

Zur Fertigstellung der neuen Freybrücke in Berlin-Spandau

Dr.-Ing. Thomas Klähne und Dr.-Ing. Tobias Holberndt



Dr.-Ing.
Thomas Klähne

Dr.-Ing.
Tobias Holberndt

Geschichtliches

Die Freybrücke überquert die Untere-Havel-Wasserstraße und verbindet die Berliner Stadtbezirke Spandau und Charlottenburg-Wilmersdorf. 1908 erhielt Karl Bernhard den Auftrag, diese zusammen mit der benachbarten Stöbenseebrücke zu entwerfen und zu bauen. Bernhard gilt als einer der bedeutendsten deutschen Bauingenieure des beginnenden 20. Jahrhunderts. Der Bau der zunächst als Havelbrücke benannten Überführung der Heerstraße erfolgte 1909/1910 im Zuge des Gesamtprojektes Döberitzer Heerstraße. Die Straße sollte das Berliner Schloss mit dem Truppenübungsplatz Döberitz verbinden und kostete 1,14 Millionen Mark. Seit 1909 sind beide Brücken für die Ost-West-Verbindung von größter Bedeutung für die Stadt. Die Heerstraße als heutige Bundesstraßen 2 und 5 ist mit ca. 10 km Länge eine der längsten Straßen Berlins.

Zur Ehrung seiner Verdienste im Rahmen der Umsetzung des Gesamtprojektes Döberitzer Heerstraße erhielt die Brück

1913 nach dem Charlottenburger Geheim- und Oberbaurat Adolf Frey den Namen Freybrücke.

Zum Ende des Zweiten Weltkrieges wurde die Brücke 1945 am südöstlichen Pfeiler gesprengt, so dass die Stahlkonstruktion des Hauptfeldes in die Untere-Havel-Wasserstraße stürzte. Nach dem Kriege wurde die Brücke von 1948 bis 1951 weitgehend aus ihren alten Konstruktionsteilen wiederaufgebaut. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Pfeiler in Achse B, vermutlich in Folge der Sprengung, um ca. 10 cm in Richtung Havel verschoben hatten.

Im Jahre 1971 wurde die genietete Bogenbrücke unter Denkmalschutz gestellt.

Da die Senatsverwaltung im Rahmen der Bauwerksprüfungen geometrische Abweichungen, festsitzende Lager und Schädigungen feststellte, entschloss sie sich 1988 dazu, Herrn Prof. Lindner von der TU Berlin mit der Bewertung der

aktuellen Standsicherheit zu beauftragen. Im Ergebnis dieser Überprüfung wurden insbesondere für die Bögen hohe Ausnutzungsgrade ermittelt.

Zwanzig Jahre später zeigten sich erhebliche Korrosionsschäden an den Längs- und Querträgern. Daher wurde die Geschwindigkeit auf 30 km/h reduziert und der Schwerverkehr auf die äußeren Fahrspuren gelegt.

Im Januar 2014 wurde der Schwerlastverkehr ab 18 Tonnen gänzlich von der Brücke genommen, auch größere Linienbusse der BVG waren davon betroffen. Infolge dessen konnten auf den dort verkehrenden Linien X34 und M49 keine Gelenk- und Doppelstockbusse mehr eingesetzt werden.

2012 wurde mit den vorbereitenden Arbeiten für ein neues Bauwerk an derselben Stelle begonnen. Um den Verkehr während der langjährigen Bauzeit aufrecht zu erhalten, wurde eine Behelfsumfahrung in Parallellage errichtet und am



Nordöstlicher Bogenfusspunkt



Nordwestlicher Bogenfusspunkt



Fachwerkbögen des Bestandsbauwerkes

Alte Freybrücke vor dem Umbau

13. Oktober 2014 vollständig und ohne Gewichtsbeschränkung unter Verkehr gestellt. Daraufhin konnte 2015 der Rückbau der alten Brücke erfolgen und mit dem Errichten des Ersatzneubaus begonnen werden.

Im Folgejahr kurz vor Weihnachten wurde der Ersatzneubau der Freybrücke Berlin-Spandau am 20.12.2016 dem Verkehr übergeben.

Das ursprüngliche Bauwerk

Die Gesamtlänge der alten Freybrücke betrug 163,80 m, mit Einzelstützweiten von 18,90 + 31,50 + 63,00 + 31,50 + 18,90 m. Die Stützachsen des ehemals 5-feldigen Überbaus wurden vom westlichen Widerlager ausgehend mit A bis F bezeichnet. Das Tragwerk im Hauptfeld war in Brückenlängsrichtung als Einfeldträger mit beidseitigen Kragarmen ausgebildet. Die Endfelder in Achse A bis B und E bis F waren als Einfeldträger mit einseitigem Kragarm errichtet worden und die Seitenfelder der Achsen B bis C und D bis E waren gelenkig eingehängte Träger.

Das ursprüngliche Brückenbauwerk war eine Stahlkonstruktion mit steifem Fachwerkbogen und eingehängten Querträgern in Hauptfeld. Hänger und Querträger bildeten dabei in Brückenquerrichtung, wie in dieser Zeit weit verbreitet, einen umgedrehten Rahmen. Diese Rahmen trugen, neben den unter dem Fahrbahndeck liegenden Querrahmen zwischen den Bogenfüßen, zur Stabilisierung der Stabbögen in Querrichtung bei. Eine ähnliche Konstruktionsweise findet sich z.B. bei der Bösebrücke am S-Bahnhof Bornholmer Straße in Berlin-Prenzlauer Berg.

