

Die zweite Strelasundquerung – Planung, Überwachung und Management der Bauausführung

U. Gawlas, H.-H. Osteroth, M. Steinkühler

Zusammenfassung Die Rügenbrücke im Zuge der 2. Strelasundquerung wird nach ihrer Fertigstellung im Herbst 2007 eine der bedeutendsten Großbrücken Deutschlands darstellen. Ihre Verwirklichung fand in allen Projektphasen eine sehr rege Resonanz. Während bei der Planfeststellung und der Entwurfsbearbeitung vielfach noch skeptische Stimmen vorherrschten, die in dem Begriff einer „Monsterbrücke“ gipfelten, begleiteten mit fortschreitender Ausführung durchweg Zustimmung und Anerkennung das wachsende Bauwerk. Die „beliebte Brücke“ und sogar „Jahrhundertbauwerk“ sind Attribute, die nunmehr zu hören sind. Ausschlaggebend für diesen Stimmungswandel ist der Umstand, dass sich die gewählten Konstruktionen, insbesondere die seilverspannte Ziegelgrabenbrücke, in das maritime, innerstädtischen Umfeld harmonisch einfügen und zum Weltkulturerbe Altstadt Stralsund einen angemessenen Akzent setzen.

Möglich war diese erfolgreiche Projektabwicklung, weil die Vertragspartner auf Grundlage eines interaktiven Dialogs vorausschauend agierten und so noch baubegleitend Verbesserungen und Innovationen verwirklichen konnten. Die gewonnenen Erkenntnisse sind auch für zukünftige Projekte des Großbrückenbaus nutzbringend anzuwenden. Der vorliegende Beitrag berichtet über die Abläufe und Regeln dieser gestaltenden Kooperation zwischen den Vertragspartnern.

The second Strelasund bridge – planning, supervision and management of the construction

Abstract The „Rügenbrücke“, that is being built in the course of the construction of the second „Strelasundquerung“ due to be finished in the fall of 2007, will be one of the biggest bridges yet in Germany. At every stage the project has so far stirred great interest. And while voices were raised in objection during the official planning approval and the design revision, that even claimed the project to be rather „monstruous“, the ongoing construction work

Ulrich Gawlas

Projektleitung, Bauoberleitung
Leiter der Niederlassung Erfurt
der EHS beratende Ingenieure für Bauwesen GmbH
Strasse des Friedens 4, 99094 Erfurt,
ulrich.gawlas@ehs-ingenieure.de

Dr.-Ing. Hans-Heinrich Osteroth

Geschäftsführender Gesellschafter
der EHS beratende Ingenieure für Bauwesen GmbH
Am Alten Rathaus 5, 34253 Lohfelden,
h.osteroth@ehs-ingenieure.de

Dipl.-Ing. Martin Steinkühler

Projektleiter der Max Bögl
Bauunternehmung GmbH & Co. KG,
Max-Bögl-Straße 1, 92369 Neumarkt
msteinkuehler@max-boegl.de

silenced these voices and even invoked acceptance and approval for the growing structure. Expressions like „the popular bridge“ or „structure of the century“ can now be heard. One reason for this change of mind is that the chosen structures, especially the cable-stayed „Ziegelgrabenbrücke“, blend perfectly into the maritime inner city while nicely complementing the World Heritage Site of the historic city center of Stralsund.

The successful execution of the project was due to the interactive dialogue between the contractual partners that was constantly maintained, allowing for a far-sighted cooperation. This enabled all parties involved to realize improvements and innovations on the construction-in-progress from which new experiences and insights could be gained, that will prove valuable for the realization of future projects in bridge building. The present article is a report on the course of construction and the guidelines for this cooperation.

1 Einleitung

Die Rügenbrücke im Zuge der 2. Strelasundquerung findet in der Fachwelt und der interessierten Öffentlichkeit weit über Mecklenburg-Vorpommern hinaus großes Interesse. Die Gründe liegen wohl zunächst in der Größe des Bauwerkes, der Vielfältigkeit der Konstruktionen, mit denen sich das Bauwerk den wechselnden örtlichen Randbedingungen anpasst sowie nicht zuletzt in der hohen gestalterischen Qualität, durch die der Brückenzug in Sichtweite zum Weltkulturerbe Altstadt Stralsund im maritimen Umfeld dem Genius loci gerecht wird. Insbesondere für die Fachöffentlichkeit sind darüber hinaus auch die zahlreichen, baubegleitend eingeführten Innovationen und ingenieurtechnischen Besonderheiten von Bedeutung. Diese wurden in [1] bis [3] bereits ausführlich vorgestellt.

Um angesichts einer kurzen Bauzeit über diese Veränderungen und Entwicklungen eine stetige Aktualisierung und die gestaltende Zusammenführung des auftraggeberseitigen Projektwissens mit den Ideen des ausführenden Auftragnehmers zu realisieren, ist ein ausgewogenes Management der Ausführung und Überwachung unabdingbare Voraussetzung. In [1] werden die grundlegenden Beziehungen des Dialoges für eine interaktive Umsetzung des Bauvertrages dargelegt. Am Beispiel der 2. Strelasundquerung werden im Folgenden die wesentlichen Elemente der Planung und des Managements von Ausführung und Überwachung aufgezeigt.

2 Projektablauf der 2. Strelasundquerung

Planung und Bauausführung der 2. Strelasundquerung sind Teil eines außerordentlich straffen Projektablaufes. Wenn man berücksichtigt, dass im Projektablauf auch die erstmalig nach dem so genannten F-Modell ausgeschriebene mautfinanzierte Projektrealisierung erkundet wurde, ist die Dauer der Projektabwicklung mit neun Jahren von der Verein-



Bild 1. Ponton mit Fahrmischern
Fig 1. Pontoon with Truck Mixers

barung zwischen Bund und dem Land Mecklenburg-Vorpommern im September 1998 bis zur Verkehrsfreigabe im Oktober 2007 durchaus als kurz einzustufen. Zu beachten ist dabei zudem, dass eine vertiefte Wertung von Varianten wegen der Nachbarschaft zum Weltkulturerbe Altstadt Stralsund vorgenommen und mit der UNESCO ein weiterer Partner in die Abstimmungen zur Entscheidungsfindung mit einbezogen wurde.

In der für eine Infrastrukturmaßnahme dieser Größenordnung und Komplexität noch relativ kurzen Projektdauer von neun Jahren ergeben sich angesichts der heute vorherrschenden Dynamik bei bautechnischen Entwicklungen noch eine Vielzahl technischer Veränderungen und Fortschritte mit Auswirkungen auf das Baugeschehen. Daraus ist abzuleiten, dass für eine Infrastrukturmaßnahme mit der Größe und Bedeutung der 2. Strelasundquerung zwingend anzustreben ist, Verbesserungen der Funktionalität und Qualität über einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess auch noch baubegleitend in das Projekt einfließen zu lassen. Diese Zielsetzung dominierte die Planung und das Management der Bauausführung ebenso wie die Überwachung für die 2. Strelasundquerung und unterstützte damit die Weiterentwicklung der Kooperationspflicht der Bauvertragspartner im interaktiven Dialog zu einem Projektstandard, der unter den geltenden wirtschaftlichen Bedingungen das bestmögliche Niveau erreicht.

3 Planung und Management der Bauausführung

3.1 Organisation des Baubetriebes, Arbeiten unter Off-shore Bedingungen

Besondere Anforderungen an die Organisation des Baubetriebes folgten aus der Länge des Baufeldes, das sich unter Einschluss des Streckenbaus auf 4 km Länge erstreckte und zu etwa einem Drittel über Wasser lag. Vielfach waren sensible Umweltbereiche betroffen. Zudem musste zeitgleich an den einzelnen Bauwerken des Brückenzuges gearbeitet werden.

