

The background of the cover is a photograph of a modern cable-stayed bridge. The bridge's structure, including its large arch and numerous stay cables, is visible against a clear blue sky. In the distance, two motorcyclists are riding across the bridge. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

Denk Mal!

SCHLESWIG
HOLSTEIN

Zeitschrift für Denkmalpflege in Schleswig-Holstein

DenkMal!

Zeitschrift für Denkmalpflege in Schleswig-Holstein
Jahrgang 21 · 2014

Herausgegeben
vom
Landesamt für Denkmalpflege
Schleswig-Holstein

mit Unterstützung des
Denkmalfonds Schleswig-Holstein e.V.

Impressum

Herausgeber

Landesamt für Denkmalpflege Schleswig-Holstein
Wall 47/51, D-24103 Kiel
Tel. (04 31) 6 96 77-60, Fax (04 31) 6 96 77-61
E-Mail: denkmalamt@ld.landsh.de
www.denkmal.schleswig-holstein.de

Die Herausgabe wird unterstützt vom
Denkmalfonds Schleswig-Holstein e. V.
Postfach 4120, D-24100 Kiel
Tel.: (04 31) 53 35-5 53, Fax: (04 31) 8 86 07 50
E-Mail: info@denkmalfonds-sh.de
www.denkmalfonds-sh.de.

Schriftleitung
Dr. Heiko K. L. Schulze

Redaktion
Dr. Astrid Hansen, Dr.-Ing. Margita M. Meyer

Fotografie
Friedhelm Schneider, Archiv Landesamt für Denkmalpflege

Alle Rechte vorbehalten. Verantwortlich für den redaktionellen Teil ist der Herausgeber. Hinweise auf Gesetze, Urteile und Rechte wie Steuerrecht o. ä. erfolgen ohne Gewähr. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wieder. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei dem jeweiligen Autor oder der Autorin.

Abbildungen

Titelbild: Fehmarnsundbrücke bei Großenbrode
(Foto: Friedhelm Schneider)

Abbildungsnachweis: Verweis bei den einzelnen Beiträgen. Die Abbildungen in den Kurzberichten (Aus der Arbeit der Denkmalpflege) – wenn nichts anderes vermerkt – durch Autorin/Autor, Friedhelm Schneider oder Archiv des Landesamtes für Denkmalpflege Schleswig-Holstein.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Daten sind abrufbar unter <http://dnb.ddb.de>
ISSN 0946-4549
ISBN 978-3-8042-0919-0

Bezug

Erscheinungsweise: 1 Heft pro Jahr, Einzelheft € 12,- inkl. Umsatzsteuer, zuzügl. Versandkosten. Abonnements können direkt beim Verlag bestellt werden, Vorzugspreis für das Abonnement zurzeit € 10,- inkl. Versandkosten und Umsatzsteuer.

Boyens Buchverlag GmbH & Co. KG
Wulf-Isebrand-Platz 1–3, D-25746 Heide
Tel. (04 81) 68 86-0, Fax (04 81) 68 86-4 62
E-Mail: buchverlag@boyens-medien.de
www.boyens-medien.de

Copyright

© 2014 by Landesamt für Denkmalpflege Schleswig-Holstein, Kiel und Boyens Medien GmbH & Co. KG, Heide.
Herstellung: Boyens Buchverlag GmbH & Co. KG, Heide
Druck: BELTZ, Bad Langensalza GmbH, Bad Langensalza

Landesamt für Denkmalpflege
Schleswig-Holstein



Die Fehmarnsundbrücke – Wahrzeichen Schleswig-Holsteins

Heiko K. L. Schulze

„Allerdings kann die beste Gemeinschaftsarbeit (von Ingenieur und Architekt) nur Erfolg haben, wenn der Bauherr selbst Verständnis und Wagemut für kühne und neue Konstruktionen besitzt und auch bereit ist, für den Fortschritt und die Schönheit finanzielle Opfer zu bringen.“¹

*Dr. h.c. Dipl.-Ing. Gerd Lohmer
Architekt der Fehmarnsundbrücke*

Die Fehmarnsundbrücke (Abb. 1 und 2) zwischen dem ostholsteinischen Festland und der Insel Fehmarn ist Teil eines europaweiten Fernstraßen- und -eisenbahnnetzes, Bestandteil der Europastraße 4 von Lissabon nach Helsinki. Über den Bau des Abschnittes zwischen Deutschland und Dänemark als sogenannte Vogelfluglinie gibt es ungezählte Berichte und Veröffentlichungen, die vor allem die Vorgeschichte der Fähr- und Eisenbahnverbindungen ausführlich schildern.² In diesem kleinen Bericht soll es aber darum gehen, das Kernstück

der neuen Verbindung zwischen dem Festland und der Insel Fehmarn mit seiner Baugeschichte und seinem Baufortschritt zusammenfassend darzustellen und zu würdigen: die Fehmarnsundbrücke.³ Außer Acht gelassen werden dabei Planung und Bau der Straßen- und Schienenanbindungen mit ihren Brücken auf dem Festland und der Insel Fehmarn, der Ausbau des Puttgardener Fährhafens oder die Fährlinien über den Fehmarnbelt. Auch alle wasserbautechnischen und seezeichentechnischen Anlagen können hier nicht erläutert werden.⁴

1 Fehmarnsundbrücke vom Festland aus gesehen.





2 Fehmarnsundbrücke, Blick Richtung Fehmarn.

Für den folgenden Bericht kam ein Zufallsfund zu Hilfe, ein in der Schleswig-Holsteinischen Landesbibliothek in Kiel aufbewahrter anonymer Nachlass vermutlich eines an den Arbeiten beteiligten Ingenieurs, der in einer Art reich bebildertem Bautagebuch die Arbeiten an der Brücke festhielt. Viele der hier wiedergegebenen detaillierten Informationen und Abbildungen sind dieser Schrift entnommen.⁵