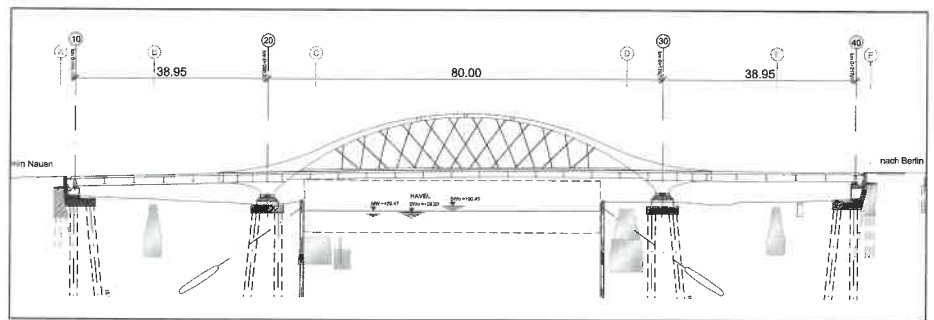
Die Fahrbahnbreite zwischen den Bordsteinen bot mit 15,0 m für 5 Fahrspuren Platz, bei einer Gesamtbreite zwischen den Geländern von 24,0 m.

Sämtliche Unterbauten waren aufgrund des äußerst schwierigen Baugrundes tief gegründet. Gemauerte, mit Beton verfüllte Senkkästen bildeten die Auflagerpunkte der Bögen. Die Zwischenpfeiler bestanden aus mit Beton verfüllten Holzsenkkästen, während die Sparwiderlager auf Holzpfählen gegründet wurden.

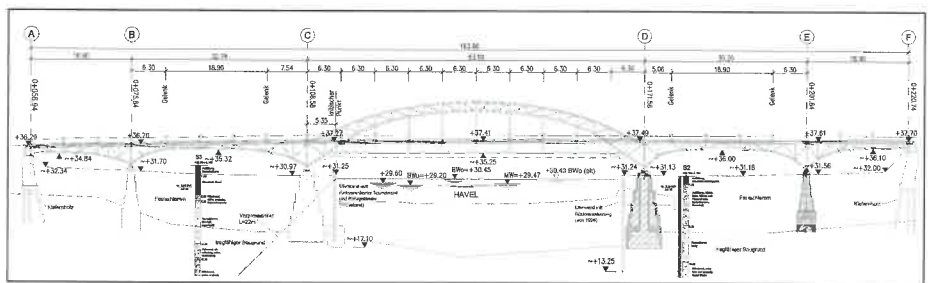
Aufgrund der nicht mehr gegebenen Dauerhaftigkeit und der vorhandenen Einschränkungen in der Verkehrsnutzung wurde – trotz Denkmalschutzeinstufung – der Neubau der Freybrücke beschlossen.



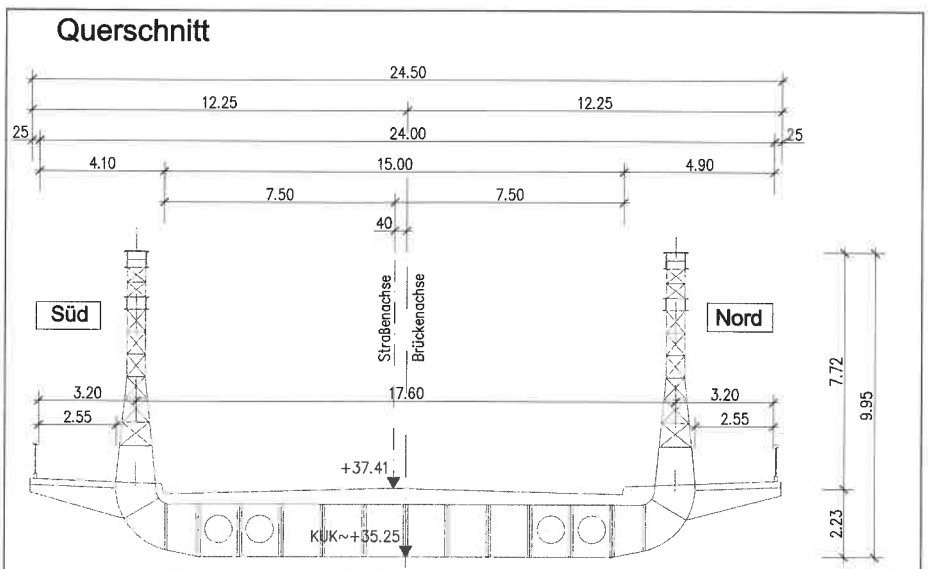
Bestandsbogen und Systembrücken der Behelfsumfahrung