Eine sorgfältig abgestimmte Arbeitsvorbereitung war für die Off-shore Bauwerke zur Herstellung der Gründungskörper und Unterbauten in den Wasserflächen notwendig. So wurde bei Altefähr auf Rügen ein Anleger mit hydraulischer Rampe gebaut, über den Pontons mit Material für die Baugruben im Wasser beladen werden konnten. Auch zum Betonieren wurden Pontons eingesetzt, die, von einem Schubboot angetrieben, eine Betonpumpe und bis zu vier Fahrmischer übersetzen konnten (Bild 1). Für diese Bauphasen war die Kippstabilität bei einseitiger Entleerung von Fahrmischern nachgewiesen.

Ein Nadelöhr bei der Anlieferung des Betons und der Bewehrung zur Baustelle ist die alte Ziegelgrabenbrücke, die als Klappbrücke mehrmals täglich geöffnet wird und vor der insbesondere in der Ferienzeit lange Staus entstehen. Die Betoniertermine waren auf die Öffnungszeiten abgestimmt, um Verzögerungen zu vermeiden. Nach dem Lückenschluss des Bauwerks zwischen der Ziegelgrabenbrücke und der Vorlandbrücke Dänholm konnten die öffentlichen Straßen entlastet werden,

weil der Baustellenverkehr für die Herstellung der Überbauten bis nach Rügen und den weiteren Ausbau der Rohbauten die Vorlandbrücken in Stralsund, die Ziegelgrabenbrücke und die Vorlandbrücke Dänholm nutzen konnte. Um Trübungsflächen im Strelasund und im Ziegelgraben zu vermeiden, wurden alle Unterbauten im Wasser in geschlossenen Baugruben tiefgegründet. Damit wurden Setzungen an der parallel laufenden B 96 vermieden. Wichtige Auflagen für den umweltverträglichen Bau der Rügenbrücke konnten Störungen des jährlichen Heringszuges im Frühjahr vermeiden. Erdarbeiten außerhalb der Baugruben und das Einbringen des Kolksschutzes ruhten deshalb während dieser Zeit. Zur Vermeidung von Schäden an der empfindlichen Klappbrücke im Ziegelgraben waren die Spundwände der Baugruben hier einzupressen.

Zur wasserseitigen Pfahlgündung kam ein Katamaran zum Einsatz. Dieser bestand aus zwei Pontons, die mit einem lichten Abstand von 15 m mit einer Brücke fest miteinander verbunden waren. Für die Bohrarbeiten wurde der Katamaran so verholt und über Dalben gesichert, dass das Bohrgerät auf der Gitterträgerbrücke über dem Spundwandkasten wie auf einer schwimmenden Arbeitsebene stand und die Pfähle bis zu einer Wassertiefe von -14 m bis -40 m u HN herstellen konnte. (Bild 2). Nach Herstellung der Bohrpfähle unter Wasser wurden die Spundwandkästen mit sorgfältig eingebauten Dichtsohlen aus Unterwasserbeton so abgedichtet, dass die Pfeiler im Sundbereich nach dem Lenzen der Baugruben wie geplant im Trockenen hergestellt werden konnten. Förderlich für den Bauablauf war, dass die Arbeiten unabhängig vom Heringszug in diesen geschlossenen Kästen weitergeführt werden konnten.

Während des Heringszuges waren erschütterungserzeugende Arbeiten im Wasser auszusetzen, damit der Hering durch das Baustellengebiet ungestört in seine Laichgewässer schwimmen konnte. Die vom Heringszug angelockten Angler auf dem parallel verlaufenden Rügendamms stellten nicht nur für die Fische eine Gefahr dar, da die bleibeschwerten Haken der Angeln gelegentlich in die gelenzten Baugruben

und damit den Arbeitskräften um die Ohren flogen. Die Helmpflicht für die Bauarbeiter bekam hier eine neue Bedeutung.

Die Baugruben im Sund waren für einen maximalen Wasserstand von HW + 1,12 m ü HN einschließlich 30 cm Wellenschlag bemessen. Glücklicherweise blieb der Wasserstand während der Bauzeit unter dieser Marke. Erst nach Fertigstellung der Wasserpfeiler kam es im Herbst 2006 zu einer Sturmflut, die die Kästen geflutet hätte.

3.2 Logistik und Montage des Stahlbaus Bauwerke 1.2 und 2

Die gesamte Stahlkonstruktion wurde im Stahlbaufertigungsbetrieb von Max Bögl Stahl- und Anlagenbau in Neumarkt/Oberpfalz gefertigt.

Der Verbundtrog des Überbaus für BW 1.2 wurde in bis zu 25 m langen L-förmigen Abschnitten auf dem Straßenweg mit 36 Schwerlastfahrzeugen antransportiert. Auf dem Montageplatz wurden sie zu U-förmigen Trögen zusammenschweißt. Für den durchlaufenden Verbundtrog wurden 1 600 to in acht Schüssen bis zu einer Länge von 81 m mit einem Raupenkran montiert und über Verschlosserungen gesichert. Erst nach dem Abschweißen aller Elemente und der Schrägstreben wurden die Betonknoten betoniert, um die aus dem Schweißen resultierenden Spannungen nicht im Beton aufnehmen zu müssen.

Der Antransport der Stahlüberbauten des dreizelligen Hohlkastens für BW 2 erfolgte in sechs Querschnittsteilen mit Längen bis zu ca. 30 m über Schwerlasttransporter. Neben der Baustelle sowie im Hafen von Stralsund und im Hafen von Lubmin waren Flächen angemietet, um die Querschnitte zu den Montageeinheiten bis zu 94 m Länge und 800 to Gewicht zusammenschweißen. Nur der Pylonfuß mit der Überbaudurchdringung, wurde aufgrund seines hohen Stückgewichtes von 330 to auf dem Schiffwege nach Stralsund transportiert. Für die 582 m lange Ziegelgrabenbrücke mit ca. 6 000 to Stahl wurden über 80 Schwerlasttransporte durchgeführt. Ein Teil dieser Transporte musste wegen lastbeschränkter Brücken in Mecklenburg-Vorpommern über Baustraßen der kurz vor Fertigstellung befindlichen A 20 erfolgen.

Die Montage erfolgte bei den zwei Landfeldern mit Hilfe eines Raupenkranes unter Einsatz von Schwebeballast. Für die Montage der Wasserfelder war ein Schwimmkran geplant. Die Randbedingungen für den Einsatz waren: max. Einbauhöhe Pylon 128 m, max. Hubgewicht 500 to, max. erforderliche Reichweite bei 200 to