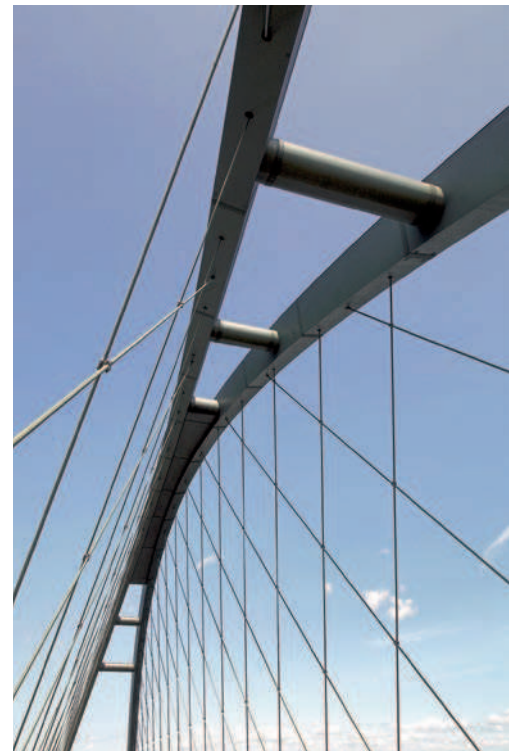
Vorgeschichte

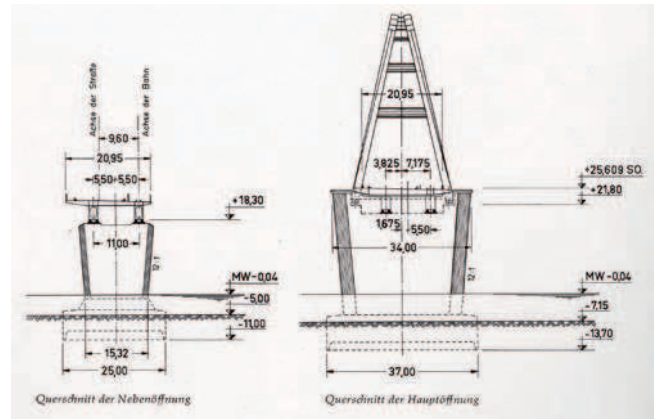
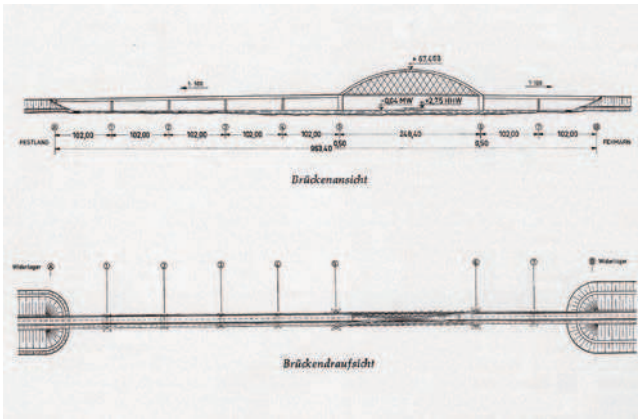
Bereits 1863 hatte der königlich-dänische Baumeister Gustav Kröhnke Pläne vorgelegt, das noch junge Eisenbahnnetz Dänemarks im Hinblick auf eine direkte Verbindung Kopenhagen-Hamburg auszubauen. Die deutsch-dänischen Kriege verhinderten diese Zukunftsvisionen, aber immerhin wurden auf dänischer Seite Eisenbahnverbindungen bis in die Küstenorte der Inseln Seeland, Falster und Lolland gebaut. 1874 erreichte die Strecke Rødby. Auf deutscher Seite waren die Strecken relativ schnell bis Lübeck und Neustadt ausgebaut, ein Weiterbau scheiterte vor allem an den Interessen konkurrierender Privatbahnen und an undurchlässigen Territorialgrenzen. 1912 wurden die ersten Pläne für eine Brücke über

3 Fehmarnsundbrücke, gegeneinander geneigte Bogenwände.

den Sund vorgelegt, eine Fachwerk-Eisenbahnbrücke nach Entwürfen von Caesar & Krebs mit sechs Haupttragwerken, davon vier mit jeweils 120 m breiten Durchfahrten, und insgesamt 14 Nebentragwerken.⁶ Der Erste Weltkrieg verhinderte jede weitere Planung. Als 1933 bis 1937 in Dänemark zwischen den Inseln Seeland und Falster mit dem Bau der Storstrømsbrücke eine feste Querung entstand, wurden auch auf deutscher Seite – vor allem aus militärischen Gründen – die Planungen wieder aufgenommen. Mit der Besetzung Dänemarks 1940 entstanden die ersten baureifen Pläne für eine vierstreifige Autobahnbrücke der neu geplanten Reichsautobahn R 90 mit nebenliegender zweigleisiger Eisenbahnbrücke (geeignet bis zu 160 km/h). Die Vorentwürfe für die 1800 m lange Hochbrücke von Januar 1941 stammen von der MAN Mainz-Gustavsburg für die geschweißten oben liegenden Tragwerke, der Firma Friedrich Krupp AG Rheinhausen für die Bahnanlagen und der Firma Grün & Bilfinger Mannheim für die Pfeiler und Gründungsarbeiten.⁷ Bereits im September 1941 begannen die ersten Dammaufschüttungen und der Bau einer kleinen Autobahnbrücke⁸ durch die „Organisation Todt“⁹, ein Kreuzungsbauwerk bei Struckkamp, das noch heute in Betrieb ist.¹⁰ Der Zweite Weltkrieg verhinderte letztlich 1942 Weiterbau und Fertigstellung des Projektes.

Bereits 1949 lebte die Idee einer festen Querung beziehungsweise eines Ausbaus der Vogelfluglinie mit ihren Fährlinien wieder auf. 1953 bildete sich eine deutsch-dänische Kom-





mission, die 1955 eine Denkschrift für das Projekt vorlegte. Ab April 1957 wurde konkret in beiden Ländern an der Verwirklichung gearbeitet und am 13. Juni 1958 ein Regierungsabkommen „über die Weiterführung des Projektes der Vogelfluglinie“ unterzeichnet.¹¹ Anfang 1959 fand die Ausschreibung für einen Bauwettbewerb statt. Die wichtigsten Bedingungen waren unter anderem eine Durchfahrthöhe von 23 m, eine Durchfahrtsbreite von mindestens je 120 m oder einmal mindestens 240 m sowie eine Anordnung von Straße und Schiene nebeneinander.¹² Der schließlich zur Realisierung vorgesehene Entwurf sah ein Brückenbauwerk von 963,40 m Gesamtlänge vor, einen über 248,40 m Weite gespannten Bogen mit gegeneinander geneigten vollwandigen Bogenwänden (Abb. 3) und dünnen Netzwerkhängern, die die Fahrbahn tragen. Die Öffnungen unter den Nebentragwerken (auf der Festlandseite fünf, auf der Inselseite zwei) betragen jeweils 102,00 m (Abb. 4 und 5). Im Folgenden sollen die einzelnen Schritte zur Verwirklichung dieses imposanten Bauwerks nachvollzogen werden.

Rampen

Als vorbereitende Maßnahme und um eine möglichst kurze – und damit preiswertere – Brückenverbindung erreichen zu können, wur-

den beidseits des Sundes Brückenrampen angelegt. Auf der Festlandseite schiebt sich die Auffahrtsrampe 330 m in den Sund, auf der Inselseite 110 m.

Für die Anlage der Festlandrampe pendelten Schuten mit einer Kapazität von 500 bis 750 m³ Fassungsvermögen zum Graswarder bei Heiligenhafen, wo sie vom Eimerkettenbagger „Klaus“ mit Sand gefüllt wurden (Abb. 6). Das Material – insgesamt wurden in den Monaten Mai bis Juli 1960 700.000 m³ Meeressand aufgespült – wurde zum Spül- und Saugbagger „Harald“ mit seinen schwenkbaren Saugrohren transportiert, der mit einer täglichen Leistung von bis zu 12.000 m³ den Sand durch eine etwa ein Kilometer lange, 80 cm dicke Rohrleitungen an die geplante, mit Spundwänden eingefasste Rampe presste. Eine Schute war so in 10–15 Minuten entleert. Der eingespundete Festlanddamm war in drei Spülfelder unterteilt, die in ständigem Wechsel beschickt wurden, damit die jeweils ruhenden Felder austrocknen konnten. Zu trocken durften sie jedoch wegen möglichen Windabtrags nicht werden, sodass sie ständig durch Berieselungsanlagen mit aufgesteckten Spüllanzten feucht gehalten werden mussten (Abb. 7). Die Ver-

4 Brückenansicht und -draufsicht (Zeichnungen: F. Laemmerhold/W. Klingenberg 1963).

5 Querschnitt der Nebenöffnung und der Hauptöffnung (Zeichnungen: F. Laemmerhold/W. Klingenberg 1963).

6 Eimerkettenbagger „Klaus“ am Graswarder vor Heiligenhafen.

7 Berieselungsanlage der Festlandsrampe, im Vordergrund ein Spülrohr, im Hintergrund der Vermesungsturm in Größenbrode.



8 Abschwimmen auf drei Gleithölzern eines fertig gebundenen Sinkstücks.

9 Zwei Schürfkübelzüge (Scraper) begegnen sich auf dem inselseitigen Damm.



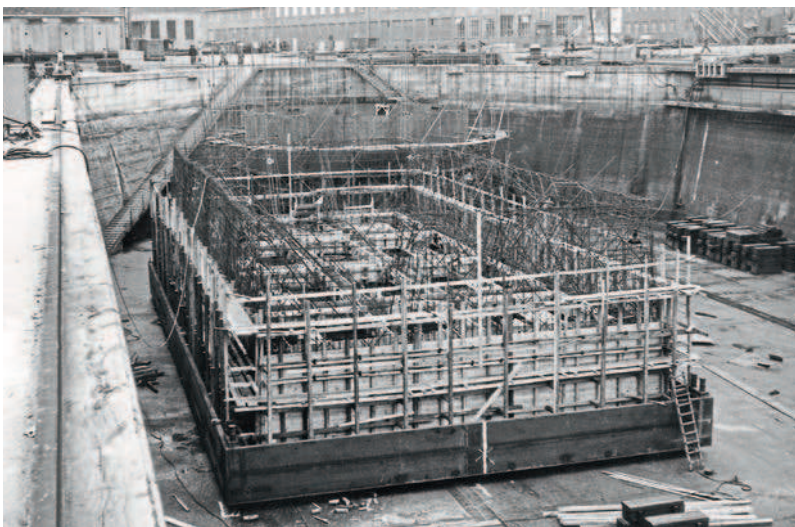
10 Festlandseitiges Widerlager während der Schalungs- und Bewehrungsarbeiten der einzelnen Kammern, im Hintergrund Pfeiler 1 in Bau.