Ersatzneubau in der Ansicht



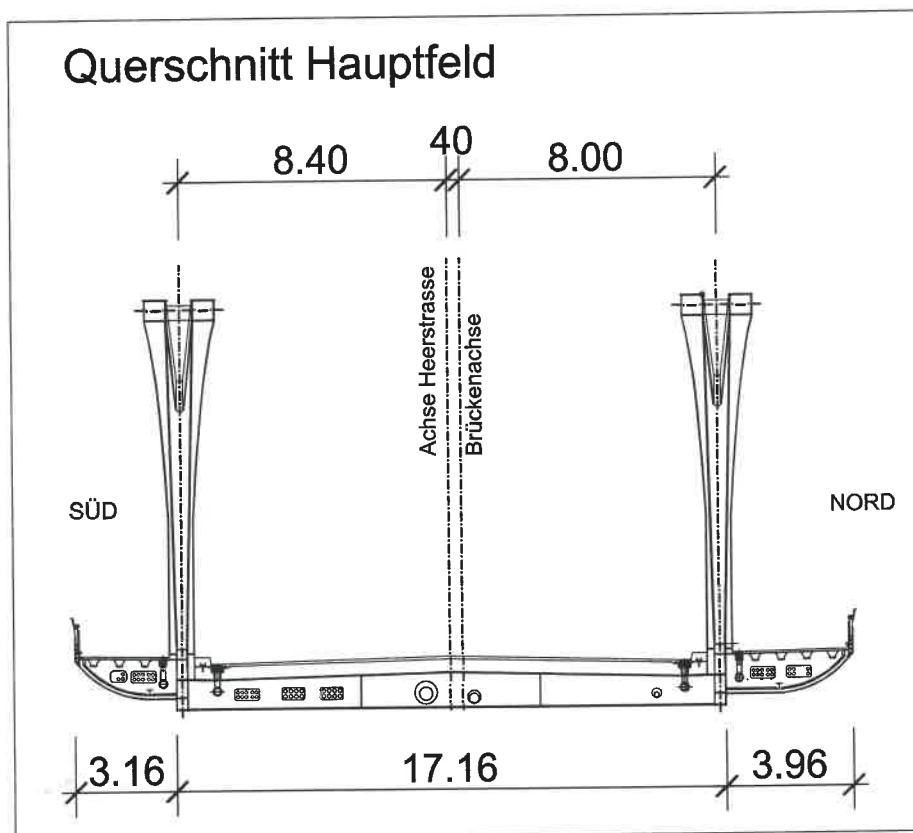
Alte Freybrücke in der Ansicht



Überbauquerschnitt der alten Freybrücke



Fertiggestellter Ersatzneubau



Überbauquerschnitt der neuen Freybrücke



Bogenfusspunkt Ersatzneubau



Vorlandbrücke mit unterseitiger Verkleidung der Gehwegkonsolen

Vorstellung des Ersatzneubaus

Das Brückenbauwerk des Ersatzneubaus wurde als Stahlverbundkonstruktion von der BUNG Ingenieure AG Niederlassung Berlin in Kooperation mit dem Hamburger Architekturbüro PPL GmbH als baugestalterischer Berater entworfen. Dabei wurden Vorgaben zur geometrischen Formensprache seitens des Denkmalschutzes berücksichtigt. Das statische System der Brücke ist als Durchlaufträger über drei Felder mit einem vergrößerten Mittelfeld über die Untere-Havel-Wasserstraße und gegenüber dem Bestand ebenfalls verlängerten Randfeldern über den Vorlandbereichen ausgebildet. Die Stützweiten betragen 38,95 + 80,00 + 38,95 m, die Gesamtstützweite 157,90 m.

Die Fahrbahnbreite zwischen den Bordern beträgt wie ursprünglich 5 x 3,00 m bei einer Gesamtbreite zwischen den Geländern von ebenfalls 24,00 m. Auf beiden Brückenseiten sind kombinierte Fuß- und Radwege auf konsolartigen Stahltragkonstruktionen angeordnet.

Die beiden freistehenden Bögen des Hauptfeldes aus Stahl S355J2+N durchschneiden, in Analogie zur alten Brücke den Überbau zwischen der Fahrbahnplatte und den Geh- und Radwegkonsolen. Die Bogenquerschnitte sind kastenförmig ausgebildet und variieren in Querschnittshöhe und -breite. Im Scheitelbereich teilt sich jeder Bogen in zwei quadratische Hohlkästen auf. Im Kämpferbereich weisen die Bögen eine Breite von 80 cm auf, wobei die Querschnittshöhe zum Lagerpunkt hin kontinuierlich zunimmt und in kräftig gestaltete Vouten übergeht. Die Ausbildung der Hänger erfolgt mit Flachstahlhängern im Netzwerksystem mit radialer Anordnung. Vor dem Bogenanschluss kreuzen sich die Hänger unter einem Winkel von 60 Grad.

In Längsrichtung verlaufen zwei Hauptträger in der Ebene der Bögen sowie zwei dazwischenliegende Längsträger. Zusammen mit den Querträgern wurde ein nahezu quadratischer Stahlträgerrost erzeugt, welcher mit der 42 cm dicken Stahlbetonfahrbahnplatte eine Verbundkonstruktion bildet.

Die Lagerung der Brücke erfolgt auf jeweils 4 Verformungslagern auf beiden Widerlagern, während auf den Zwischenunterstützungen unter den vier Bogenfüßen allseits feste Kalottenlager angeordnet sind.

Gegenüber den Gründungen des alten Bauwerks wurden die Lasten mittels

Großbohrpfählen mit einem Durchmesser von 1,50 m und Längen zwischen 26,70 m und 33,50 m in den unteren, vorwiegend mitteldicht gelagerten Sandschichten abgesetzt.

Die Widerlager wurden jeweils mittels zehn Bohrpfählen tief gegründet, die Pfeiler auf jeweils zwölf Bohrpfählen. Da in den mittleren Achsen die Gründungssohle der 1,50 m dicken Pfahlkopfplatten unterhalb des Bemessungswasserstandes von 29,60 m NHN liegt, erfolgte die Herstellung der Pfahlkopfplatten in einer geschlossenen Baugrube auf einer 1,00 m dicken Unterwasserbetonsohle.

Zur Ausstattung der Brücke gehören, neben dem Vogeleinflugschutz an Lagern und Leitungen, die Straßen- und



Verschwenkung der Heerstraße auf die Behelfsbrücken



Stromfeld und westliche Vorlandbrücke der Behelfsumfahrung

Fußwegbeleuchtung und die Verkehrszeichenbrücken. Beidseits des östlichen Widerlagers wurden wie früher Treppenanlagen errichtet.

Die Baumaßnahme umfasste darüber hinaus neue Uferspundwände beidseitig der Wasserstraße mit einem Einleitbauwerk auf der östlichen Seite.