Bild 2. Katamaran
Fig 2. Catamaran

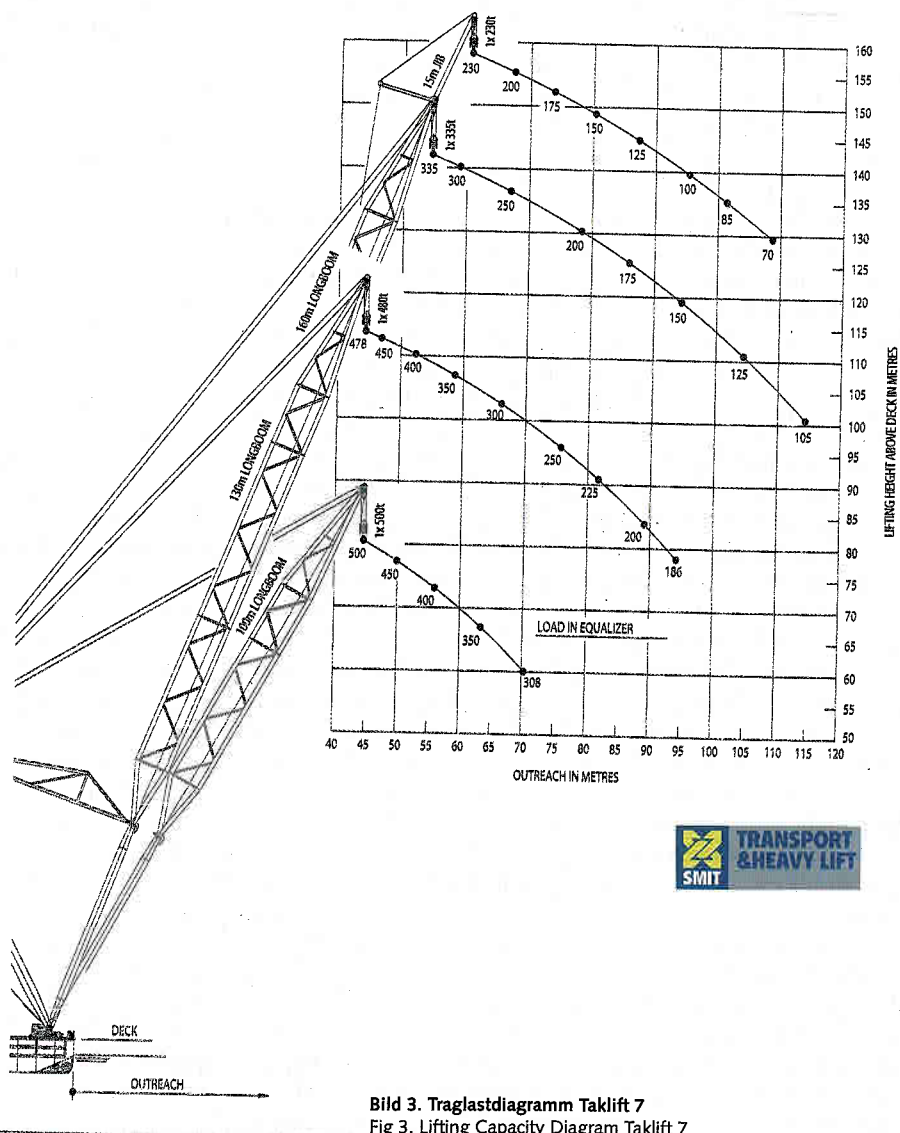


Bild 3. Traglastdiagramm Taklift 7
Fig 3. Lifting Capacity Diagram Taklift 7



Bild 4. Montage im Winter
Fig 4. Construction in Winter

ca. 90 m. Der Tiefgang durfte 4,50 m nicht überschreiten, und die Größe des Kranes sollte eine Bewegungsfähigkeit im engen Hafenbecken ermöglichen. Diese Randbedingungen wurden vom Taklift 7 erfüllt. Er besitzt je nach Ausleger und Ausladung eine max. Hebekraft von 1 200 to und hat eine maximale Hubhöhe von 160 m (Bild 3). Für den Einsatz musste wegen Versandung sowohl die Fahrrinne als auch das Hafenbecken in Teilbereichen ausgebaggert werden.

Die Montage begann mit dem ersten Schuss auf den Pfeiler in Achse 190. Um das Überbauteil in seiner Lage zu sichern, wurde eine temporäre Schrägstrebe auf das Pfeilerfundament gestellt. Mit Auflegen des 2. Schusses wurde die Strebe als Zugglied belastet. Die Montage des ca. 94 m langen und 800 to schweren rückwärtigen Hauptfeldes erfolgte gleichzeitig mit Schwimmkran und Litzenhebern. Dabei wurde das Brückenteil schräg eingehoben, um über die Winkelverdrehung eine Verkürzung des Bauteiles zu erreichen und es in den kürzeren Zwischenraum zwischen Pfeiler und Vorderkante Kragarm einheben zu können.

Die Hauptöffnung mit 198 m Spannweite und einer lichten Höhe über Wasser von 42 m wurde im Freivorbau mit Schüssen von 16,10 m und einem Gewicht von jeweils 140 to mit Hilfe des Schwimmkranes hergestellt. Dabei diente ein Vorbaugerüst dem Ausrichten und Anhängen der Vorbauschüsse, bis der Querschnitt in der Montagefuge abgeschweißt und über die Seile zurückgehängt war. Fortlaufend mit dem Freivorbau wurden die Pylonsegmente und die jeweils vier Seile eines Freivorbauabschnittes montiert. Die maximale Senkung des Kragarmes beim Anhängen des letzten Schusses vor Erreichen des Pfeilers Achse 210 betrug 1 m. Um diesen Wert musste der Überbau überhöht am Pfeiler ankommen.

Dabei stellte sich heraus, dass der Montagezeitraum von November bis April trotz des Winters gut gewählt war. Die Temperaturdifferenzen über den Tag waren wie der Einfluss der Sonneneinstrahlung gering, was die Vermessungsgenauigkeit steigerte. Wegen geringem Verkehr in der Schifffahrtsrinne war es möglich, den Schwimmkran für Montagen festzumachen und so die Rinne in Absprache mit dem



Bild 5. Vorschubrüstung
Fig 5. Formwork Carriage

Wasserschiffahrtsamt zu sperren. Bei starkem Eisgang halfen ein Eisbrecher und Schlepper aus. Die Montage von 18 Elementen mit 13 Pylonsegmenten und 32 Seilen wurde in 22 Wochen erfolgreich durchgeführt (Bild 4).

3.3 Herstellung der Überbauten Bauwerke 3 bis mit obenlaufender Vorschubrüstung

Die Bauwerke 3–5 werden als Spannbetonhohlkasten in Mischbauweise ausgeführt. Diese Bauweise hat sich gegen den Verbundhohlkasten des Verwaltungsentwurfes durchgesetzt. Wegen der Gesamtlänge von 1 603,60 m werden drei Überbauten angeordnet, um die Dehnwege klein zu halten. Die Stützweiten der bis auf den Anschlussbereich zu BW 2 in einer Geraden verlaufenden Bauwerke betragen zwischen 53 und 54 m. Im Bereich des Strelasundes liegen die Stützen in der gleichen Achse wie die Unterbauten der alten Brücke. Der Anschlussradius ist 1 500 m, im Bereich des BW 4 liegt eine Wannenausrundung, um vom Längsgefälle mit 4% der Vorlandbrücke Dänholm mit einem Längsgefälle von 0,7% die Insel Rügen zu erreichen.

Die Unterbauten bestehen neben dem Widerlager aus jeweils zwei Einzelstützen mit Querschnitten in Tropfenform. Die Trennpfeiler an den Dehnungsfugen zwischen den Überbauten sind als Doppeltropfenform breiter ausgeführt. Gegründet sind die Pfeiler über Pfahlkopffplatten auf Großbohrpfählen Durchmesser 1,50 m. Das Widerlager Rügen im frisch aufgeschütteten Dammbauwerk steht auf geneigten Bohrpfählen und ist in den Damm rückverankert, um das Kopfbauwerk des Dammes nicht zu belasten.