11 Bau des Gründungskörpers für Pfeiler 4 im Trockendock 7 der Kieler Howaldtswerke. Im Hintergrund ist die Ringgründung für den neuen Leuchtturm „Roter Sand“ zu erkennen.

Die Dichtung der Sandmassen erfolgte durch riesige Raupenfahrzeuge mit angehängten Walzen. Vor den Stahlspundwänden wurden an den Böschungsfüßen fertig gebundene, sogenannte Sinkstücke als Uferschutz eingebracht (Abb. 8), jeweils 10 x 5 m große Gebinde, die später mit Feldsteinen beschwert wurden. Insgesamt brachten dänische Steinfischer etwa 16.000 t Findlinge vor die Spundwand, die von Steinschlägern für die Rauherkdecke am

Rampenfuß zerkleinert wurden. Ergänzt wurde die Sicherung durch Asphaltgussdecken gegen den Wellenschlag.

Für die inselseitige Auffahrtsrampe waren rund 850.000 m³ Sand notwendig. Aus etwa 2,5 km Entfernung wurde das Material über eine lange Fördertrasse aus den Wulfener Bergen herangebracht. Von Juli bis September 1960 und von Januar bis Mai 1961 pendelten 345 PS starke Selbstladefahrzeuge oder sogenannte Schürfkübelzüge (Scraper)¹³ mit einem jeweiligen Fassungsvermögen von etwa 21 m³ zwischen der Entnahmestelle und der eingespundeten Rampe (Abb. 9). Da sie beladen ein Gesamtgewicht von über 53 t besaßen, mussten oft zusätzlich Raupenfahrzeuge eingesetzt werden, um die Selbstlade aus der Entnahmestelle herauszubekommen.



Widerlager und Pfeiler

Die Bodenuntersuchungen hatten ergeben, dass dieser – bestehend aus Tarras (kalkarmer Ton), Geschiebemergel, Torfeinschlüssen, Sanden und Kiesgemenge – nicht sehr hoch würde belastbar sein. Die Last der Dammaufschüttungen war enorm, sodass für die Widerlager eine möglichst große Einsparung an Gewicht vorgesehen war, um die Bodenpressung der Dämme nicht noch zu verstärken. Im Gegenteil, die Widerlager mussten die bis zu 80 cm Setzungen der Dämme mitmachen und ausgleichen, ohne ihrerseits Setzungen zu erzeugen.¹⁴ Die Lösung bestand in größtmöglicher Materialeinsparung für die Widerlager, wie später auch für die Pfeiler und die Tragwerke der Brücke. Die Widerlager auf halber Höhe der Dämme sind als flache verlorene Hohlkastenwiderlager¹⁵ ausgebildet, für die jeweils nur 400 m³ Stahlbeton der Güteklasse B 300 benötigt wurden. Der Bau des landseitigen Widerlagers (Abb. 10) begann im September 1960, von Februar bis Juni 1961 war das inselseitige errichtet worden.

Vor allem aus Gründen der Gewichtersparnis – es wirkte sich aber auch kostensparend aus – wurden alle sieben Brückenpfeiler als Hohlkästen gefertigt. Dabei bekamen die beiden

Hauptpfeiler, die später das Haupttragwerk der Bogenbrücke aufnehmen sollten, auch aus architektonischen Überlegungen eine größere Abmessung, um optisch die Hauptdurchfahrt zu markieren. Der verwendete Beton ist seewasserbeständig und wasserundurchlässig. Die Grundflächen der Pfeiler liegen bis zu 14 Meter unterhalb der Meeresoberfläche auf dem Grund.

Die erste vorbereitende Maßnahme für die Pfeiler war die Konstruktion von stählernen Senkkästen beziehungsweise Gründungskörper, die im Trockendock 7 der Kieler Howaldtswerke AG gefertigt wurden (Abb. 11). Nach Ausführung von Schalungs- und Bewehrungsarbeiten an den Gründungskörpern begann der Innenausbau mit dem Einbringen und Verdichten der Betonschale und dem Einzug einer Arbeitsdecke mit den Einstiegsöffnungen zu den später darunter als Überdruckkammern konstruierten Arbeitsräumen. Für die Gründungskörperarbeitsdecke wurden jeweils 230 m³ Beton verbaut. Anschließend erfolgte das Betonieren der aufgehenden Wände und Decken zur Konstruktion der Hohlkammern über dem Arbeitsboden und die Montage der Druckluftschleusen. Mit zwei starken Schlepfern wurden die Senkkästen zum Fehmarnsund gebracht (Abb. 12) und dort in die Hubinseln zur Absenkung manövriert – zu diesem Verfahren später mehr.¹⁶ Nach dem Absenken der Körper begannen die Arbeiten auf dem Meeresgrund unter Druckluft in diesen sogenannten Caissons (Abb. 13): zunächst musste dafür gesorgt werden, dass die Kästen in ihre korrekte Lage gebracht und einseitige Setzun-



12 Stahlsenkkasten für Pfeiler 1 mit den beiden Einstiegsrohren der Druckluftschleusen.

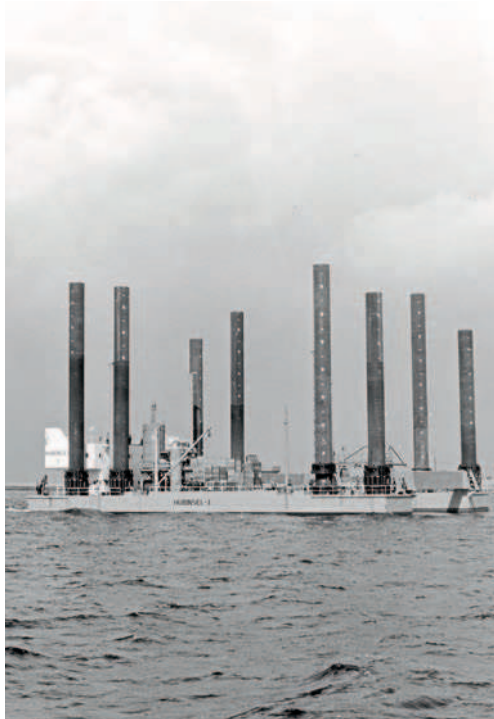


13 Betonierarbeiten an Pfeiler 1. Die Druckluftschleusen mit den Tanks sind montiert, der Senkkasten liegt bereits auf dem Meeresgrund.



14 Blick über die in Bau befindlichen Pfeiler in unterschiedlichen Ausbaustufen, dazwischen die Hubinseln.

15 Hubinsel 3, von Kiel kommend.



16 Hubinsel 3 mit dem künftigen Pfeiler 5 in ihrem hufeisenförmigen Einschnitt.



17 Hubinsel 5 mit der Hubvorrichtung eines Beines, im Hintergrund Rollenwagen.

gen mit Einbringung von Füllmaterial ausgeglichen wurde. Es war eine harte Arbeit „unter Tage“ unter Überdruck-Bedingungen in 8-Stunden-Schichten: Die Bodenmassen mussten mit Bohrmaschinen gelockert werden, zum Teil wurden riesige Findlinge von 1–2 t Gewicht mit Schlagwerkzeugen zerkleinert und über Förderkübel, die an Deckenschienen auf Rollen liefen, entsorgt. Anschließend wurde der fertige Beton über diese Kübel im unteren Senkkasten verfahren, verbaut und dann mit Stampfern per Hand verdichtet sowie mit speziell dafür konstruierten Holzpatzchen geglättet. Die Mischanlagen für den Beton standen auf der Arbeitsplattform der Hubinseln, wo auch das andere Material gelagert war. Die weiteren Aufbauten der Pfeiler, das Verschalen und Betonieren, erfolgte von diesen Hubinseln aus (Abb. 14).¹⁷