**Errichtung des Ersatzneubaus
Behelfsumfahrung**

Zur Gewährleistung der Aufrechterhaltung des Verkehrs ohne Lastbeschränkungen wurde während der Bauzeit des Ersatzneubaus eine Behelfsumfahrung im Zuge der Heerstraße mit jeweils zwei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung und einem integrierten Rad- und Gehweg auf der Nordseite errichtet. Diese ermöglichte die Schaffung von Baufreiheit an der Stelle der alten Brücke. Die Umfahrung wurde nördlich parallel zur Bestandsbrücke und nahezu symmetrisch zur Untere-Havel-Wasserstraße ausgebil-



Montage der Systemfachwerkbrücke SS80



Einschub der SS80 mittels Ponton



Demontage der Bestandsbrücke mit Pontonunterstützung



Ausbau des Bogenscheitels



Montierte Kämpfer und Vorlandbrücke des Neubaus

det. Sie gliederte sich in folgende Hauptabschnitte:

- Verschwenkung von der Heerstraße in die Umfahrungsstrecke
- Dammkonstruktion parallel zum Straßendamm
- Überbrückung der Vorlandbereiche Ost und West der Untere-Havel-Wasserstraße mit je 5 nebeneinander angeordneten einfeldrigen Behelfsbrücken vom Typ Festbrückengerät SB 30 mit einer Stützweite von 30 m
- Querung der Wasserstraße mit 2 parallel angeordneten einfeldrigen Festbrückengeräten (SS 80 und modifiziertes SKB-Festbrückengerät) mit Stützweiten von ca. 80 m

Die Festbrückengeräte wurden auf tiefgegründeten Behelfswiderlagern und -pfeilern aufgelagert. Die Gründung erfolgte genauso wie beim Ersatzneubau auf Bohrpfählen mit 1,50 m Durchmesser mit ähnlichen Längen.

Nach dem Abbruch der nördlichen Treppenanlage wurden zunächst die Unterbauten und die Dammerweiterung mit seitlicher Spundwandabfangung hergestellt.

Bei der Errichtung der beiden Systembrücken herrschten beengte Platzverhältnisse. Infolge der zur Verfügung stehenden kurzen Verschwenkungslängen der Umfahrung auf beiden Uferseiten konnten die beiden 78 m bzw. 80 m langen Festbrückengeräte der Mittelöffnung nicht in einem Stück zusammengebaut werden. Sie wurden nacheinander auf der östlichen Dammverbreiterung sowie dem ersten Pfeiler sukzessive zusammengebaut und bis zur Komplettierung taktweise vorgeschoben. Anschließend wurden die über den Pfeiler auskragenden Brückenden mittels Ponton übernommen und nacheinander über die Untere-Havel-Wasserstraße geschwommen, während die östlichen Brückenden auf dem Pfeiler über Rollenkästen liefen. Die Systemüberbauten des Stromfeldes wurden in den beiden Vorlandbereichen durch jeweils 5 SB30-Brücken, welche mittels Kran eingehoben wurden, zu einem durchgehenden Brückenzug ergänzt.

Abbruch der vorhandenen Brücke

Nach Fertigstellung der Behelfsumfahrung wurde der Verkehr jeweils zweispurig von der Bestandsbrücke auf die Behelfsbrücken umgelegt. Damit konnten die Arbeiten am eigentlichen Bauwerk beginnen. Ende 2014 begann man,

die Bestandsbrücke durch Rückbau der Ausstattung, der Fahrbahn und zuletzt der statisch bestimmt gelagerten Vorlandbrücken zu leichtern. Im März 2015 erfolgte mit dem Ausbau des Stromfeldes die letzte Phase des Abbruchs. Dazu wurden die Bögen mit Hilfe von zwei Pontons entlastet, indem sie den verbliebenen Trägerrost durch Lenzen ihrer Ballasttanks leicht anhoben. Der Scheitelbereich der so entlasteten Bögen konnte durch Brennschneiden getrennt und die ca. 10 t schweren Elemente anschließend mittels Kran ausgehängt werden. Der Trägerrost wurde ebenfalls geteilt und auf den Pontons liegend ausgeschwommen. Die restlichen unteren Bogenabschnitte mit den Bogenfußpunkten konnten dann vom Ufer aus mittels Kränen demontiert werden.



Bogenmontage mit Hilfe aufwendiger Traggerüste

Montage Ersatzneubau

Auf ähnliche Weise wie die Demontage der Bestandsbrücke erfolgte die Montage des Ersatzneubaus. Begonnen wurde mit dem Aufstellen der Bogenkämpfer auf den Pfeilern und dem Einhängen der Vorlandbrücken beidseits der Untere-

Havel-Wasserstraße. Anschließend wurden die Fertigteilplatten der Fahrbahnplatte aufgelegt und durch Ortbeton zu einer 42 cm dicken Betonplatte ergänzt. Eine aufwendige Hilfskonstruktion ermöglichte den Anschluss der unteren Bogendrittel an die Kämpfer. Nach dem Schließen der Bögen durch Einhängen

der Scheitelelemente waren diese bereits belastbar, da entgegen der alten Konstruktion die neuen Bogenlager planmäßig in der Lage sind, den horizontalen Schub in die Pfeiler abzutragen. Dieser Effekt wurde ausgenutzt, um den Trägerrost der Fahrbahnplatte im Stromfeld zu montieren. Mittels Ponton wurde der auf



Einhub des Trägerrostes mittels Litzenerheber



Ersatzneubau und Systembrücken der Behelfsumfahrung



Ausschwimmen der Systembrücke SKB

dem BEHALA-Gelände im nahe gelegenen Westhafen vorgefertigte Stahlträgerrost eingeschwommen. Unter der Brücke angekommen, wurde er mit Hilfe von 12 Litzenhebern (6 je Bogen) vom Ponton übernommen und in seine Endlage gebracht. Nach dem Verschweißen der Baustellenstöße wurden die Hänger eingebaut. Durch das erst anschließend eingebaute Gewicht der Betonfahrbahnplatte im Stromfeld konnten insbesondere bei den äußersten Hängern die problematischen Druckkräfte möglichst weit reduziert werden.

Nach der Komplettierung des Überbaus, u.a. durch die Geh- und Radwege, den Fahrbahnbelag, die Beleuchtung und die Verkehrszeichenbrücken, wurde das Bauwerk am 20.12.2016 dem Verkehr übergeben werden.