Zur Herstellung des Überbaus kommt ein obenlaufendes Vorschubgerüst zum Einsatz, welches für dieses Bauwerk konstruiert wurde (Bild 5). Dieses besteht aus einem kastenförmigen Hauptträger, an dem über Querfachwerke die Schalung mittels GEWI-Stangen abgehängt ist. Das größte zu betonierende Feld ist 66 m lang, die Regelstützweite 54 m. Das Gewicht der Vorschubrüstung beträgt mit Schalung 660 to, das zu tragende Betongewicht eines Feldes 900 to. Der Hohlkasten wird in zwei Abschnitten betoniert. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf der Verformungskontrolle der Rüstung beim Betonieren. Das Betongewicht des Troges übernimmt allein die Rüstung. Die erwarteten Verformungen werden mittels Überhöhung voreingestellt. Nach dem Ausschalen der Trogwandinnenschalung wird die Decken-

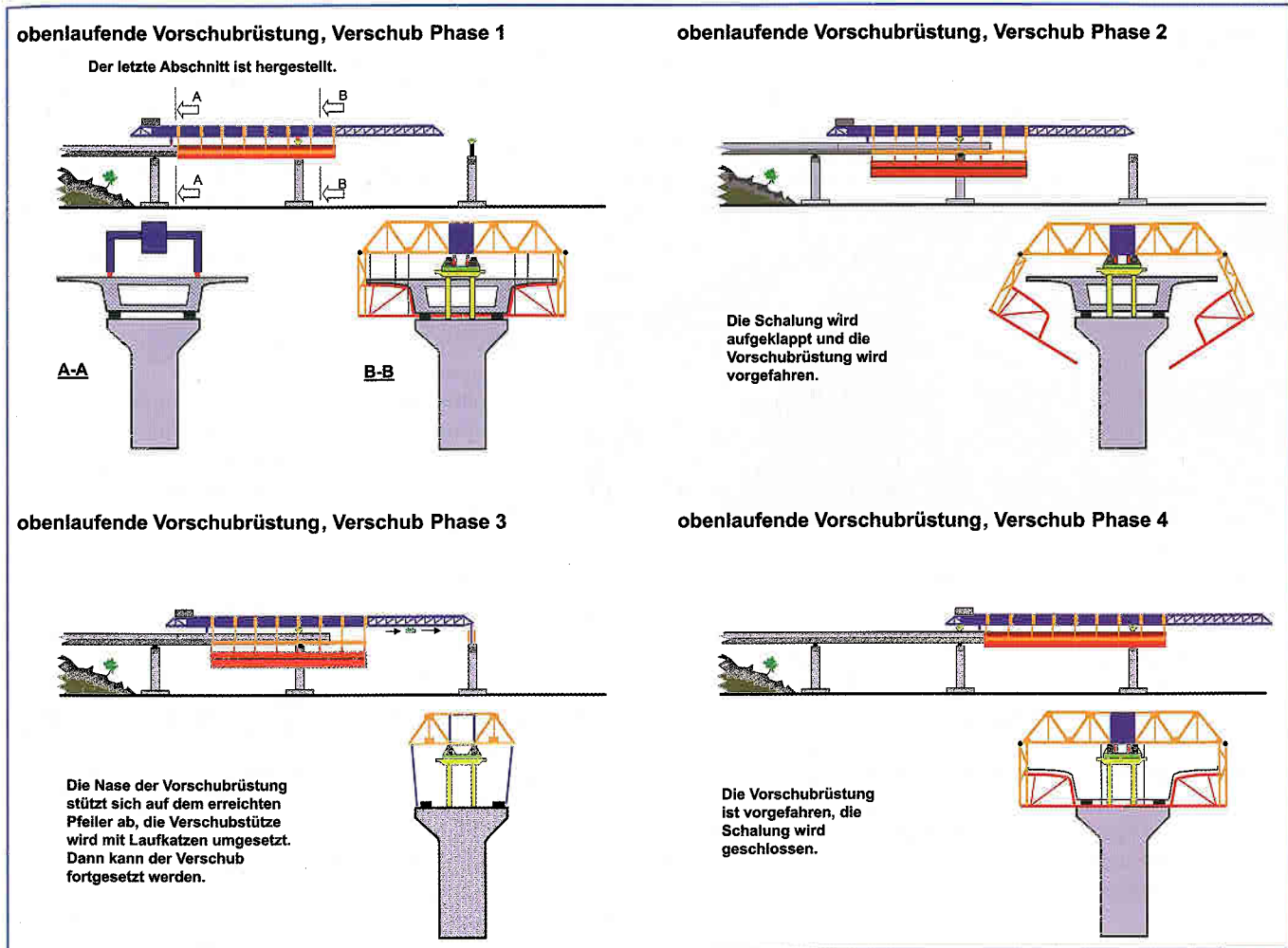


Bild 6. Ablauf Rüstung
Fig 6. Construction Sequence Formwork

schalung des Hohlkastens aus dem bereits betonierten Abschnitt nach vorne gezogen, um die Fahrbahnplatte komplett einzuschalen. Das Betongewicht der Fahrbahnplatte trägt der zuvor erstellte und teilvorgespannte Trog mit. Der Trog verformt sich nun mit der Rüstung entsprechend der geänderten Steifigkeiten.

Die Rüstung steht vorne auf vier den Überbau durchdringenden Stützen auf dem Pfeiler, und hinten auf dem Überbau im Stegbereich. Zum Vorfahren wird die Rüstung abgesenkt, die Schalung aufgeklappt, und der Verschub über einen Langhubzylinder vorgenommen. Dabei gleitet die Rüstung vorne auf der Verschubstütze über dem Pfeiler und hinten über eine Gleitbahn auf dem neu hergestellten Überbauabschnitt. Wenn der Vorbauschub auf dem nächsten Pfeiler abgesetzt ist, kann die hintere Verschubstütze mit einem Gewicht von 22 to ohne Andienung von unten mittels zweier Laufkatzen zum neuen Pfeiler umgesetzt und dort verankert werden. Dann wird der Verschub fortgesetzt. Mit diesem Bauverfahren kann der Überbau im 2-Wochentakt erstellt werden. Nach dem Verschub werden die Öffnungen im Überbau verschlossen (Bild 6).

Die Schalung ist so ausgelegt, dass auch ein Radius von 1500 m durchfahren werden kann. Dazu ist das Verschublager auf der Pfeilerstütze querverschieblich ausgebildet. Die Klappenelemente der Schalung können im Schubladenverfahren in Querrichtung so eingestellt werden, dass sich die erforderliche Rundung des Überbaus ausbildet.

Die externe Vorspannung ist nur für Verkehr und Ausbaulasten ausgelegt und wird nachträglich aufgebracht.

Besonders zu berücksichtigen ist die Andienung der Baustoffe über den Überbau. Dabei herrscht bei der Länge der Brücke prinzipiell die gleiche Situation wie bei einer Tunnelbaustelle. Ein Wenden von langen Sattelschleppern ist auf dem nur dreispurigen Überbau nicht möglich. Die Primärvorspannung der neuen Abschnitte ist so ausgelegt, dass Hebezeuge und Lastkraftwagen hinter der Vorschubrüstung mit kleinen Staplern entladen werden können. Dazu werden jeweils über den Stützen gesonderte Parkpositionen eingehalten. Unter den Auslegern der Rüstung kann dann die Bewehrung, Schalung, Spannbewehrung oder Einbauteile mit vier Laufkatzen wie in einer Halle verteilt werden. Ein Turmdrehkran ist nicht erforderlich.

Die Betonandienung wurde ähnlich geplant. Ein Wenden ist nur an gesondert ausgewiesenen Wendestellen möglich, die Standorte der Fahrsmischer und Pumpen sind genau festgelegt. Dabei steht eine Autopumpe mit 52 m Ausleger unmittelbar hinter dem zu betonierenden Feld, eine zweite Pumpe steht auf dem vorletzten Pfeiler und pumpt den Beton über ein Rohrleitung in den Verteilermast, der auf der Rüstung montiert ist. Mit dieser Geräteanordnung kann auf eine Andienung über das Wasser verzichtet werden.

Als Nachteil erwies sich im Bereich des offenen Meeres die Einschränkung bei starken Winden. Ab einer Windstärke Bft 6 konnte die Rüstung nicht verschoben und auch nicht



Bild 7. Montierte Fertigteilkappen
 Fig 7. Mounted Pre-fabricated Cantilevered Parapets

betoniert werden, weil sich die Betonpumpenausleger bei solchen Windstärken nicht auseinander falten lassen.

