bei der Schmetterlingsbrücke eine Videoanlage installiert, deren Monitorbilder im Steuerstand über einen Video-Server aufgeschaltet werden. Bei der kleineren Brücke über den Proviantmagasingraben sind im Hinblick auf eine zukünftige Fernbedienung Schnittstellen für eine Ergänzung durch eine Videoanlage bereits berücksichtigt. Das ist durch die Ausführung in Netzwerktechnik mit geringem Aufwand nachrüstbar. Die Bedienelemente müssten nur verlagert oder verdoppelt werden.

SP erstellte die Vorentwurfs-, Entwurfsplanung und Ausschreibung der Technischen Ausrüstung für die Bereiche Maschinenbau, Antriebstechnik, Elektro- und Steuerungstechnik und die Brückenbeleuchtung. Die festgelegte Projektsprache war mit Englisch vertraglich festgelegt. Mit zunehmender Laufzeit und auch des üblichen Termindrucks wurden die Dokumente jedoch in Deutsch, Dänisch oder Englisch verschickt. Trotz dieser sprachlichen Schwierigkeiten, besonders bei Fachausdrücken, konnten alle Fragen kooperativ bearbeitet und einvernehmlich einem Ergebnis zugeführt werden.

Die Planungen wurden federführend durch das Architekturbüro Dietmar Feichtinger Architects, Paris und WTM-Engineers, Hamburg geleitet. Das Architekturbüro hatte sich im vorgeschalteten Wettbewerb mit seinen Vorstellungen und dem Design der sehr schlanken Brücken und des kompakten Bedingebäudes durchgesetzt. Die Komponenten der Technischen Ausrüstung, wie Schranken, Ampelanlagen, Schifffahrtszeichenanlagen oder besonders der Brückenbeleuchtung, unterlagen besonderen Auflagen hinsichtlich des Stadtbildes und aus der Bürgerbeteiligung. Dem wurde z.B. durch in die Geländer eingebaute LED-Lichterketten und von extra angefertigten Edelstahlgehäusen für die Lichtsignalanlagen entsprochen.

SP wurde ebenfalls mit Teilen der Ausführungsplanung der Technischen Ausrüstung beauftragt. Die Erstellung der Unterlagen zur Elektrotechnik fand in Zusammenarbeit mit dem dänischen Ingenieurbüro COWI statt, die von der Planungsgemeinschaft WTM-DFA als lokaler Partner hinzugezogen worden war. Insbesondere bei der Verwendung dänischer Vorschriften, der Erstellung der Stromlaufpläne und Abstimmungen mit örtlichen Behörden und Energieversorgern war die Zusammenarbeit mit diesen Kollegen sehr hilfreich. Der Maschinenbau und die Antriebstechnik waren bereits durch ihren hohen Detaillierungsgrad aus der Entwurfsplanung ausschreibungsreif. Auf Grundlage dieser einzelnen Planungen konnte dann die Erstellung aller für die Technische Ausrüstung erforderlichen Verdingungsunterlagen erfolgen. Während der Bauausführung oblag SP die Fertigungsüberwachung des Maschinenbaus, der Antriebstechnik und der maschinennahen Steuerung. Das umfasste auch Funktionsprüfungen im Werk einschließlich Tests der Steuerungstechnik.

Den Zuschlag für den Bau bekam die dänische Baufirma Phil, verstärkt durch die Fachfirma SHG aus Svendborg für die Technische Ausrüstung. Leider mußte Phil während der Ausführung Insolvenz anmelden. Dadurch verzögerte sich die Bauzeit um über ein Jahr. Die Antriebstechnik war zu diesem Zeitpunkt von Phil schon fertig gestellt worden. Glücklicherweise konnte der Nachunternehmer SHG durch die Københavns Kommune weiter gebunden werden. Zum Abschluss gebracht wurde die Baumaßnahme mit dem erfolgreichen Probebetrieb der Anlage gegen Ende des letzten Jahres durch die dänische Baufirma HSM geführt, sodass die Freigabe für den öffentlichen Verkehr noch gerade rechtzeitig zum Weihnachtsgeschäft erfolgen konnte.

Die Ingenieurgesellschaft DR. SCHIPPKE + PARTNER, Ingenieure im Bauwesen, Maschinenbau und Elektrotechnik, mit Sitz in Hannover, besteht seit 1984 (www.dr-schippke.de). Sie wird als Partnerschaftsgesellschaft mehrheitlich von Honorarprofessor Dr.-Ing. Hans-Günther Schippke geführt. Dr. Schippke ist seit 1970 Mitglied im BDB und ab 2013 für den BDB Mitglied der Vertreterversammlung der Ingenieurkammer Niedersachsen.

Jens Kögel, Dipl.-Ing. Konstruktiver Ingenieurbau, SFI