Demontage Behelfsumfahrung

Damit war das Ziel, einen ungehinderten Verkehrsfluss ohne Gewicht- oder Geschwindigkeitsbeschränkung über

die Havel wiederherzustellen, erreicht. Abschließend konnte der Brückenzug der Behelfsumfahrung demontiert werden. Dabei wurde ähnlich wie bei deren Montage vorgegangen, allerdings mit einigen Abweichungen. Aufgrund der zu

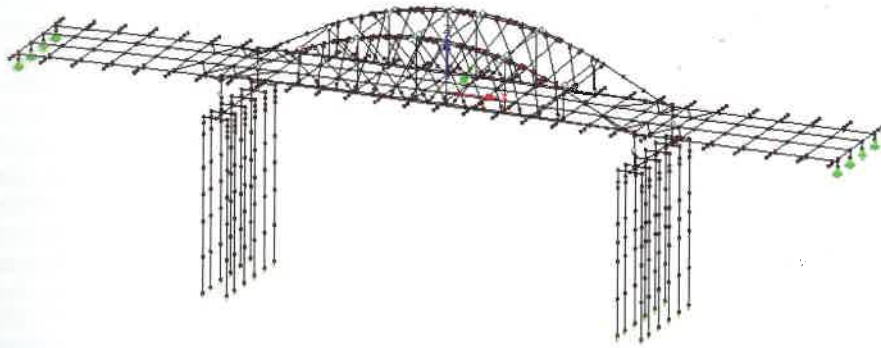
diesem Zeitpunkt vorhandenen Höhenlage des Behelfsdammes inklusive Fahrbahnaufbau - dieser war bei der Montage noch nicht eingebaut - wurden zunächst die Stromfelder bis über die Vorlandfelder angehoben und nacheinander mittels Ponton, aufgrund der etwas günstigeren Platzverhältnisse auf dem westlichen Behelfsdamm, diesmal in Richtung Westen ausgeschwommen. Der Vershub erfolgte bis ca. 20 m hinter das westliche Widerlager. Anschließend wurden die SS80 und die SKB nacheinander auf dem Damm bzw. auf den Vorlandbrücken demontiert. Dabei wurden die verbliebenen, über den Pfeiler auskragenden Brückenden taktweise Richtung Westen verschoben. Nach diesem Rückbau und dem Abtransport auf LKWs konnten auch die SB30-Brücken der Vorlandbereiche mittels Kran demontiert werden. Die abschließenden Arbeiten des Abbruchs der Behelfsunterbauten und des Rückbaus der Dammverbreiterung erfolgen derzeit noch.

Berechnung und bautechnische Prüfung Behelfsumfahrung

Bei allen Überbauten der Behelfsumfahrung handelt es sich um Systembrücken für die Systemstatiken auf Grundlage der ehemals gültigen Bemessungs- und Verkehrslastennormen DIN 18800 und DIN 1072 vorliegen. Die Einstufung in die Brückenklasse 30/30 sowie eine Einzelüberfahrt eines Schwerlastwagens mit 60 t war Voraussetzung für ihren Einsatz. Abweichungen gegenüber den Bestandsnachweisen ergaben sich durch die zahlreichen Versorgungsleitungen, die bauzeitlich über die Behelfsumfahrung die Havel queren mussten, durch die SLW-

Am Bau Beteiligte

<u>Bauherr:</u>	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz und Wasserstraßen-Neubauamt Berlin
<u>Entwurfsverfasser</u>	BUNG Ingenieure AG Niederlassung Berlin
<u>Auftragnehmer</u>	Glass Ingenieurbau Leipzig GmbH und Matthäi Bauunternehmen GmbH & Co. KG
<u>Stahlbaufirma</u>	Zwickauer Sonderstahlbau GmbH
<u>Aufsteller der Standsicherheitsnachweise</u>	Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH
<u>Bauüberwacher/Bauoberleitung</u>	IGS INGENIEURE GmbH & Co. KG
<u>Geotechnischer Sachverständiger</u>	GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH
<u>Prüfingenieur</u>	Dr.-Ing. Thomas Klähne