Eine untenlaufende Rüstung war hier nicht geeignet. Wegen der Bauhöhe wäre sie im Wasser eingetaucht, hätte den Lichtraum der Wasserstraße eingeschränkt sowie massive Änderungen und Aussparungen an den Pfeilern zur Auflage der Verschubträger erfordert. Des Weiteren wäre im Wasserbereich die Vorhaltung eines Wasserkranes zum Umsetzen der Verschubträger nötig gewesen.

3.4 Herstellung der Kappen

Die Herstellung der Kappen für das über 2800 m lange Bauwerk stellt eine eigene Herausforderung dar. Die Kappe ist nach außen geneigt und mit einer Nut versehen. Sie soll als optisches Band die verschiedenen Überbauten zusammenhalten und dient gleichzeitig als Ausgleich für eventuelle Ungenauigkeiten in den Kragarmen der Überbauten. Die aufgesetzte Brüstung erhöht das Betongewicht dieses Bauteiles und zwingt bei der Herstellung zu Betonierfugen. Aufgrund der Länge des Bauwerkes und der erhöhten Ansprüche an die Sichtbetonoberfläche der Kappen wurde auf einen konventionellen Kappenschalwagen verzichtet. Bei der geneigten Schalfläche hätten sich Lunker als Oberflächenstörungen bilden können.

Zur Ausführung kamen daher ca. 2 to schwere Halbfertigteile, die über Stahlkonsolen auf dem Kragarm abgesetzt und entsprechend der berechneten Ausgleichsgradiente ausgerichtet wurden. Nach dem Verguss der Kragarmfuge konnte das Schrammbord hergestellt werden, im Anschluss daran die Brüstung. Zwischen den Halbfertigteilen sind Raumfugen ausgebildet. Die Fertigteillänge von 5,32 m und die damit verbundene Fugeneinteilung ergab sich aus dem Schutzplanken- und Geländerraster von 1,33 m und 2,66 m. Die Fertigteile konnten im Werk unter gleich bleibenden Bedingungen hergestellt werden und erfüllen so die Anforderungen nach einem hellen Band mit anspruchsvoller Oberfläche (Bild 7).

Die Vorteile dieser Ausführung liegen in der Möglichkeit, große und einfache Abschnitte zu betonieren und mit dem Fahrmischer frei an die Betonierstelle ohne Pumpenunter-

stützung heranzufahren. Des Weiteren bietet das montierte Fertigteil eine Absturzsicherung. Auch die ca. 3 to schweren Anschlusskonsolen der Verkehrszeichenbrücken werden als Fertigteil ausgeführt. Die Passstücke zu den Überbauenden hin werden vor Ort ausgemessen und dann wie bestellt passgenau geliefert. Wegen wechselnder Radien von 350 m über Klothoiden bis zur Geraden wurden in den engen Kurven Bauteile mit einem Ausgleichsradius von 500 m verwendet und polygonartig aneinander gereiht. Es kamen je ein Innen- und ein Außenradius zum Einsatz. Mit einer langen Vorlaufzeit konnte die Anzahl der Schalungen gering gehalten werden.

Die geschilderte Herstellweise der Kappen bietet weiterhin optimale Randbedingungen für eine ausreichende Nachbehandlung. Während ein Kappenschalwagen aus wirtschaftlichen Erwägungen täglich umgesetzt werden muss und deshalb die für eine qualitätsgerechte dichte Oberfläche erforderliche Betonachbehandlung schwierig ist, können im vorliegenden Fall die einzelnen Betonierabschnitte ausreichend abgedeckt und geschützt werden, bis der Beton ausgehärtet ist (Bild 8).

4 Der Beitrag der Bauoberleitung und Bauüberwachung

4.1 Vorgaben des geltenden Regelwerkes

Regelungen und Vorgaben zur Bauoberleitung (BOL) und Bauüberwachung (BÜ) finden sich vorwiegend in der HOAI § 55 Lph 8 und § 57 sowie dem HVA B-StB, dem HVA F-StB, den TVB-Bauüberwachung und den Checklisten des M BÜ-ING [5]. Diese Aufgaben betreffen vorwiegend die Gesichtspunkte Quantität, Qualität, Termine und Kosten und umfassen für die BOL vorwiegend verwaltende Aktivitäten zur Abwicklung des Bauvertrages.

4.2 Technisch vertragliche Kooperation

Die aus den geltenden Regelwerken abzuleitende Aufgabenzuordnung und die Vorgaben zum Leistungsbild der BOL/BÜ genügen einer vorausschauenden Bearbeitung nur unzureichend, wenn darüber hinaus noch der Anspruch zur Gestaltung und Einführung von Neuerungen als baubegleitender Beitrag zur bauvertraglichen Abwicklung erfüllt werden soll.

In [1] wird einer mit dieser Zielsetzung vorausschauend arbeitenden und Entwicklungen wie Innovationen unterstützenden BOL/BÜ das Attribut „gestaltend“ hinzugefügt. Die erweiterten Aufgaben werden damit zutreffend und prägnant beschrieben.

Für die Bauausführung und Überwachung der 2. Strelasundquerung haben sich zur Umsetzung der Zielstellung im praktischen Baugeschehen die folgenden Instrumente als geeignet und wirkungsvoll erwiesen:

Arbeitsanweisungen

Mit der konsequenten Erstellung von Arbeitsanweisungen für alle Arbeitsprozesse als Bestandteil der Ausführungsplanung und ihrer Einbeziehung in das Prüf- und Genehmigungsverfahren werden die Absichten der ausführenden Firma frühzeitig auch im Detail erkennbar. Funktionalität und Qualität können so umfassend beurteilt werden, weil die Ausführungsunterlagen eine tiefgründige Instrukktivität aufweisen.