Hubinseln

Beim Wettbewerb zum Brückenbau hatte die Strabag Bau AG, die später Teil der Arbeitsgemeinschaft „Arge Pfeiler“ wurde,¹⁸ vorgeschlagen, sämtliche Pfeiler mit Hilfe von sogenannten Hubinseln zu gründen und hochzuführen.¹⁹ Vorteil dieser wechselnd schwimmenden oder auf dem Meeresgrund stationär verankerten beziehungsweise abgestützten Arbeitsplattformen war eine relativ große Unabhängigkeit von Wellen- und Eisgang im Fehmarnsund. Dazu boten die Hubinseln Lagermöglichkeit für Material, Leitstand und Kommandobrücke sowie die Unterbringung von Personal. Auftragnehmer für den Bau der Hubinseln waren die Howaldtswerke in Kiel, die dortige Stahlbauabteilung. Auftraggeber war eine Hubinsel GmbH, die die Inseln nach Plänen der „DeLong Corporation New York“ fertigen ließ.²⁰

Die Hubinsel 3 hatte eine Inselplattform von 48,76 x 30,48 m mit einem rechteckigen Ausschnitt von 26,82 x 16,76 m und war mit bis zu 2500 t belastbar (Abb. 15). Sie hatte acht 40 m lange Beine mit jeweils 1,80 m Durchmesser. Der seitlich offene, hufeisenförmige Ausschnitt konnte die durch Schlepper herangeführten Gründungs- oder Senkkörper seitlich aufnehmen und diese während der oben geschilderten Arbeiten mit allem versorgen (Abb. 16). Dazu waren auf der Hubinsel ein Betonmischer, ein Turmdrehkran, ein Lager für Zuschlagstoffe, ein Kieszwischenstapel sowie Maschinen- und Mannschaftshäuser untergebracht. Ein weiterer Vorteil lag damit in der Einsparung größerer Baustelleneinrichtungen an Land. Die Hubinsel 4 besaß – wie eine später hinzukommende Hubinsel 5 – mit 30,48 x 21,34 m eine kleinere Plattform. Sie hatten jeweils nur vier Beine (Abb. 17). Die Hubinsel 3

war seit August 1960 in Dienst, Hubinsel 4 von Oktober an und Hubinsel 5 kam im April 1961 dazu.

Alle Hubinseln wurden für die weiteren Arbeiten an den Pfeilern (das Hochbetonieren) wechselseitig je nach Bedarf und äußerst flexibel eingesetzt, ihre Plattform jeweils in die benötigte Arbeitshöhe gebracht. Die Hubinseln mit ihren Schwenkkränen lagen dabei zwischen den Pfeilern und dem jeweils auf der anderen Seite längsseits liegenden Versorgungsschiff „Elbing“, von dem sie laufend mit Material versorgt wurden (Abb. 18).²¹ In den Monaten Mai bis August 1961 waren alle Pfeiler gleichzeitig in ihren verschiedenen Abschnitten in Bau; im Dezember waren sechs der sieben Pfeiler fertig.²²

Das Hubinselverfahren stellte eine umwälzende Neuerung im Brückenbau dar, seit den 1950er Jahren aus dem Seebau bekannt, war es bis dahin aber noch nie für einen Brückenbau eingesetzt worden. Das neue Verfahren und der Einsatz mehrerer Hubinseln gleichzeitig war (vgl. Abb. 14) nicht nur eine logistische Meisterleistung, sondern ermöglichte – etwa durch die Einsparung von Baustellenlagern auf dem Festland – auch die Einhaltung der knappen Termine für den Brückenbau.²³

Neben- oder Balkentragwerke

Noch während die Arbeiten an den Pfeilern andauerten und nachdem auf den Rampen die Gleise für die Anlieferung der eigentlichen Brückenelemente gelegt waren, begannen bereits parallel die Arbeiten zur Montage der stählernen Überbauten zwischen den Pfeilern, den Neben- oder Balkentragwerken.

Im Frühjahr 1961 wurden die ersten bis zu 16 m langen und etwa 28–32 t schweren Elemente mit der Bahn (mit besonders dafür konstruierten Drehschemelwagen) zu dem Montageplatz gebracht, den man auf dem festlandseitigen Rampenkopf eingerichtet hatte. Hier wurden die 4–5 m hohen Hohlkastenhauptträger mit Hilfe eines Portalkrans abgeladen und für je eine Öffnung zusammengeschweißt und -genietet. Die Überbauten hatten eine unregelmäßige Ausdehnung, da die Stoßnähte nicht regelmäßig über den Pfeilerachsen liegen sollten; der erste Überbau hatte eine Länge von 109 m, die weiteren von 112 m, 106 m, 102 m und 81 m. Zur Aussteifung waren in Abständen von 15–20 m Querverbindungen eingebracht sowie die oben liegende Fahrbahn aus Stahlblechen.²⁴

War ein Nebentragwerk zusammengebaut, wurde es auf zwei in der Breite (die Gesamtbreite betrug 13,60 m) und in der Achse (der Achsabstand betrug 11 m) des Tragwerks entsprechenden Gleisen auf speziellen Rollbö-



18 Hubinsel 4 zwischen Pfeiler 7 und dem Versorgungsschiff, links Pfeiler 6.

cken in Längsrichtung auf die Pfeiler vorge- rollt. Zwischen der Rampe und dem ersten Pfeiler beziehungsweise zwischen den Pfeilern war inzwischen als eine Art Zwischengerüst eine Hubinsel aufgestellt, sodass das Tragwerk auf die Plattform der Hubinsel 5 rollen konnte (Abb. 19). Anschließend wurde die Plattform mit dem Tragwerk um 7–8 m abgesenkt und damit das neue Brückenelement in seine endgültige Position gebracht. Dabei wurde es an beiden Enden gegen ein seitliches Verrutschen gesichert, denn es hatte sich herausgestellt, dass sich einzelne Hubinselbeine, trotz vorheriger Probelastung durch Einpumpen von Wasser in die Ballasttanks der Schwimmkörper, schon mal absenken konnten und neu justiert werden mussten.²⁵ Vorsorglich hatte man daher die vier 40 m langen Hubinselbeine noch vor dem Einschieben des dritten Tragwerks auf 47,5 m verlängert. Zum Schluss wurden auf dem Tragwerk die Gleise montiert, um den nächsten Vorschub auf den Rollenböcken heranzurufen zu können (Abb. 20).

19 Einschiebevorgang für das erste Nebentragwerk auf die Hubinsel 5 zwischen der Festlandrampe und Pfeiler 1.





20 Überschieben des zweiten Nebentragwerks für die Montage zwischen Pfeiler 1 (rechts) und Pfeiler 2 (links), dazwischen die Hubinsel 5. Auf dem Festlanddamm ist bereits die Montage des dritten Tragwerks zu erkennen.

21 Die Hubinsel 5 hat zwei ihrer Beine am dritten Nebentragwerk befestigt und fährt in einem Drehmanöver um den Pfeiler 3 (rechts) herum.

22 Hubinsel 5 trägt vor dem Absenken die volle Last des Nebentragwerks 5 zwischen Pfeiler 4 und dem Hauptpfeiler 5 (links).

War ein Element in seine endgültige Lage gebracht,²⁶ ließ die Hubinsel 5 zwei ihrer vier Beine mit Hilfe einer besonderen Halterung an dem Tragwerk hängen, löste die verbliebenen beiden anderen Beine vom Grund und fuhr in einem Drehmanöver um den Pfeiler herum, um auf der anderen Seite ihre beiden am Tragwerk befestigten „verlorenen“ Beine wieder aufzunehmen (Abb. 21). Je Abschnitt dauerten die Arbeiten etwa 14 Tage. Auf diese Weise wurden die Nebentragwerke nacheinander in ihre Lage gebracht (Abb. 22).

Bei den beiden inselseitigen Jochen zwischen Pfeiler 6 und 7 sowie Pfeiler 7 und dem inselseitigen Widerlager mussten die Nebentragwerke noch herkömmlich über Gerüste montiert werden, da hier auf der Rampe noch kein Montageplatz zur Verfügung stand und die Wassertiefen für das Einfahren der Hubinseln nicht ausreichten. Die Anlieferung erfolgte über Schiffe, die Montage mit Hilfe eines Montagemastes. Ende des Jahres waren diese Arbeiten beendet. Die Gesamtleitung lag in den Händen der Firma Caspar Heinrich Jocho aus Dortmund.²⁷

Haupt- oder Bogentragwerk

Als Vorbereitung für den Bau der eigentlichen Bogenkonstruktion²⁸ aus etwa 3000 t Stahl waren einige Vorarbeiten notwendig. So wurde in der Mitte des späteren 248 m breiten Fahrwassers unter dem späteren Bogenscheitel zunächst ab März 1962 ein Mittelgerüst als Stützjoch von 62 m Höhe über etwa 150–170 eingerammten Spundbohlen errichtet, das dann später die mittleren Bogenstücke aufnehmen und lagern konnte (vgl. Abb. 26–28). Für den Transport und die Montage der Bogenstücke wurde auf den festland- und inselseitigen Nebentragwerken jeweils ein 95 m hoher Gittermast für einen zwischen ihnen fahrenden Kabelkran mit 400 m Spannweite errichtet. Die beiden Masten wurden einerseits über sogenannte nachstellbare Nackenseile weiter hinten auf den Nebentragwerken in der Mittelachse der Fahrbahn verankert (Nackenzugverankerung), andererseits über quer zur Brückenachse an je in 130 m Abstand in den Sund gerammte Dalben abgespannt (Abb. 23). Dadurch konnte man an den Füßen der Masten Kugelgelenke montieren, die es ermöglichten, dass die Mastenköpfe um bis zu 15 m verschwenkbar waren.²⁹ Der Kabelkran mit seiner doppelten Laufkatze (Tandemkatze), der damit äußerst beweglich agieren konnte, besaß eine Tragfähigkeit von 35 t.

Jeder Bogen bestand aus 19 Kastenelementen, die auf dem Bahnweg vom Werk, der Gutehoffnungshütte AG in Oberhausen-Sterkrade, als überbreite Spezialtransporte zum festland-



23 Gittermast für die Aufnahme eines Kabelkrans, seitlich zu Dalben abgespannt. Im Vordergrund die Nackenzugverankerung.



24 Zwei fertige Kasten-elemente der Bogenteile mit Löchern zur Aufnahme der Spannseile, rechts ein Kämpferstück.



25 Das erste Kämpferstück auf dem Pfeiler 5, Aufschweißen eines Mastfußes für einen der Abspannmasten.

seitigen Montageplatz transportiert wurden (Abb. 24). Dort wurden sie auf gummibereiften, sechsachsigen Rollern umgeladen und über die fertigen Nebentragwerke zu den Hauptpfeilern zur Einbaustelle gebracht. Die mittleren fünf Bogenstücke wurden jeweils mit Hilfe des Kabelkrans auf dem hohen Zwischengerüst gelagert und dort endmontiert, während die restlichen sechs Kasten-elemente je Bogen und Öffnungsseite von den Kämpfern auf den beiden Hauptpfeilern aneinandergebaut wurden (Abb. 25). Um sie sichern zu können, waren auf den beiden Pfeilern 40 m hohe Abspannmasten aufgestellt worden, die die vier Bogenansätze nach hinten abspannten und so in ihrer Lage hielten (Abb. 26).

Die ersten Kämpferstücke wurden Anfang Juni 1962 montiert, die Bögen am 5. September nach nur etwa einem Vierteljahr geschlossen (Abb. 27). Sämtliche Elemente wurden dann im Juli 1962 nach den Ausschreibungsunterla-

26 Die mittleren Bogenteile sind über dem Zwischengerüst bereits montiert, während die Tandemkatze ein weiteres Bauteil einführt. Auf den Hauptpfeilern stehen die Abspannmasten.

27 Der Brückenbogen wird geschlossen: Die Laufkatze fügt auf der westlichen Seite das letzte Bogenelement ein.





28 Die letzte Fahrbahnplatte ist am 30.11.1962 eingelegt, die Brücke damit geschlossen, die Seile sind noch nicht gespannt.

gen „metallisch-blank“ (Außenflächen) beziehungsweise „metallisch-rein“ (Innenflächen) entrostet, hierzu wurde gewaschener und getrockneter Fluss-Quarzsand in einer Körnung bis zu 2,5 mm verwendet.³⁰ Nachdem die etwa 1650 t schwere Fahrbahn mit 40 patentverschlossenen und an den Enden in Seilköpfe vergossenen Schräg-Drahtseilen je Bogen angehängt war, wurde die Brücke mit der Montage der letzten Fahrbahnplatte am 30. November 1962 um 13.30 Uhr für den Baustellenverkehr freigegeben (Abb. 28); die Gesamtbreite beträgt 21 m. Mit der Freisetzung und Belastung der Bögen Anfang Dezember konnte das Mittelgerüst abgebaut werden. Anschließend wurde der Eisenbahnüberbau mit lückenlos verschweißten Schienen montiert und die 11 m breite Straßendecke erhielt nach ihrer Entrostung und dem Aufbringen einer Okta-Haftmasse³¹ ihren Gussasphalt.³² Die Einweihung der Brücke erfolgte am 30. April 1963.



29 Ehemaliger Spreng- bzw. Sperrschacht in der Brückenauffahrt.

Auch der Kalte Krieg – seit dem Berliner Mauerbau 1961 auf dem Höhepunkt – hinterließ seine Spuren: Auf dem Auffahrtsdamm der Festlandseite der Brücke wurden in der Fahrbahn sechs Spreng- beziehungsweise Sperr-



30 Sperrmittelhaus in Großenbrode-Heinrichsruh.

schächte eingelassen (Abb. 29). Das dazu benötigte Material wurde in einem Sperrmittelhaus in einem Feldknick in Heinrichsruh, Gemeinde Großenbrode, etwa einen Kilometer von der Brücke entfernt, gelagert (Abb. 30).

Netzwerkbogenbrücke

Die Fehmarnsundbrücke ist eine Netzwerkbogenbrücke³³ und gehört damit zur Familie der Stabbogenbrücken (Abb. 31). Das Prinzip dieser Brückenkonstruktionen geht bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück, als in Riesa über der Elbe unter der Leitung des Ingenieurs Claus Koepcke (1831–1911) eine Bogenbrücke verwirklicht wurde, deren Tragwerk fächerförmig mit rauteartigen gekreuzten Stäben versteift war. Die Konstruktion konnte auf Grund der Steifigkeit sowohl Zug- als auch Druckkräfte weiterleiten. In gleicher Zeit wurde vom österreichischen Ingenieur Josef Langer eine Konstruktion entwickelt und patentiert, die aus einer Mischung eines unten liegenden Balkens als Versteifung (der Fahrbahn) und einem schlanken, überspannenden Bogen bestand, der mit senkrecht angebrachten Stäben eben diesen Balken trug. Da dieser mit dem Bogen – meist wurden zwei parallele Bögen errichtet – verankert war, wirkte er auch als Zugband (Patent 1859). Es war eine wirtschaftliche und materialsparende Konstruktion (auch als Langerscher Balken bezeichnet), die vor allem große Stützweiten erlaubt. Ein schönes Beispiel für diesen Brückentyp ist die Eisenbahnbrücke über die Eider bei Friedrichstadt von 1916, die erste ihrer Art und Größe in Deutschland.

In den 1930er Jahren wurde der Stabbogenbrückentyp weiterentwickelt. Der schwedische Ingenieur Octavius F. Nielsen ordnete auf der Suche nach größeren Spannweiten die bisher senkrechten Hängestangen nun schräg an und ließ sie sich einfach überkreuzen.³⁴ Dadurch konnten die Biegemomente und Querkräfte im Bogentragwerk und im Fahrbahn balken deutlich herabgesetzt werden. Dieser Brückentyp mit einfach überkreuzten Hängern, der hauptsächlich in Schweden realisiert wurde, wird auch als „Nielsen-Brücke“ bezeichnet. Ende der 1950er Jahre wurde auch dieser Typ durch den norwegischen Ingenieur Per Tveit weiterentwickelt.³⁵ Er verdichtete die einfach gekreuzten Hängern, indem er sie nun sich mehrfach kreuzen ließ. Dadurch entstand ein Netzwerk, das eine flächige und kontinuierliche Verspannung zwischen dem Bogentragwerk und dem Versteifungsträger, also der Fahrbahn, ermöglichte. Dadurch konnten auch unregelmäßige Lasten – etwa durch Schwerlastverkehr – gleichmäßig über das Bogentragwerk auf die Auflager und damit auf die



31 Das Netzwerk der Fehmarnsundbrücke.

Hauptpfeiler der Brücke übertragen werden. Tveit verwirklichte in Norwegen 1963 zwei Brücken dieser Art, die Bolstadstraumen-Straßenbrücke in Hordaland in der Gemeinde Vaksdal mit 84 m Bogenspannweite und die Steinkjer-Brücke über die Steinkjerelva in Nord-Trøndelag mit 80 m Bogenspannweite (für den Verkehr freigegeben 1964), also zwei eher kleinere Prototypen. Mit der Fehmarnsundbrücke wurde mit 248 m Spannweite weltweit erstmals eine Netzwerkbogenbrücke größeren Ausmaßes errichtet (Abb. 32).³⁶ Norwegen erhielt dann November 2010 seine dritte Brücke dieser Art über den Brandangersund mit 220 m Spannweite. In Deutschland wurden erst wieder seit 2006 Netzwerkbogenbrücken gebaut, etwa die Oder-Eisenbahnbrücke in Frankfurt/Oder 2008.³⁷ Nielsen-Brücken entstanden schon etwas eher, etwa in Bayern die Mainbrücke in Niedernberg-Sulzbach 2001 oder die Nordbrücke über den Main in Marktheidenfeld 2002.

Zur Architektur der Brücke

Die Frage nach der Urheberschaft der kühnen Brückenkonstruktion lässt sich nicht so einfach beantworten. Als Ergebnis des Wettbewerbs zeigten die zwanzig eingereichten Entwürfe das gesamte Spektrum damaliger Brückenbauingenieurskunst. Die Auftraggeber³⁸ hatten sich vorbehalten, nicht einen Preis vergeben zu müssen, sondern aus einem Konglomerat von Angeboten mit ihren technisch und wirtschaftlich günstigsten Teillösungen den besten Gesamtwurf bilden zu können. Auf diese Weise kamen vier Entwürfe zur Weiterbearbeitung, die wiederum zu fünf Vorschlä-

gen führten. Der dann zu realisierende Vorschlag, nicht der preiswerteste, war unter anderem „wegen seiner besonders guten Gestaltung“ ausgewählt worden.³⁹ Als Urheber und Konstrukteur des Bogentragwerks als zentralem Element wird die Gutehoffnungshütte AG in Oberhausen-Sterkrade genannt, für die Dipl.-Ing. Gerd Lohmer als beratender Architekt tätig war, die einzig namentlich genannte und damit fassbare Person aus dem Bereich des architektonischen Entwurfs. Weitere beteiligte Ingenieure der Gutehoffnungshütte waren der Chefsingenieur Helmut Wild und die Ingenieure Philipp Stein, Hans Krüßmann, Th. Jahnke, Stoltenburg und G. Fischer, die damit für die konkrete Planung und Umsetzung verantwortlich zeichneten. Vor allem Prof. Dipl.-Ing. Helmut Wild wäre hier zu nennen, nach dessen Konkretisierung des Entwurfs letztlich

32 Fehmarnsundbrücke.



die Berechnung, Fertigung und Montage stattfand. Die statische Prüfung hatte das Ingenieurbüro Grassl GmbH aus Hamburg übernommen, die Bauausführung lag in den Händen einer Arbeitsgemeinschaft unter der Leitung der Gutehoffnungshütte Baugesellschaft mbH.⁴⁰

Der Kölner Architekt Gerd Lohmer (1909–1981) hatte sich als Brückenbauer einen Namen gemacht.⁴¹ War er zunächst als Bildhauer tätig, studierte er bis 1936 Architektur an den Technischen Hochschulen in Aachen, München und Stuttgart, dort unter anderem bei Paul Bonatz, in dessen Büro er nach seinem Studium bis 1942 arbeitete. Bonatz – seit 1935 künstlerischer Berater von Fritz Todt für die Brücken der Reichsautobahn – hatte die Brücke über den Rhein bei Köln-Rodenkirchen entworfen (Lohmer war im Büro für die Detaillierung zuständig), die dann 1938 bis 1941 nach Planung durch Fritz Leonhardt ausgeführt wurde (1945 zerstört) – die damals größte Hängebrücke Europas; Prof. Dr.-Ing. Leonhardt war von 1934 bis 1938 Brückenbauingenieur bei der Deutschen Reichsautobahn unter Fritz Todt.⁴²

Zusammen mit Leonhardt (1909–1999) als Konstrukteur sollte Lohmer als Architekt dann nach dem Zweiten Weltkrieg noch zahlreiche Brückenbauten realisieren. Ein Tätigkeitsschwerpunkt blieb – oft in Zusammenarbeit mit Leonhardt als dessen architektonisch-künstlerischer Berater – aber Köln. Hier entstanden die Deutzer Brücke (1947/48) als weltweit erste Stahlkastenträgerbrücke, die Severinsbrücke nach seinem Entwurf und nach Plänen der Gutehoffnungshütte⁴³ (1956–1961) und die neue Zoobrücke nach seinem Entwurf (1962–1966).⁴⁴ Weitere bekannte Brückenbauwerke, an denen er in der Regel als gestaltender Architekt mitwirkte, sind beispielsweise die Nibelungenbrücke in Worms (1953), die Autobahn-Blombachtalbrücke bei Wuppertal (1957–1959) die Bendorfer Brücke bei Koblenz (1960–1965), die Konrad-Adenauer-Brücke in Bonn (1967–1972) oder die Düsseldorfer Rheinbrücke bei Flehe (1976–1979). Er wirkte auch bei dem Entwurf Leonhardts für die Tejo-Brücke in Lissabon mit, wo eine Monokabel-Hängebrücke vorgeschlagen wurde (anders ausgeführt). 1963 verlieh ihm die Technische Hochschule Aachen die Ehrendoktorwürde – wohl nicht zuletzt wegen seiner Verdienste um die neue Fehmarnsundbrücke.

Zum Schluss

Bereits während des Wettbewerbs, der Bauzeit und der Bauausführung ist dieser innovative Brückenbau über den Fehmarnsund mindestens europaweit beachtet worden, erst recht nach der Fertigstellung und Einweihung. Zahl-

reiche Beiträge, vor allem in Fachzeitschriften, analysieren Methode und Ausführung und würdigen den Bau. Neben sehr fachspezifischer Beschäftigung stehen dabei vor allem zwei technische Dinge im Vordergrund: die wohl weltweit erste Montage von Tragwerken einer Brücke mit Hilfe des Einsatzes verschiedener Hubinseln, die zu größter Flexibilität sowie Kosten- und Zeitersparnis geführt hat. Dann die Konstruktion der Brücke als Netzwerkbogenbrücke, was eine filigrane Konstruktion in weiter Spannweite ermöglichte und damit zu einer Material- und Kostenersparnis führte. Mit der Sundbrücke ist erstmals eine Netzwerkbogenbrücke mit dieser extremen Spannweite (von 248 m) errichtet worden und dies galt (und gilt noch immer) als technische Sensation. Beides rechtfertigt bereits, sie als herausragendes technisches Denkmal einzustufen und sich für ihre dauerhafte Erhaltung einzusetzen. Es ist schon bemerkenswert, dass – wenn man berühmte und bekannte Bauwerke mit Schleswig-Holstein in Verbindungen bringt, es technische Kulturdenkmale sind, die einem mit zuerst einfallen: die Rendsburger Hochbrücke mit ihrer Schwebefähre, der Leuchtturm Westerheversand, das Holstentor in Lübeck als wehrtechnisches Denkmal und eben die Fehmarnsundbrücke.

Mit der Sundbrücke ist auch aus historischer Sicht ein wichtiges Teilstück des jahrhundertalten Handels- und Reiseweges von Hamburg/Lübeck nach Kopenhagen als feste, nahezu wetterunabhängige Querung – sieht man einmal von starken Winden ab – geschlossen worden. Fehmarn war nun auf dem Landweg erreichbar, der Ausbau der Bundesstraße über die Insel und der Bau des neuen Puttgardener Fährhafens brachte Skandinavien ein Stück näher. Inzwischen ist die Brücke zu einem unverzichtbaren Wahrzeichen Schleswig-Holsteins geworden und prägt seit nunmehr 50 Jahren die Küsten- und Kulturlandschaft Ostholsteins und Fehmarns.⁴⁵

Anmerkungen

¹ Zitiert nach M. S.: Der Brückenarchitekt [Nachruf für Gerd Lohmer]. In: Die Zeit vom 18.9.1981 Nr. 39.

² Allg. Literatur zur Vogelfluglinie: Bereits 1999 war in dieser Reihe hierüber berichtet worden: Peter Schafft: Die Brücke über den Fehmarnsund. In: DenkMal! Zeitschrift für Denkmalpflege 6 (1999), S. 88–91. – Die wichtigsten Beiträge: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Neumünster 1963; Die Vogelfluglinie – Flugfluglinien, hrsg. von der Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn und der Generaldirektion der Dänischen Staatsbahnen, Darmstadt 1963; Deutsche Bundesbahn (Hrsg.): Brücke zum Nor-

den. Das Buch von der Vogelfluglinie, Frankfurt 1963; Martin Koch: Die Vogelfluglinie – eine europäische Fährverbindung – Geschichte-Verkehrsentwicklung-Verkehrserwartung = Schriftenreihe der Industrie- und Handelskammer zu Lübeck, Nr. 11), Lübeck 1967 (zur Baugeschichte S. 32–37); Günter Meier: Die Vogelfluglinie und ihre Schiffe, Herford 1988; Friedhelm Ernst: Die Vogelfluglinie, Freiburg 1999; Karl-Wilhelm Klahn: Fehmarn, eine Bauerninsel als Trittstein zur Welt: Fährverkehr – Eisenbahn – Brückenschlag, Neumünster 1999; Carsten Wadsack: Die Geschichte der Vogelfluglinie, Bünde 2000; Carsten Wadsack: Die Geschichte der Vogelfluglinie: Puttgarden – Rødby, Ilsede 2013; Gerda Maschmann: Die Fehmarnsund-Brücke. Das Herz der Vogelfluglinie. 1. Aufl., Fehmarn 2013; Lars-Kristian Brandt: 50 Jahre Vogelfluglinie: Fährlinie Puttgarden – Rødbyhavn, Rotenburg 2013; Jörn Bahrs u. a.: 50 Jahre Vogelfluglinie: das Buch zur Ausstellung und mehr, Heiligenhafen 2013.

³ Die besten Überblicke über den Bau der Sundbrücke geben: Die Vogelfluglinie – Fuglefluglinien, hrsg. von der Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn und der Generaldirektion der Dänischen Staatsbahnen, Darmstadt 1963, S. 68–75; Friedrich Laemmerhold/Wilhelm Klingenberg: Die Eisenbahn- und Straßenbrücke über den Fehmarnsund. In: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 77–95. In diesem Beitrag sind alle technischen Einzelheiten und Berechnungen ausführlich beschrieben, auf die hier wegen der Kürze verzichtet werden muss. – Weitere Literatur: Th. Jahnke: Die Fehmarnsundbrücke (Teil 1). In: Eisenbahntechnische Rundschau 11 (1962), S. 238, und Teil 2. In: Eisenbahntechnische Rundschau 13 (1964), S. 65.

⁴ Zu den Eisenbahneinrichtungen: Walther Helberg: Planung und Bau der Eisenbahnanlagen im Zuge der Vogelfluglinie. In: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 53–68; zu den Straßen: Erich Kloss: Planung und Bau der Straße. In: ebda., S. 69–76; zu den Fährverbindungen: Gerd Möller: Fährlinien und Seeverkehr in der Ostsee. In: ebda., S. 95–100; zum Wasserbau: Johann M. Lorenzen: Wasserbau- und seezotechnischen Arbeiten der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Kiel an der Vogelfluglinie. In: ebda., S. 101–110.

⁵ Ohne Verfasser: Bau der Vogelfluglinie 1960/1963, o. O., o.J., Landesbibliothek Schleswig-Holstein, Sign. 96 B 160, erworben aus dem Kunsthandel. Das 183seitige Werk umfasst 6 Kapitel mit 242 schwarz-weiß-Fotos mit ausführlichen Erläuterungen, 5 Modellaufnahmen, 2 Karten, 1 Faltpfad, 2 Broschüren und 11 Seiten Text. – Alle Schwarz-Weiß-Fotos dieses Beitrages sind dieser Schrift entnommen.

⁶ Die Angaben sind den abgebildeten Plänen im Katalog 50 Jahre Vogelfluglinie (wie Anm. 2)), S. 16f. entnommen. – Vgl. auch die „Denkschrift für die Herstellung einer Eisenbahnverbindung Hamburg-Lübeck-Fehmarn-Laaland-Kopenhagen“ vom 9. Okt. 1912, in dem die Bahn „den Fehmarnsund auf einem zugleich als Chaussee Verbindung dienendem angeschütteten Damm“ fahren sollte, hier S. 6 (Archiv der Stadt Fehmarn).

⁷ Archivunterlagen befinden sich dazu im Landesarchiv Schwerin, da die Reichsbahndirektion

Schwerin für den Bau zuständig war (Aktenbestand Reichsbahndirektion Schwerin/Altakten Nr. 1842ff. u.a.), frdl. Hinweis von Sven Gorgos, Heiligenhafen.

⁸ Daneben entstanden zwei Wasserdurchlässe und auch auf Lolland begannen Bauarbeiten zur Autobahn. Ab dem Fährhafen Rødbyhavn bis Majbølle am Guldborgsund war im September 1941 mit Erdarbeiten für die Reichsautobahn „Strecke 90“ begonnen worden.

⁹ Eine 1938 von den Nationalsozialisten gegründete, nach militärischem Vorbild organisierte Bau-truppe, die nach ihrem Leiter Fritz Todt (1891–1942) benannt war. Nach Kriegsbeginn wurde sie vor allem für Baumaßnahmen in besetzten Gebieten eingesetzt.

¹⁰ Die ungewöhnliche Breite der heutigen Brücke dokumentiert noch die Planung für einen vierstreifigen Ausbau der Autobahn.

¹¹ Abgedruckt bei: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 26f.

¹² Zum Wettbewerb vgl. Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 77–79; Friedrich Laemmerhold: Bauwettbewerb Fehmarnsund-Brücke. In: Eisenbahntechnische Rundschau 8 (1959), S. 239–241; ders.: Ergebnis des Bauwettbewerbs „Fehmarnsund-Brücke“. In: Eisenbahntechnische Rundschau 9 (1960), S. 191–202.

¹³ Ein Scraper, ein Schürfzug, ist ein Gerät zum schichtweisen Abtragen, Transportieren und Wiederaufschütten von Erdreich, entwickelt in den 1930er Jahren von Robert Gilmour LeTourneau. Hermann Bauer: Baubetrieb, 3. völlig neu bearb. Aufl., Berlin 2007, S. 126ff.

¹⁴ Lämmerhold/Klingenberg (wie Anm. 3), S. 79.

¹⁵ Zu Hohlkastenquerschnitten: Ralph Holst/Karlheinz Holst: Brücken aus Stahlbeton und Spannbeton – Entwurf, Konstruktion und Berechnung, 6. Aufl. Berlin 2014, S. 126–129.

¹⁶ Schematische Darstellung der Arbeitsvorgänge an den Pfeilergründungen siehe: Die Vogelfluglinie – Fuglefluglinien (wie Anm. 2), S. 60.

¹⁷ H. Gass: Die Pfeiler der Brücke über den Fehmarnsund. In: Beton- und Stahlbetonbau 57 (1962), S. 153–160.

¹⁸ Daneben gab es für die Widerlager eine entsprechende eigene Arbeitsgruppe, ausführlich zu allen Gewerken: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 119–123.

¹⁹ Typoskript (wie Anm. 5), S. 79.

²⁰ 1949 wurde die erste Bohrinself im Meer vor der mexikanischen Küste errichtet. Es war allerdings noch eine starre, nicht wiederverwendbare Konstruktion. Als erste von Colonel Leon B. DeLong (DeLong Corporation) entwickelte, sich selbsthebende und damit mobile Bohreinheit („jackup rig“ oder „wandernde Pfahlbauten“) gilt die Offshore Rig 51, in Dienst gestellt 1954. Vgl. H. St.: Wandernde Insel ...“. In: Die Zeit vom 12.9.1957, Nr. 37.

²¹ Schematische Darstellung der Arbeitsvorgänge an den Pfeilern siehe: Die Vogelfluglinie – Fuglefluglinien (wie Anm. 2), S. 62.

²² Als die Arbeiten am Pfeiler 1 im Juli 1960 begannen (März 1961 fertiggestellt), standen die Hubinseln noch nicht zur Verfügung, sodass hier herkömmlich mit einem eingerammten Arbeitsgerüst

ten mit entsprechenden Plattformen gearbeitet werden musste; Typoskript (wie Anm. 5), S. 65.

²³ H. Gass: Hubinseln als Großgerät beim Bau der Brücke über den Fehmarnsund. In: Internationales Archiv für Verkehrswesen 14 (1962), S. 63–65; o.V.: Moderne Bautechnik am Fehmarnsund. In: Baupraxis – Fachzeitschrift für Organisation, Maschinen, Geräte und Arbeitsgeräte 1 (1961), Heft 11, S. 904f.

²⁴ Vgl. E. Kesper: Die Brücke über den Fehmarnsund: Stahlüberbau der Seitenöffnungen – Hohe Steifigkeit bei geringstem Baustoffaufwand. In: VDI-Nachrichten 15 (1961), Nr. 7, S. 2.

²⁵ Nach der Ballastierung war das Südwestbein der Hubinsel 5 bei der Montage des zweiten Überbaus bzw. Tragwerks um Besorgnis erregende 11,25 m eingesunken. Vgl. dazu: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 89–92. Die Setzmessungen führte die Fa. Strabag aus.

²⁶ Das erste Element wurde vom 7.–13. Juni 1961 montiert.

²⁷ Die Firma Jocho war bereits am Bau der Rendsburger Hochbrücke 1911–1913 beteiligt.

²⁸ Helmut Wild/Philipp Stein: Das Bogentragwerk der Fehmarnsundbrücke. In: Stahlbau 34, Nr. 6 (1965), S. 171–186; zur Statik: G. Fischer: Die Brücke über den Fehmarnsund – Stahlüberbau der Hauptschiffahrtsöffnung – Eine außergewöhnliche Konstruktion. In: VDI-Nachrichten 15 (1961), Nr. 6.

²⁹ Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 92.

³⁰ Typoskript (wie Anm. 5), S. 135.

³¹ „Okta-Haftmasse ist eine heißflüssig aufbereitete, bitumenhaltige Haftmasse mit Zusätzen hochpolymerer Stoffe. Sie wird im Flammspritzverfahren auf die vorher entrostete Stahlfläche aufgetragen, schützt die Stahlfahrbahnplatte vor Korrosion und sorgt für einen sicheren Verbund zwischen der Stahlplatte und den Asphaltsschichten.“ Vgl. Teerbau GmbH, Essen (Hrsg.): Das Teerbau-Abdichtungssystem für Stahlbrücken mit Okata-Haftmasse und Oktaphalt gemäß TL-BEL-ST, Ausg. 1992 (= Teerbau Veröffentlichungen Heft 41), Essen 1995, S. 36–42, zitiert nach <http://www.baufachinformation.de/literatur/1997119000512>.

³² Zur genauen Zusammensetzung der Fahrbahndecken siehe: Erich Kloss: Bau der Vogelfluglinie im Zuge der Europastraße 4 zwischen Oldenburg i.H. und Puttgarden. In: Bitumen, hrsg. von der Arbeitsgemeinschaft der Bitumen-Industrie, 7/8 (1963), S. 178–183; vgl. auch: Erich Kloss/Henning Natschka: Der Bau der „Vogelfluglinie“. In: Straße und Autobahn 13 (1963), S. 33–40.

³³ Vgl. Stephan Teich: Die Netzwerkbogenbrücke, ein überaus effizientes Brückentragwerk – Tragwirkung und Konstruktion. In: <http://home.uia.no/pert/data/Netzwerkbogen%20allgemein.pdf>. Vgl. auch ders.: Beitrag zur Optimierung von Netzwerkbogenbrücken, Diss. TU Dresden 2012.

³⁴ Octavius F. Nielsen: Bogenträger mit schräg gestellten Hängestangen. In: Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, Abhandlungen 1, 1932, S. 355–364.

³⁵ Per Tveit: Design of Network Arches. In: The Structural Engineer 44/7 (1966), S. 247–259. Ders.:

An Introduction to the Network Arch. Lectures at NTNU Trondheim on August 15th 2006. In: http://home.uia.no/pert/data/An_Introduction_to_the%20Network_Arch.pdf. Homepage von P. Tveit mit weiterer Literatur: <http://home.uia.no/pert/index.php/Home>.

³⁶ Der Fehmarnschen Brücke sehr ähnliche sind die Zweite Mei-Shywe-Brücke über den Keelung in Taipeh (Taiwan) 1996 oder die Brücke über die Dziwna in Wolin (Polen) 2002/03.

³⁷ Dazu beispielsweise: Karsten Geißler/Uwe Steimann/Wolfgang Graße: Netzwerkbogenbrücken – Entwurf, Bemessung, Ausführung. In: Stahlbau 77 (2008), Heft 3, S. 158–171; Peter Gauthier/Ludolf Krontal: Erfahrungen mit Netzwerkbogenbrücken im Eisenbahnbrückenbau. In: Stahlbau 79 (2010), Heft 3, S. 199–208.

³⁸ Bauherren waren die Bundesrepublik Deutschland und die Deutsche Bundesbahn, Auftraggeber die Bundesbahndirektion Hamburg (Eisenbahnanlagen) und das Landesamt für Straßenbau Schleswig-Holstein (B 207).

³⁹ Zum Wettbewerb vgl.: Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr (wie Anm. 2), S. 78. Vgl. auch Anm. 11.

⁴⁰ Alle beteiligten Firmen siehe ebda., S. 119–123. Dazu auch: <http://structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0001776>.

⁴¹ Gerd Lohmer: Le rôle de l'Architecte dans la construction des ponts. In: L'Architecture d'aujourd'hui 110 (1963), S. 60f.; ders.: Brückenbaukunst. In: Stahlbau, November 1964, S. 2–12. Zu Lohmer siehe u.a. Fritz Leonhardt: Lohmer, Gerd. In: Neue Deutsche Biographie (NDB). Bd. 15, Berlin 1987, S. 131f.; <http://deu.archinform.net/arch/1548.htm>; http://de.wikipedia.org/wiki/Gerd_Lohmer.

⁴² Zu Leonhardt: http://www.bernd-nebel.de/bruecken/index.html?bruecken/2_pioniere; Fritz Leonhardt: Brücken. Ästhetik und Gestaltung/Bridges. Aesthetics and Design, 3. Aufl., Stuttgart 1990.

⁴³ Lohmer war auch architektonischer Berater für Wettbewerbe der Firmen Dyckerhoff & Widmann – meist in Zusammenarbeit mit Ulrich Finsterwalder (so bei der Mangfallbrücke in Südbayern; Brücke bei Unkel, Rheinbrücke in Bendorf) oder Krupp.

⁴⁴ Für den Wettbewerb der Zoobrücke waren 16 Entwürfe eingereicht worden, bei denen Lohmer an 9 mitgewirkt hatte. Die ersten drei preisgekrönten Entwürfe stammten alle von Lohmer. Vergl.: http://www.k-poll.de/12_bruecken/05_gerdlohmer.htm.

⁴⁵ Zum 50jährigen Jubiläum gab es zahlreiche Veranstaltungen, die Deutsche Post gab eine 75 c-Briefmarke heraus (Entwurf Heribert Birnbach, Bonn, nach einem Foto von Torsten Wolf, Erstverkaufstag 4.4.2013).

Abbildungsnachweis: Friedhelm Schneider (LD): 1–3, 31, 32; Heiko K. L. Schulze (LD): 29, 30; Die Vogelfluglinie, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Neumünster 1963: 4, 5; Ohne Verfasser: Bau der Vogelfluglinie 1960/1963, o.O., o.J., Landesbibliothek Schleswig-Holstein: 6–28.