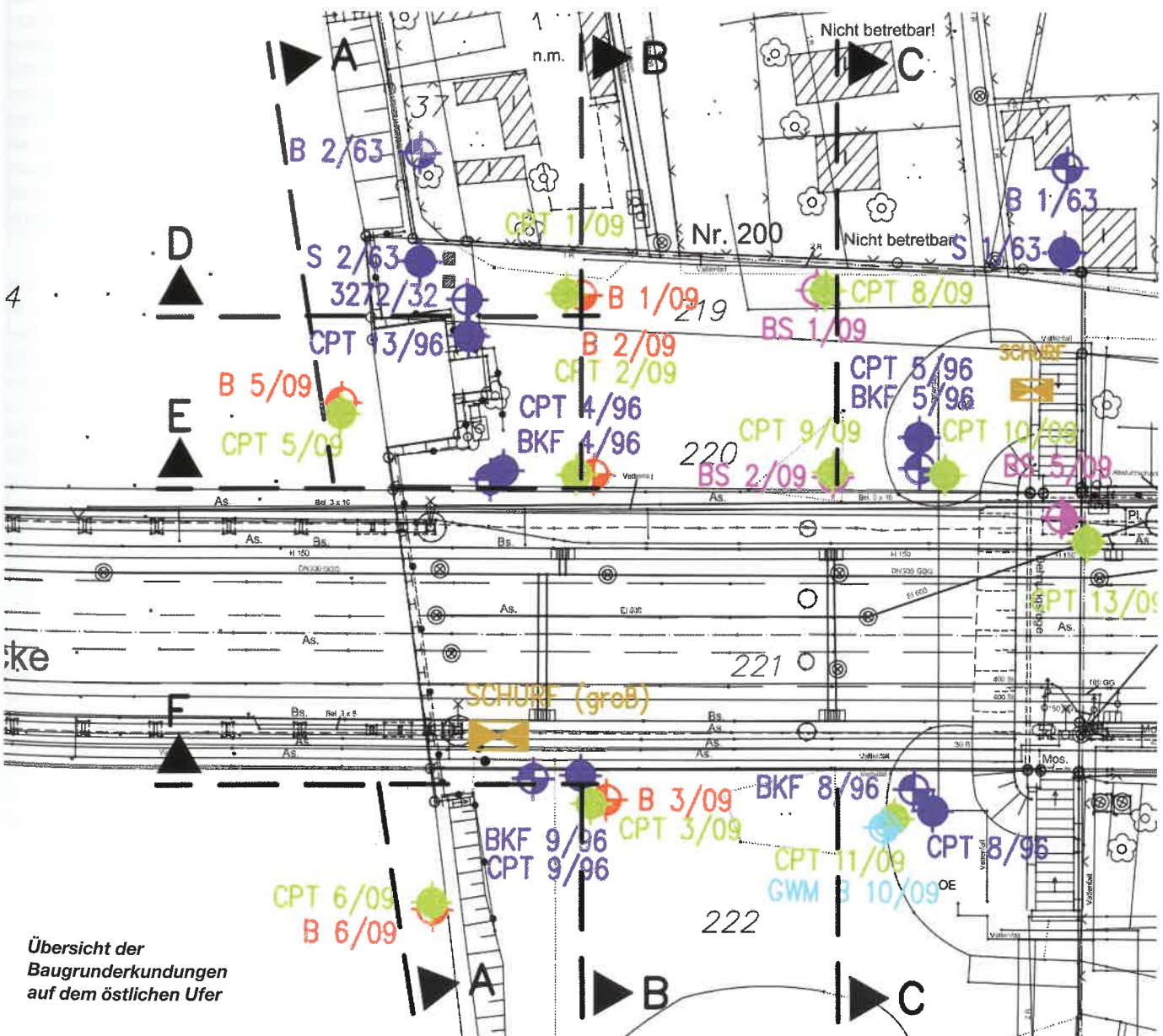
FE-Modell für den Endzustand

60-Überfahrt und durch den zusätzlichen Geh- und Radweg, der mit 5 m Breite außen an die SKB als Kragarm angehängt wurde. Hierfür mussten zusätzliche Standsicherheitsnachweise geführt werden.

Neben den Eigenlasten der Stahlkonstruktion und der Leitungen wurden vertikale Verkehrslasten mit jeweils einem SLW 30 in der Haupt- und in der Nebenspur, horizontale Verkehrslasten aus Bremsen und Anfahren sowie Windlasten

sten bei den Berechnungen berücksichtigt. Während der Bauzeit wurden zahlreiche Brückenüberfahrten von Sondertransporten seitens der Baufirma erforderlich. Schwere Krane, Bohrgeräte und Tieflader mit Brückensegmenten mussten die Havel überqueren. Die Brückengeräte wurden für jeden dieser Sondertransporte ebenfalls statisch untersucht und in der Regel als Einzelfahrten freigegeben. Als maßgebendes Bauteil erwies sich dabei oft das nur 8 mm dicke Deckblech der SB30-Brücken. Aus diesem Grund mussten teilweise detaillierte Fahrspuren für die Sonderfahrzeuge mit Verschwenkung auf der Strombrücke ermittelt werden.

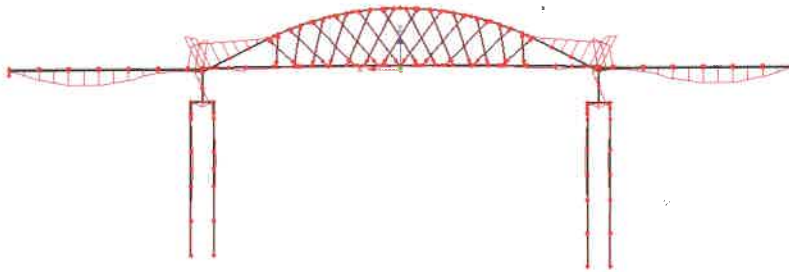
Montage und Demontage erfolgten prinzipiell auf die gleiche Weise. Die statischen Randbedingungen waren nahezu



Übersicht der Baugrunderkundungen auf dem östlichen Ufer

LK100: Q_k1 (Verkehr)
M-y/M-u

Entgegen der Y-Richtung



Momentenverlauf unter Verkehrslasten

gleich, nur die Verschubstationen der beiden Strombrücken waren zwischen Montage und Demontage leicht unterschiedlich. Die Systemstatiken der Strombrücken beinhalten Nachweise der verschiedenen Konstruktionselemente für zahlreiche Einschubzustände, so dass hier für die Überbauten im Wesentlichen die Nachweise der Ballastierung geführt und die Auflagerkräfte zur Bemessung der Unterkonstruktion ermittelt wurden. Die Rollenelemente für die Auflagerung während des Verschlusses sind Bestandteil der Baukastensysteme. Große Bedeutung für die Bauzustände kamen den Traggerüsten unter den Systembrücken zu. Diese mussten neben hohen Vertikallasten horizontale Lasten aus Wind und Reibung beim Verschub aufnehmen. Insbesondere auf den Pontons waren sehr hohe Gerüste erforderlich, welche gleichzeitig Stabilisierungskräfte aus den Pontons übertragen mussten. Die Schwimmstabilität der Pontons wurde für alle Zustände berechnet. Mit dem Längsverschub des Überbaus ändert sich das Verhältnis von Einfeldträgerlänge zwischen Ponton und Rollenkasten auf dem Pfeiler zum Kragarm hinter dem Rollenkasten. Damit lagert sich die Auflagerkraft vom Ponton immer weiter auf den Pfeiler um, oder

umgekehrt, je nachdem in welche Richtung geschoben wird.

Zur Gewährleistung eines durchgehend horizontalen Verschubvorganges muss der Ponton beim Verschub unter Berücksichtigung seiner eigenen Biegefestigkeit durch Lenzen und Fluten mehrerer Ballasttanks laufend den sich ändernden Auflagerkräften aus den Überbauten angepasst werden. Andernfalls könnte der Überbau durch zu große Längsneigung bei Überwindung der Rollreibung auf den Rollenkästen anfangen zu „laufen“. Die nahezu mittige Belastung des Pontons ist sehr ungünstig, da er ursprünglich für gleichmäßig verteilte Lasten konzipiert wurde. Daraus resultierten für sämtliche Bleche des Pontons sehr geringe Dicken bei gleichzeitig großen Blechfeldern, für die Längsschotte z.B. nur 6 mm bei 2,25 m Wandhöhe. Für die vorliegende Anwendung mussten daher Beulnachweise geführt und die Stellen der konzentrierten Lastenleitung überprüft werden.

Ersatzneubau

Das Bauwerk wurde für die statische Untersuchung am Rechner mittels FE-Stabwerksmodell abgebildet. Entsprechend den verschiedenen Bauzuständen

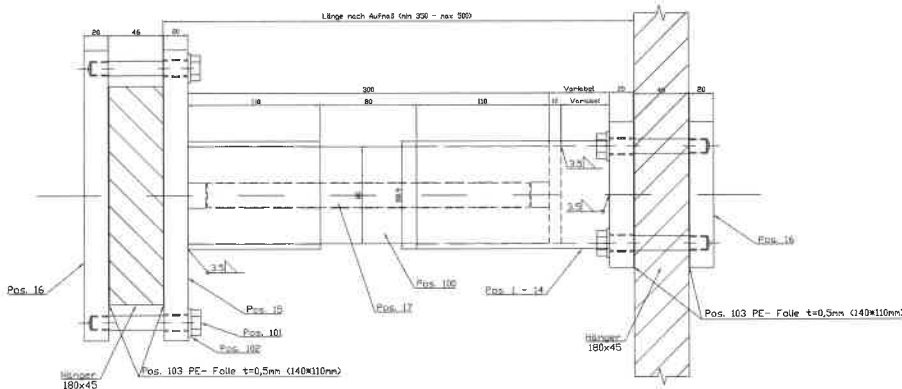
im Herstellungsprozess wurden jeweils einzelne Modelle im Programmsystem RFEM der Fa. Dlubal aufgebaut und deren Ergebnisse superponiert. Besondere Bedeutung kam dabei der Verbundtragwirkung zwischen Stahlkonstruktion und Stahlbetonfahrbahnplatte zu. Die Platte versteift zum einen die Biegetragwirkung des Trägerrostes, im Bereich des Stromfeldes beteiligt sie sich zum anderen an der Zugbandwirkung des Versteifungsträgers. Kriech- und Schwindprozesse des Betons sind dabei in Abhängigkeit des jeweiligen Betonalters in jedem Bauzustand zu berücksichtigen.

Es handelt sich bei dem Bauwerk zwar nicht um ein integrales oder semiintegrales Bauwerk, dennoch ist die Interaktion mit dem Baugrund von großer Bedeutung. Alle vier Bogenfußpunkte wurden allseits fest ausgebildet, wodurch sich rechnerisch vor allem aus Temperatureinwirkungen hohe Zwangsbeanspruchungen der Überbaukonstruktion ergäben, wenn wie sonst üblich die Federsteifigkeit der Unterbauten vernachlässigt würde und die Lager rechnerisch als steif angesetzt würden. Aus diesem Grund wurden im Stabwerksmodell zumindest die Pfeiler inklusive federnd gebetteter Bohrpfähle mit modelliert.

Die Bemessung des Ersatzneubaus erfolgte auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Ausschreibung gültigen DIN Fachberichte 101 bis 104 („Einwirkungen auf Brücken“, „Betonbrücken“, „Stahlbrücken“ und „Verbundbrücken“). Wesentliche Lasten waren die Verkehrslasten, die mit einem 480-kN-Fahrzeug in der Hauptspur und einem 320-kN-Fahrzeug in der Nebenspur als punktuelle Einwirkungen und als Flächenlast mit 9 kN/m² in der Hauptspur und 2,5 kN/m² in der Nebenspur und der restlichen Brückenfläche definiert sind.

Der Baugrund im Bereich der Freybrück ist im Laufe der Jahre äußerst engmaschig erkundet worden. Entsprechend umfangreich sind die Grundlagen für die rechnerischen Bodenkennwerte, mit welchen sich unter anderem die Bettungen beschreiben lassen. Die Berücksichtigung der Pfeiler im Modell bildet die vorhandene Situation wesentlich realistischer ab und weist deutlich reduzierte Zwangskräfte aus.

Besonderes Augenmerk kam der Bemessung der netzwerkartig angeordneten Hänger zu. Diese Ausbildung hat den großen Vorteil, dass unsymmetrische Vertikallasten über die schräg angeord-



Hängerkopplung mit Schwingungsdämpfer

neten Hänger gleichmäßiger in den Bogen eingeleitet werden. Die Biegemomente im Versteifungsträger sind kleiner. Es wird eine geringere Biegesteifigkeit des Versteifungsträgers erforderlich, sodass Trägerrost und Bogen schlanker ausgebildet werden können. Dies hat monetäre Vorteile durch die Materialeinsparung und ebenso gestalterische Vorzüge.

Um nachteilhafte Druckkräfte insbesondere in den Randhängern zu reduzieren, wurde eine rechnerische Hängeroptimierung durchgeführt. Aufgrund der mit 45 x 180 mm rechteckigen Querschnittsform sind die Hänger darüber hinaus anfällig für wirbelerregte Querschwingungen, die durch Windströmung hervorgerufen werden. Diese wirken sich in Hinblick auf den Ermüdungsnachweis negativ aus. Im

Ergebnis der Hängeroptimierung wurde der Zeitpunkt des Hängereinbaus so gewählt, dass möglichst viel Eigengewicht der Konstruktion bereits auf die Hänger wirkt und in 7 Punkten je Bogenebene wurden die sich kreuzenden Hänger über Schwingungsdämpfer gekoppelt.

Der statische Vorteil der Netzstruktur und die daraus resultierende Materialeinsparung wird durch einen deutlich erhöhten Einbauaufwand der Hänger erkauft. Während bei den üblichen lotrechten Hängern ein Aufhängen am oberen Hängeranschluss ausreicht, mussten hier zusätzliche Hilfskonstruktionen eingesetzt werden, die die weichen, bis zu 11,1 m langen Hängerprofile stabilisierten und mit deren Hilfe die richtigen Endlagen justiert werden konnten. Darüber

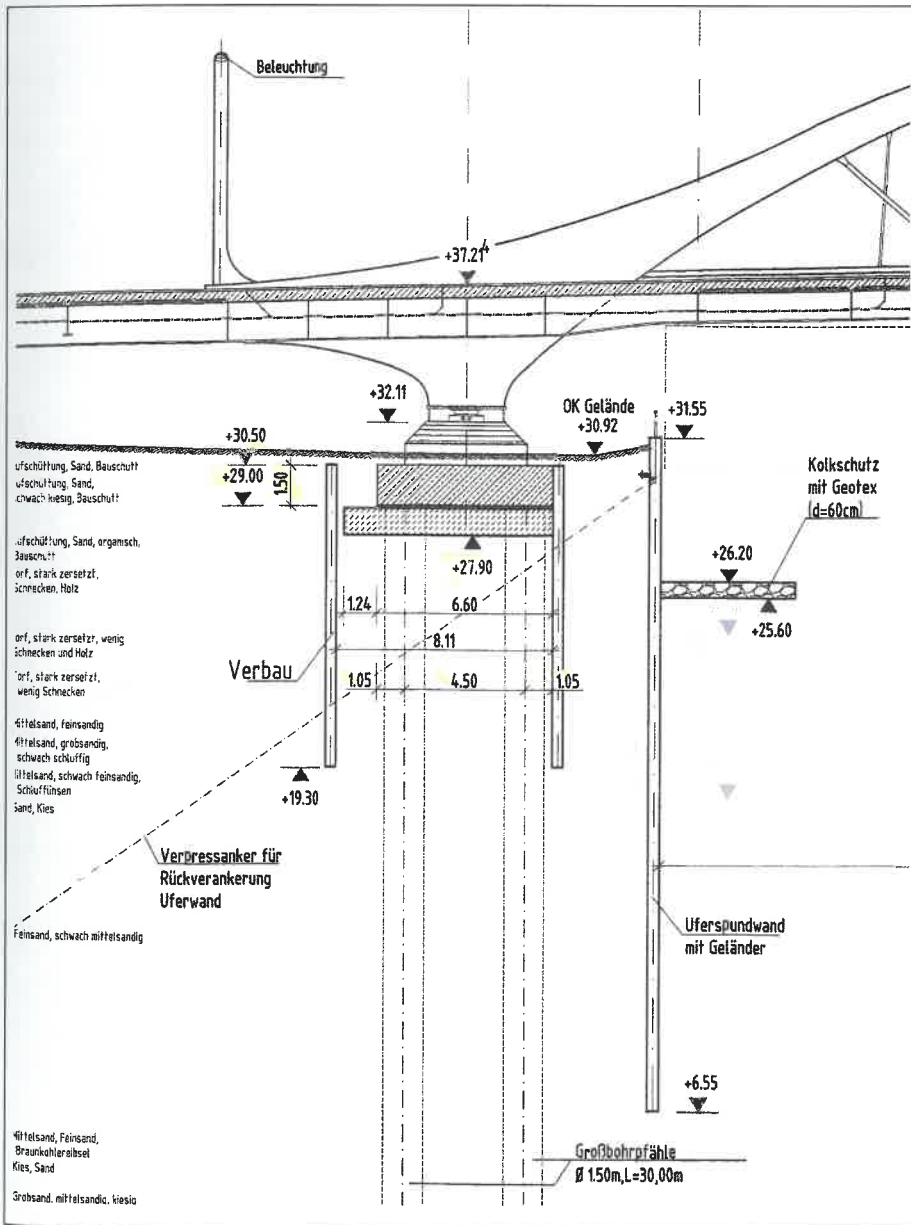
hinaus mussten die Hängertlängen unter Berücksichtigung der Schweißschumpfungen in den Anschlussnähten exakt eingestellt werden, um die daraus resultierenden Hängerkräfte gemäß Statik zu erreichen. Zu beachten war insbesondere die Beeinflussung der Hängerkräfte durch Umlagerungen infolge von Schweißschumpfungen an benachbarten Hängern. Dazu wurde eine eng abgestufte Zusammenbaureihenfolge erforderlich.

Im Bereich der Gründung kam der Interaktion zwischen Pfeilergründung und benachbarter rückverankerter Uferwand besondere Bedeutung zu. Hier musste die statische Interaktion zwischen den Kräften aus den Bohrpfählen auf die Uferwand und umgekehrt betrachtet werden. Auf der konstruktiven Seite und bei der Ausführung gab es hohe Anforderungen, da die Rückverankerungen der Uferwand im Bereich der Bohrpfähle und dem Spundwandkasten zur Herstellung des Pfeilers lagen.

Schlussbemerkung

Die alte Freybrücke wurde zu Recht im Jahre 1971 unter Denkmalschutz gestellt. Die sehr ästhetische Stahlkonstruktion war eine der ältesten Großbrücken in Berlin. Ihre Demontage ist nur schmerzlich zu verkraften, der gelungene und gestalterisch ebenfalls sehr anspruchsvolle Neubau stimmt allerdings versöhnlich. Der Neubau orientiert sich an der bisherigen filigranen Gestaltung, übersetzt diese aber durch einen in der Ansicht schlankeren Bogen in Kombination mit einer netzwerkartigen Hängeranordnung in eine moderne Formsprache.

www.kl-ing.de/projekte/projekt/detail/freybruecke-ueber-die-havel-berlin/



Pfeiler mit Spundwandverbau und Uferwand mit Verankerung