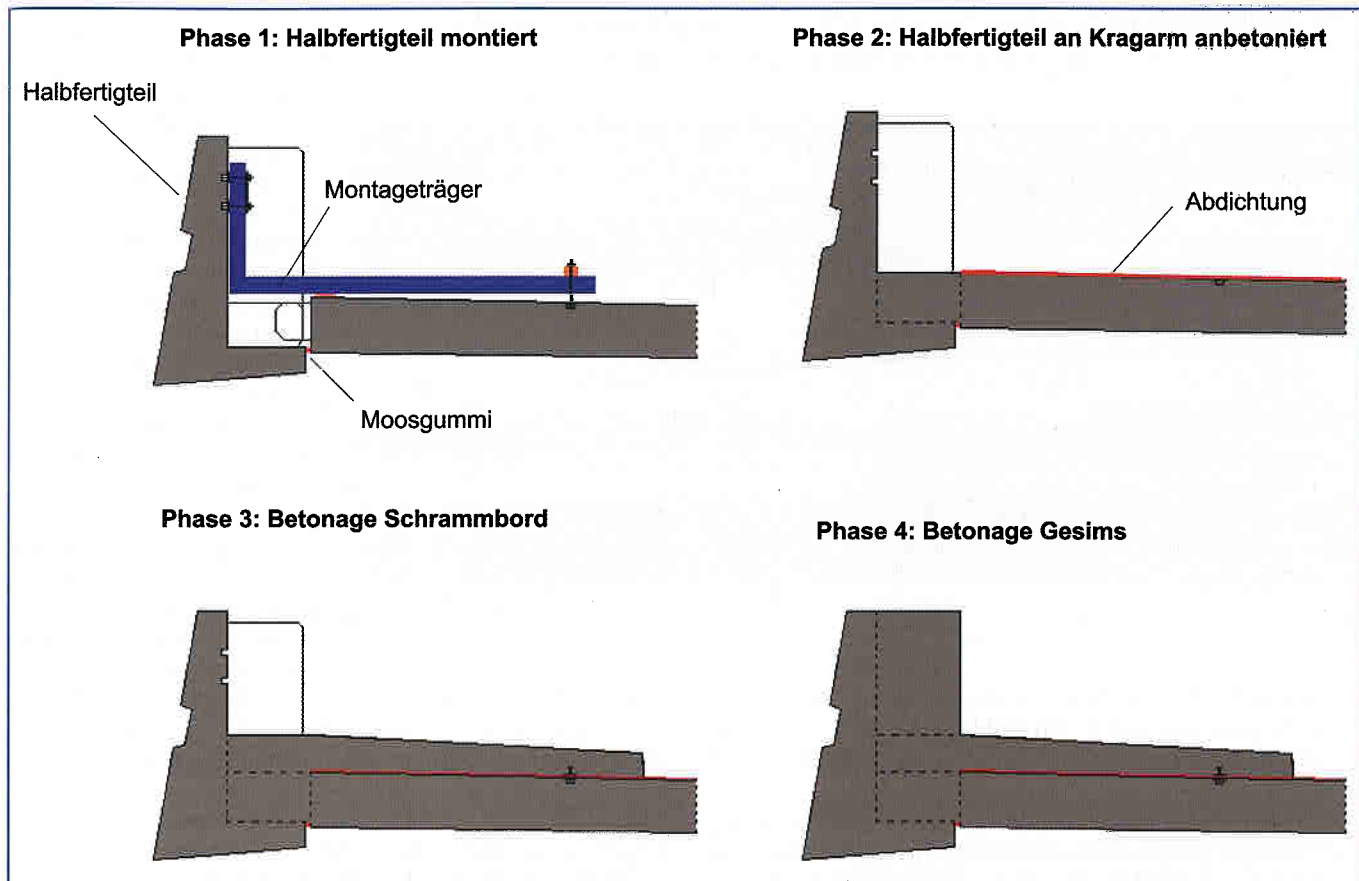


Bild 8. Ablauf Kappenherstellung
Fig 8. Sequence Casting Cantilevered Parapets

Geometrische, vertragliche Prüfung

Die unmittelbare Zuordnung dieser Aufgabe an die BOL ist bei Einbeziehung der Arbeitsanweisungen sowie hoher fachlicher Kompetenz und guter Organisation geeignet, einen konstruktiven Beitrag zu klärenden Abstimmungen zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer zu leisten. *Mitwirkung am erweiterten Dialog der Vertragspartner* Vorausschauendes Handeln erfordert lückenlose Informationen unter den Beteiligten. An der 2. Strelasundquerung wurde dafür eine Gesprächskultur gepflegt, bei der laufend nach Bedarf im örtlichen Bauteam geführte Besprechungen von einer monatlichen großen Baubesprechung ergänzt wurden. Mit den großen Baubesprechungen wurden alle Projektbeteiligten regelmäßig zeitnah und umfassend informiert. Für die Abstimmungen von technischen und vertraglichen Sachverhalten wurden bedarfsweise gesonderte Klärungsgespräche geführt. Alle Gespräche wurden schriftlich protokolliert.

Erweitertes Qualitätsmanagement

Ergänzend zu den Gesprächen fanden Qualitätsaudits zwischen dem Auftraggeber und der BOL/BÜ sowie zwischen dem Auftraggeber mit der BOL/BÜ und dem Auftragnehmer statt. Dabei wurden Schwerpunkte mit besonderen Qualitätsanforderungen benannt. Gegebenenfalls wurden Fehler und Mängel analysiert und dazu Korrekturen besprochen und festgelegt. Da die Vorgabe und Forderung des Auftraggebers nach Einhaltung einer Erfahrungsgarantie auf Seiten der ausführenden Firma und der BOL/BÜ befolgt wurde, war auf der Baustelle 2. Strelasundquerung eine grundlegende Voraussetzung für ein hohes Qualitätsniveau erfüllt.

Diese Erfahrungsgarantie besagt, dass Arbeiten nur von Personal ausgeführt bzw. überwacht werden darf, welches erfolgreiche eigene Erfahrungen bei gleichen Aufgaben nachvollziehbar belegen kann.

Einbindung eines Expertenteams

Sollen Verbesserungen und Innovationen auch noch baubegleitend in ein Großprojekt eingebracht werden, müssen auch in dieser Phase profundes Fachwissen und know how in das Projekt einfließen. Bei der 2. Strelasundquerung gehörte zur BOL/BÜ deshalb ein Expertenteam, das unter anderem diverse Zulassungen im Einzelfall, funktionale Veränderungen und die Konzeption des Bauwerkmonitorings fachlich begleitete. Dabei wurden die vielfältigen Abstimmungsprozesse zu den hoheitlich installierten Fachgremien durch den Bevollmächtigten der DEGEGS zeitnah koordiniert.

Steuerungsmechanismen

Mit dem vorab dargestellten Instrumentarium gelingt es der BOL, neben der traditionellen Überwachung einen gestaltenden Beitrag zu technischen Verbesserungen und zu einer einvernehmlichen vertraglichen Fassung von Änderungen und Ergänzungen zu leisten. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass die aufgezeigten Instrumente für sich allein nicht wirken. Sie entfalten sich nur aus dem Handeln der beteiligten Personen und wirken dann erfolgreich, wenn die Erzielung des bestmöglichen Projektergebnisses als Grundkonsens anerkannt wird und wenn sich die verantwortlichen Ingenieure diesem Ziel verpflichtet sehen. Eine Charakteristik für diesen Typ des hochinnovativen Ingenieurs wird in [4] gegeben. Er reflektiert sein eigenes Handeln und die Zusammenhänge des Projektes. Verantwortung

Baubegleitende Entwicklungen zur Optimierung der Bauwerksqualität Technik + Umwelt + Funktionalität + Gestaltung

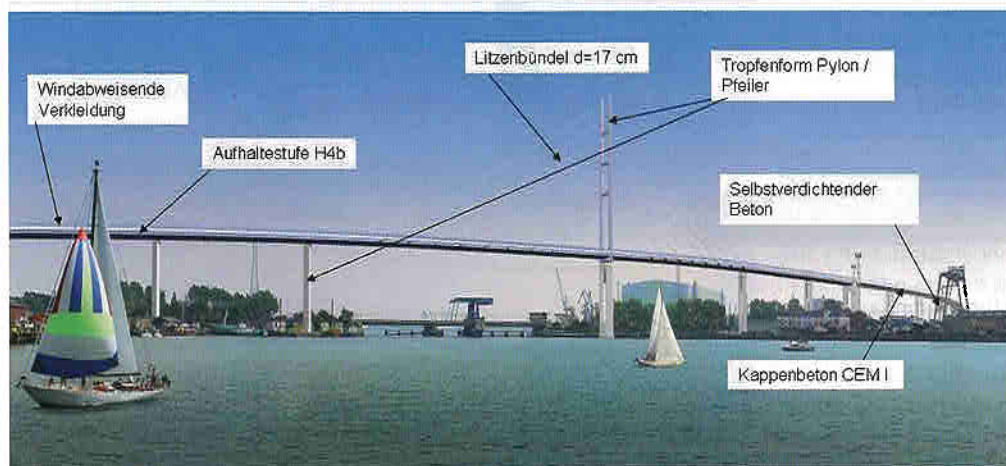


Bild 9. Baubegleitende Innovationen
Fig 9. Innovations during Construction-in-Progress

und Sorgfalt, Professionalität, Kollegialität, Selbstbeschränkung, Innovativität und Kreativität kennzeichnen ihn. Kreatives Denken und die Bereitschaft, Innovationen zu wagen, bestimmen die baubegleitenden Innovationen der 2. Strelasundquerung. Folgende Handlungsanweisungen gehörten daher zum Grundkonsens: „Wenn eine Lösung nicht optimal ist, finde eine bessere.“ und „Finde eine ingenieurmäßig gute Lösung für die Aufgabenstellung.“

4.3 Regeln für den interaktiven Dialog zwischen Auftragnehmer und Bauüberwachung

Bereits in den Unterlagen der öffentlichen Ausschreibung wurde den einzelnen Bietern auferlegt, mit dem Angebot ein detailliertes Herstellungs-konzept einzureichen. Dies hatte vor allem Bezug zu nehmen auf die Herstellung der Schrägseilbrücke, die vom Wasser herzustellenden Tiefgründungen sowie die Unter- und Überbauten. Ebenso wurde bereits zur Angebotsabgabe das Vermessungskonzept mit dem Messprogramm verlangt. Die Grundlagen eines Herstellungs-konzeptes wurden mit Beschreibung und Plänen vom Bauherrn als Vorschlag entwickelt und mit den Behörden und Anliegern abgestimmt. Herstellungs- und Andienungs-konzept wurden den Bietern zur Verfügung gestellt, denen die Anpassung auf ihre technologischen Bedürfnisse oblag. Der Bieter hatte die Möglichkeit, die Konzepte zu übernehmen, weiterzuentwickeln oder zu ändern. Das endgültige Konzept war damit Sache der einzelnen Bieter und bei der Wertung der Angebote maßgebliches Kriterium. Tatsächlich wichen einzelne Bieter vom Herstellungs-konzept ab. Unmittelbar nach Auftragsvergabe wurden diese Konzepte im Konsens in Arbeitsanweisungen überführt und dienten damit als Grundlage der Bauausführung.

Nach der Vergabe an die damalige Bietergemeinschaft Walter Bau AG / Max Bögl Bauunternehmung wurde als erstes Instrument das vertraglich vereinbarte objektspezifische Qualitätssicherungssystem organisiert, welches anschließend in der Planungs- und Ausführungsphase konsequent umgesetzt wurde. Während der Erstellung der Ausführungs-

unterlagen auftretende Abstimmungs- und Klärungsvorgänge wurden erfasst, in den Klärungslauf der Planprüfung überführt und analog zu einem Ausführungsplan oder einer Tragwerksplanung im Planlauf bis zur Klärung und Freigabe gebracht. Das Procedere wurde in einer Arbeitsanweisung „Prüf- und Genehmigungs-lauf“ festgelegt.

Überhaupt stellen Arbeitsanweisungen ein weiteres wichtiges Instrument im Qualitätsmanagement dar. In über 100 Arbeitsanweisungen wurden die wichtigsten Arbeitsschritte, Verantwortlichkeiten, Qualitätsmerkmale, Dokumentation vom Auftrag-

nehmer beschrieben, von der BÜ geprüft, vom Prüfingenieur untersucht und vom Auftraggeber freigegeben. Erst danach kann wie bei einem Ausführungsplan nach ihnen gearbeitet werden.

Ein weiteres Qualitätskriterium ist der erwähnte partnerschaftlich geführte offene Abstimmungsprozess, der aus routinemäßigen Baubesprechungen und fallbezogenen Klärungs-, Abstimmungs-, Montagelagebesprechungen und Workshops sowie Qualitätsaudits besteht. Bis sechs Monate vor der Übergabe des Bauwerks wurden bereits 500 Besprechungen protokolliert und von allen Beteiligten im Ergebnis anerkannt. Diese Protokolle ersetzen weitgehend den üblichen Schriftverkehr und sind Dokumente der Entscheidungen im interaktiven Dialog.

Die Planprüfung der BOL fand insgesamt auf der Baustelle statt. Kurze Wege einschließlich eines Vorprüflaufes waren so sichergestellt. Die notwendigen Klärungsgespräche oder ein schriftlicher Klärungslauf wurden zum Abschluss gebracht und die entsprechenden Pläne, Statiken und Unterlagen in den Prüflauf gegeben, welcher mit den Prüfberichten der BOL, der Prüfingenieure, der ökologischen Bauüberwachung und weiterer Sachverständiger zur Genehmigung an das Landesamt für Straßenbau Mecklenburg-Vorpommern und Freigabe durch die DEGES wieder auf der Baustelle an den Baubetrieb ausgehändigt wurde. Ein halbes Jahr vor der Übergabe des Bauwerks waren auf diese Art und Weise bereits über 3500 Pläne bearbeitet.

4.4 Änderungen des Bauentwurfs als Folgen des interaktiven Dialogs

In Folge des zuvor beschriebenen Dialogs gelang es dem Projektteam noch während des Baugeschehens, gestaltend in der Bauausführung einzugreifen. Viele Verbesserungen konnten durchgesetzt werden, die mit dem Regelwerk nicht a priori abgesichert waren und daher erst über Zustimmung im Einzelfall ausführbar wurden. Diese Innovationen führten permanent zu Qualitätsverbesserungen und damit zur Wertsteigerung des Bauwerks (Bild 9).

4.4.1 Auflösung der Pfeilerscheiben

Im Entwurf und den Ausschreibungsplänen waren mit Ausnahme des Pylonpfeilers und der Trennpfeiler alle Pfeiler mit Pfeilerscheiben vorgesehen. Da das neue Brückenbauwerk parallel zum alten Rügendamm verläuft, hätte dies zur Folge gehabt, dass die Verkehrsteilnehmer auf dem alten Rügendamm (also auch Fußgänger und Radfahrer) eine Sichtversperzung auf Hafen und Silhouette der Altstadt und damit das Weltkulturerbes Stralsund in Kauf zu nehmen gehabt hätten. In Diskussionen mit Anrainern und aufmerksamen Beobachtern der Baustelle wurde diese Wirkung noch rechtzeitig erkannt. In Klärungsgesprächen mit dem AN und seinen Planern gelang es, die Pfeiler in zwei filigrane tropfenförmige Einzelpfeiler zu gliedern. Die gestalterische Wirkung überzeugte. Licht- und Schattenspiele in Verbindung mit der Tropfenform, Leichtigkeit, Eleganz und öffnende Durchblicke kennzeichnen die Verbesserung. Umpfanung und Änderung der Arbeitsvorbereitung für die Schalung hatten sich gelohnt. Zügige Entscheidungen in der Abstimmung mit Land und Bund halfen Auswirkungen auf die Bauzeit zu vermeiden (**Bild 10**).



Bild 10 Aufgelöste Pfeiler
Fig 10. Openwork Piers



Bild 11. Windabweisende Wand am Geländer / Aufhaltestufe H4B
Fig 11. Wind Deflecting Containment Barrier Mounted on the Railing / Containment Level H4B

4.4.2 Erstanwendung der Litzenseile

Die Auflage des Naturschutzes, wegen des „Nordischen Vogelzuges“ im Strelasund einen Mindestdurchmesser der Seile von 12 cm einzuhalten, war letztendlich der Auslöser für eine Zustimmung im Einzelfall zum Einsatz von Litzenseilen im deutschen Großbrückenbau an der Ziegelgrabenbrücke. Nebenangebote mit diesem Sondervorschlag durften wegen des fehlenden Regelwerks nicht gewertet werden. Deswegen mussten in enger Zusammenarbeit von ausführender Firma und Auftraggeberseite mit der BOL/BÜ das Zustimmungsverfahren und die vertragliche Gestaltung nach Auftragsvergabe während der Planungs- und Bauphase in Angriff genommen und erfolgreich innerhalb eines Jahres abgeschlossen werden. Das finanzielle Risiko eines Scheiterns des Zulassungsverfahrens lag dabei bei der ausführenden Firma und wurde mit aktiver fachtechnischer Begleitung und vertragskonformer Unterstützung von der BOL/BÜ abgemindert. Über die Anwendung der Litzenseile wurde in [3] ausführlich berichtet.

4.4.3 Windabweisung

Vor der öffentlichen Ausschreibung der 2. Strelasundquerung war das Projekt als Mautmodell ausgeschrieben. Die Ausschreibung musste jedoch nach der Submission aufgehoben werden, da alle Bieter im Angebot unzulässige Bedingungen formuliert hatten. Wesentliche Bestandteile der Baumaßnahme wie Sicherheit, Schutz- und Verkehrsleitrichtungen waren dabei noch dem Konzessionär zur wirtschaftlichen Gestaltung überlassen. Beispielhaft sei die In-

stallation einer Windabweisung genannt. Dem Konzessionär war freigestellt, ob er bei Starkwind die Brücke sperrt oder aber mit Schutzmaßnahmen die Überfahrt bei Sturm sichert und dafür Einnahmen über Maut kassiert. Für Bundesstraßen wie die B 96 auf der Rügenbrücke finden sich keine Vorschriften, die die Montage eines Windschutzes vorschreiben.

Die Werthaltigkeit und den Nutzungswert der neuen Brücke an der Küste immer im Blick, löste die gestaltend agierende BOL im Projektteam eine weitere, funktional wichtige Innovation aus. Die DEGES gab parallel zur laufenden Ausführungsplanung numerische Simulationen am Computer und Windkanalversuche im Labor in Auftrag, die nachwiesen, dass eine 2 m hohe, am vorhandenen Geländer befestigte Glaswand ausreicht. Diese Wand erzeugt eine Leewalze über der Fahrbahn, die bis 4 m hohe Fahrzeuge um etwa 50% des Momentes aus der Windlast entlastet. Die konstruktive Ausarbeitung mit der Gestaltung des Geländers erfolgte danach baubegleitend zwischen Architekt, Auftragnehmer, DEGES und Bauüberwachung. Die erheblichen Windlasten in 45 m Höhe konnte in der Geländerstatik ohne weitere Auswirkungen auf die Lagerlasten berücksichtigt werden. Der Prüfingenieur war zu jedem Zeitpunkt der Entscheidungsfindung beteiligt. Unmittelbar vor Fertigungsbeginn konnte noch festgelegt werden, dass der Mittelholm des Geländers entfällt und der Stababstand verringert wird, da das 12 mm starke VSG-Glas vor dem Geländer nunmehr die Sicherheit gewährleistet. Land und Bund stimmten dieser Verbesserung des Nutzungswerts der Brücke zu (Bild 11).

4.4.4 Aufhaltestufe H4b

Ähnliches gilt für den Schutz auf der Brückentafel gegen abstürzende Fahrzeuge. Kein Regelwerk schreibt diesen Schutz bei Bundesstraßen verpflichtend vor. Unter dem Bauwerk Ziegelgrabenbrücke befinden sich jedoch eine Schule, ein Wohnhaus, Werkstätten und Fischereibetriebe. Für das Projektteam der 2. Strelasundquerung war es deshalb Verpflichtung, diese Gefährdung auszuschließen und nach einer projektbezogenen Lösung zu suchen. Frühzeitig wurde über Land und Bund die BASt hinzugezogen, um die Entwicklung der Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b für das Bauwerk nutzbar zu machen. Für den Sonderfall der Kappen aus Stahl auf der Ziegelgrabenbrücke war kein System zugelassen. Der Baufortschritt durfte aber nicht gestört werden, weshalb wieder in Zusammenarbeit mit den Prüfingenieuren und Experten vorsorglich bereits während der Fertigung der Überbausegmente aus Stahl entsprechende Schonplatten für die spätere Befestigung eines bis dato noch nicht bekannten Schutzeinrichtungssystems angeordnet wurden. Die weiteren, beharrlichen Untersuchungen, Bemessungen und eine der Gestaltung der Brücke dienende Auswahl führten zum Ziel. Die Genehmigung des BMVBS und der BASt für ein projektspezifisches H4b-System konnte erwirkt werden.

Nach Ausschreibung und Vergabe bietet das Kremsbarrier-System der VOEST Alpine Finaltechnik die Gewähr für ein sicheres System der Rückhaltung von LKW und PKW auf der Brückentafel bei gleichzeitig weitgehend freiem Durchblick auf Altstadt und Insellandschaft (Bild 11).

4.4.5 CEM I für die Kappen

Eine Reihe von Schäden an Kappen neu errichteter Bauwerke an der BAB A 20 und anderer Strecken sensibilisierte die ausführende Firma Max Bögl und die Bauüberwachung. In Klärungsgesprächen wurde festgelegt, frühzeitig geeignete Betone und Zemente zu prüfen und CDF-Tests zu unterziehen. Die Vertreter des Landesamtes Mecklenburg-Vorpommern wurden hinzugezogen, da die Regelung der Alkali-Richtlinie vertraglich vereinbart war. Die Untersuchungen ergaben, dass der Einsatz eines CEM I die Einhaltung der vorgeschriebenen Absandungswerte versprach. Weitergehende Prüfungen auf Alkalität der Sande schlossen sich an und führten zur Entscheidung, statt CEM II einen Zement CEM I für die Kappenherstellung zu verwenden. Die bereits genehmigte Arbeitsanweisung musste insbesondere wegen der notwendigen verbesserten Nachbehandlung, die das wichtigste Kriterium zur qualitätsgerechten Erstellung von Brückenkappen darstellt, überarbeitet werden. Mit diesen Änderungen kann erwartet werden, dass auf der 2. Strelasundquerung diese Kappenschäden nicht auftreten.

5 Schlussbemerkungen

Die hier aufgeführten beispielhaften Innovationen zeigen den hohen Stellenwert der gestaltenden Bauüberwachung mit der Maxime einer Fortentwicklung aller Instrumente der Qualitätssicherung zum Wohle des Bauwerks. Die Offenheit für Innovationen in gleichzeitiger Verantwortung und Sorgfalt bei der Umsetzung der technischen Entwicklung ist Grundlage für das Fortschreiben des technischen Regelwerks durch projektbezogene Erfahrungen.

Eine gestaltend tätige Bauüberwachung darf nicht nur aus dem Wissen um den Stand der Technik und der Normen heraus reagieren, sondern sie muss gestaltend durch rechtzeitiges Erkennen von Ansatzpunkten und Bedenken Vorgänge und Klärungsprozesse auslösen. Offenheit und Partnerschaft mit den Vertragspartnern im interaktiven Dialog, Fordern und Fördern im Sinne des stetigen „Wachsens der Brücke“ wurden so zu Grundsteinen für den Erfolg der Baumaßnahme 2. Strelasundquerung. Dieses Bauwerk, welches vor der Entwurfsphase von der Bevölkerung noch als „Monsterbrücke“ verschrien war, erlebte den Wechsel zum „Jahrhundertbauwerk“ in der öffentlichen Meinung und beinhaltet Erfahrungen und Erkenntnisse, die auch für andere Projekte nutzbringend angewendet werden können und vermittelt dem deutschen Großbrückenbau neue Anstöße.

Literatur

- [1] K. Kleinhanß, B. Schmidt-Hurtienne, M. Steinkühler: Die 2. Strelasundquerung mit der Rügenbrücke – Interaktive Entwicklungen in der Bauphase. VDI Bautechnik – Jahrbuch 2006/2007, S. 224 – 240.
- [2] K. Kleinhanß, M. Romberg, R. Saul, B. Schmidt-Hurtienne: Die zweite Strelasundquerung mit der Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben, Bauingenieur April 2007.
- [3] Ch. Gläser, M. Scheibe, K. Zilch: „Die 2. Strelasundquerung – Erste deutsche Anwendung von Parallellitzenseilen“, Bauingenieur April/2007.
- [4] H.-P. Ekhardt, D. Manger, U. Neuser, A. Pottschmidt, A. Roßnagel, J. Rust: „Rechtliche-Risikosteuerung“, Nomos Verlagsgesellschaft Baden – Baden, 2000.
- [5] Verkehrsblattsammlungen des BMVBS erschienen im Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund.