

Wasserstraßenkreuz Magdeburg

Allgemeines

Nach der Wiederherstellung der deutschen Einheit wurden bereits im Frühjahr 1991 von der Bundesregierung 17 Verkehrsprojekte Deutsche Einheit mit Schlüsselfunktionen für das Zusammenwachsen der alten und neuen Bundesländer beschlossen. Kernstück des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr. 17 „Ausbau der Wasserstraßenverbindung Hannover – Berlin“ ist die Überführung des Mittelland-Kanals über die Elbe bei Magdeburg, die Kanalbrücke Magdeburg. Zur Verkehrsfreigabe 2003 soll ein störungsfreier Verlauf der Binnenschifffahrt vom Rhein bis nach Berlin möglich sein.

Ausgangssituation

Mit den Planungen und dem Bau des Wasserstraßenkreuzes Magdeburgs wurde bereits in den dreißiger Jahren begonnen. Durch den Krieg und seine Folgen bedingt, wurden die Baumaßnahmen eingestellt. Der Schiffsverkehr muss daher aus dem Westen kommend, folgenden Umweg fahren, um Richtung Berlin weiterfahren zu können: In Rothensee durch das Schiffshebewerk in den Abstiegskanal Richtung Magdeburger Hafen. Dort einbiegen auf die Elbe stromabwärts bis Niegripp. Einbiegen und Hochschleusen in der Schleuse Niegripp in den Elbe-Havel-Kanal. Dieser Weg ist zum einen ein großer Umweg und zum anderen ist die Nutzung der Elbe stark von den Wasserstandsschwankungen abhängig. Durch den Bau der Kanalbrücke ist die Fahrt nur noch durch die Schleusung in der Doppelschleuse Hohenwarthe unterbrochen, von dem Wasserstand in der Elbe unabhängig.

Die Trogbreite ist nur für einschiffigen Verkehr ausgelegt. Betrachtet man die Kanalbrücke als Einheit mit der Doppelschleuse Hohenwarthe unter Berücksichtigung der Parameter Schleusentakt und prognostiziertem Schiffsverkehr, so bildet der einschiffige Verkehr auf der Kanalbrücke keinen Engpass.

Konstruktion Strombrücke

Die Strombrücke des Wasserstraßenkreuzes über die Elbe ist ca. 221 m lang und verläuft von West nach Ost. Sie ist als Dreifeldträger mit den Stützweiten 57,10 m – 106,00 m – 57,10 m ausgebildet.

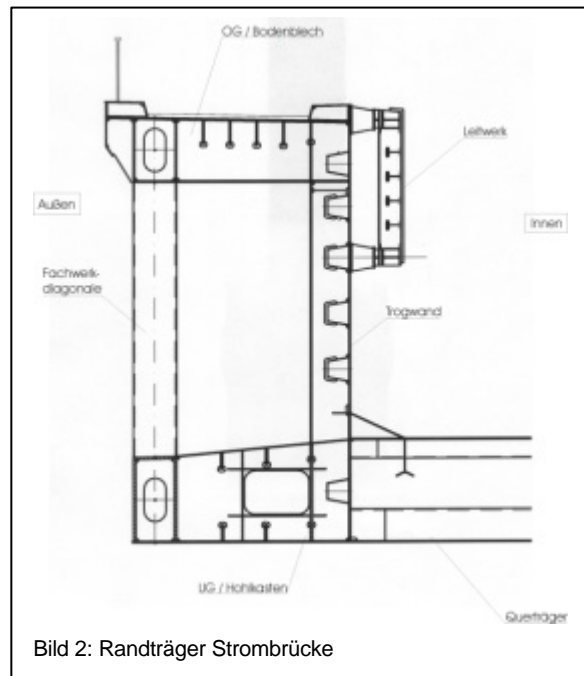


Bild 2: Randträger Strombrücke

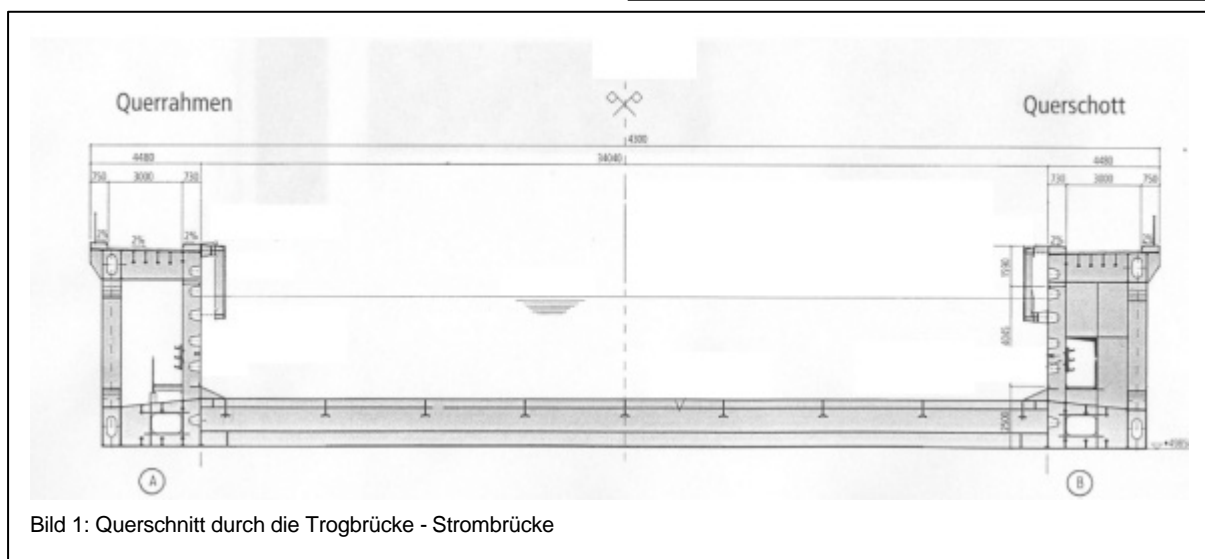


Bild 1: Querschnitt durch die Trogbrücke - Strombrücke

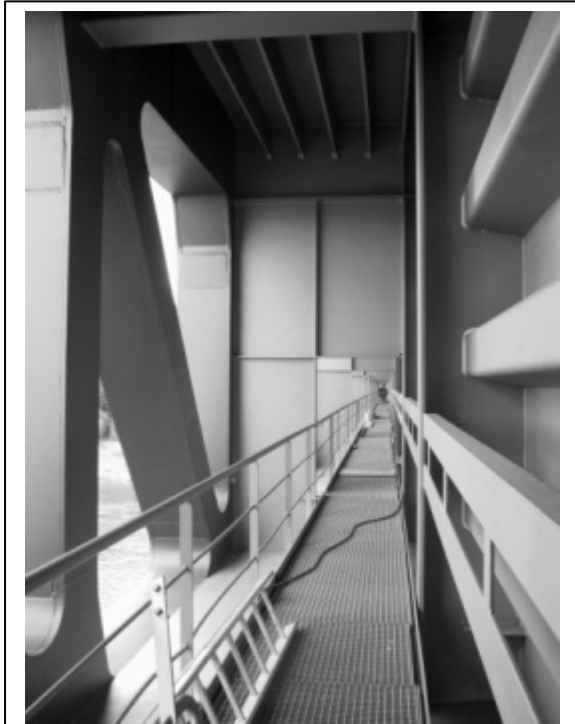


Bild 3: Blick in den Querschnitt Randträger Strombrücke

Der tragende Querschnitt der Strombrücke besteht aus zwei torsionssteifen Randträgern und den Querträgern des Trogbodens (Bild 1). Die Randträger sind als Kastenträger ausgebildet, deren äußere Seite als Fachwerkwand aufgelöst wird. Der Fachwerkstäbe sind komplett als Rechteckhohlprofile ausgebildet, Pfosten, Diagonalen, Ober- und Untergurt. Die innere Wand des Randträgers bildet gleichzeitig die Trogwand. Der horizontale Wasserdruck wird über Blechbiegung und Trapezhohlsteifen in die Querrahmen geleitet.

Die Obergurte der Randträger dienen gleichzeitig als Fahrbahn für den Betriebsweg (Bild 2). In den Fachwerkknotenachsen sind die Randträger durch Querrahmen, über den Auflagern durch Querschotte ausgesteift.

Die Untergurte der Randträger sind als torsionssteife Hohlkästen, näherungsweise als Rechteckquerschnitt ausgebildet.

Die beiden Elemente eines Randträgers (Vollwand- und Fachwerkträger) weisen durch die verschiedenen Steifigkei-

ten ein deutlich unterschiedliches Verformungsverhalten auf. Durch Querrahmen und Querscheiben sowie Fahrbahn-, Schräg- und Bodenblech ist der Randträger zu einem Hauptträgerkasten gekoppelt.

Der Trogboden ist als Trägerrost konzipiert. In Querrichtung besteht der Boden aus den Trogbodenquerträgern, die in Abhängigkeit von der Torsionssteifigkeit des Hauptträgerkastens und der Steifigkeit der Querrahmen und -schotten unterschiedlich ausgeprägte Endeinspannungen aufweisen.

Konstruktion Vorlandbrücke

Die Vorlandbrücke ist ein hochgradig statisch unbestimmter Durchlaufträger mit 16 Feldern gleicher Stützweite von 42,85 m.

Der Querschnitt besteht aus 7 je 1,90 m hohen Bodenlängsträgern und zwei 6,27m hohen Randträgern, die im oberen Bereich kastenförmig ausgebildet sind. Der Obergurt der Randträger integriert ebenfalls den Betriebsweg, ein ausgeprägter Untergurt fehlt an dem Randträger. Je Feld sind 9 aussteifende Querrahmen angeordnet, die in drei Typen unterschieden werden: Neben-, Haupt- und Auflagerquerrahmen. Über den Auflagern sind die Auflagerquerrahmen angeordnet. In den Drittelpunkten der Felder liegen die Hauptquerrahmen, zwischen diesen sind je zwei Nebenquerrahmen angeordnet. Die Nebenquerrahmen verteilen die Lasten der längslaufenden Trapezhohlsteifen des Trogbodens auf die benachbarten Längsträger. Die Hauptquerrahmen wirken lastverteilend, indem die Last der Bodenlängsträger auf die steiferen Randträger verteilt wird.

Lagerung Stahlüberbau

Die Vorlandbrücke wird je Auflagerachse mit je 5 Vertikallager und je 2 Horizontallager gelagert. Die Strombrücke lagert auf 4 Stropfpeilern mit je einem Vertikallager. Auf dem Widerlager Ost und dem Übergangspfeiler Strombrücke / Vorlandbrücke sind je 3 Vertikallager angeordnet. Zur Reduzierung der Durchbiegungen der Strombrückenendquerträger und der damit verbundenen Verformungen der Übergangskonstruktion sind in den Achsen des Widerlagers Ost und

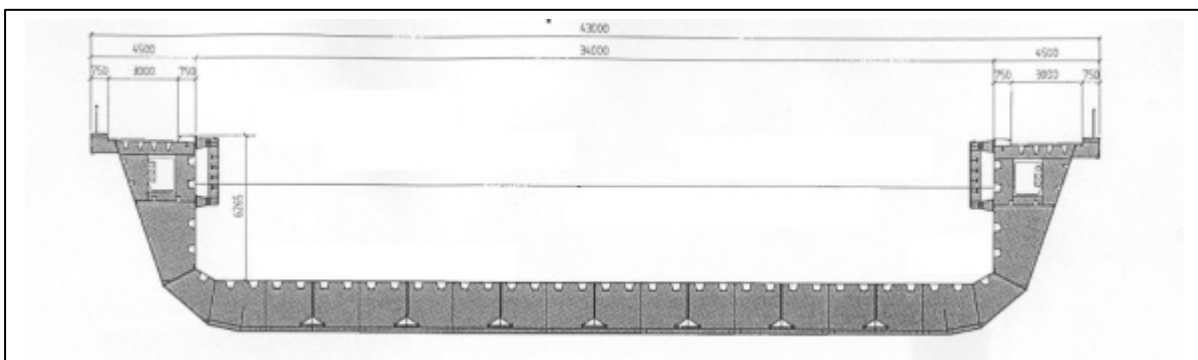


Bild 4: Querschnitt Vorlandbrücke - Hauptrahmen

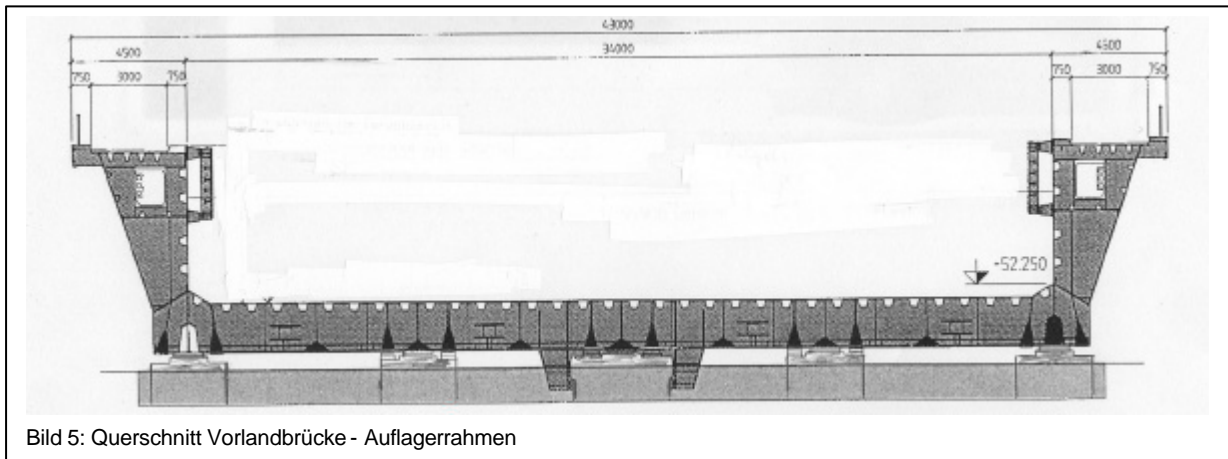


Bild 5: Querschnitt Vorlandbrücke - Auflagerrahmen

des Übergangspfeilers vertikale Elastomerlager vorhanden, alle anderen Vertikallager des gesamten Stahlüberbaus sind Kalottenlager. Zur Vermeidung von Zwangsbeanspruchungen aus Temperatur wurde der Überbau der Strombrücke nur auf den nördlichen Strompfeilern querfest gelagert. Auf dem Widerlager Ost und auf dem Übergangspfeiler wird der Überbau horizontal mit Kriechlagern gesichert. Diese lassen langsame Verformungen infolge Temperaturänderungen zu, plötzliche Verformungen infolge Erdbeben werden verhindert. Alle Vertikallager der Vorlandbrücke werden mit einer definierten Vorspannkraft beaufschlagt. Die Untersuchungen verschiedener Temperaturfelder haben ergeben, dass bei leerem Trog rechnerisch Zugkräfte in den Lagern auftreten können. Die Vorspannung verhindert ein eventuelles Abheben der Lager. Der Zusammenbau der Kalottenlager wird somit gewährleistet, das PTFE wird in der Kammerung der Lager gesichert.

Montage

Die Montage der Vorlandbrücke erfolgt von der Mitte (Feld 8/9) beginnend in beide Richtungen – Richtung Widerlager

West und Richtung Strombrücke – gleichzeitig mit Hilfe eines Raupenkranes. Besondere Sorgfalt war bei diesen Dimensionen auf die Montagerihenfolge und auf die Schweißfolge zu richten, um die Schweißschumpfspannungen beherrschbar zu halten.

Für die Montage der Strombrücke wurde das Taktschiebverfahren angewandt. Hinter dem Widerlager Ost wurden zwei Versubbahnen mit einer Länge von 85 m aus Stahlbeton ($b = 6 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$) hergestellt. Auf diesen Versubbahnen wurden zwei Schienen für den Versubwagen angebracht. Nach dem Zusammenbau der Schüsse 1 und 2 wurde der erste Versub durchgeführt. Die Brücke kragte nach diesem Versub um 10 m über das Widerlager Ost hinaus. Nach dem Anbau der Schüsse 3 und 4 wurde die Brücke um weitere 20 m verschoben. Der weitere Versub erfolgte nach der Montage der Schüsse 5 und 6 über die östlichen Strompfeiler. Der schwierigste Versub über die Elbe erfolgte nach dem Anbau der Schüsse 7, 8 und 9. Hierfür wurde ein Zwillingssponton mit einer Tragfähigkeit von mehr als 3.000 t benötigt (Bild 8).

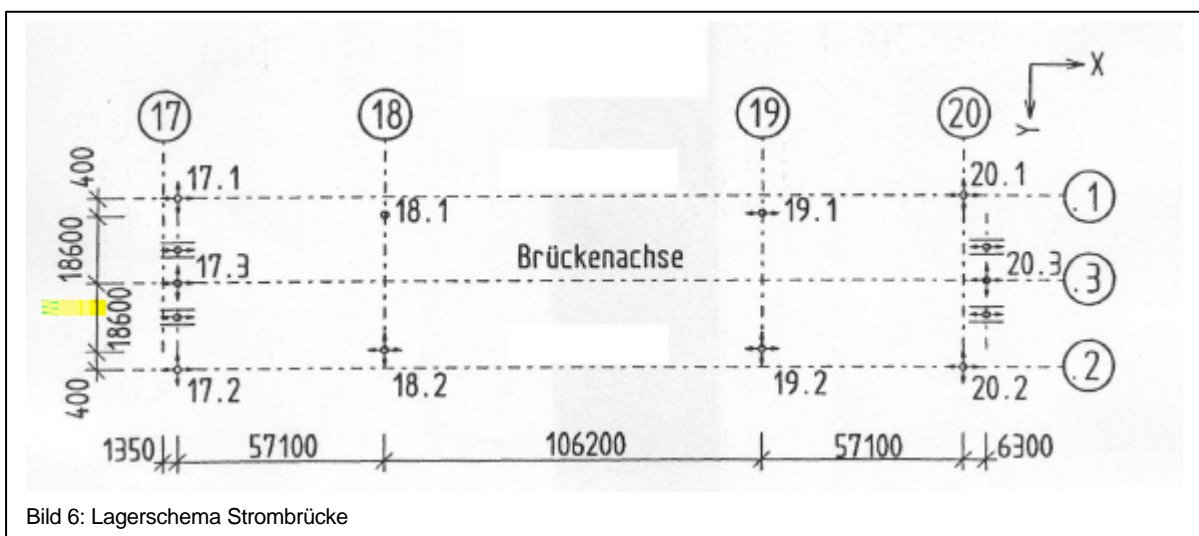


Bild 6: Lagerschema Strombrücke



Bild 7: Montage Vorlandbrücke

Bauwerksmessungen / Bauwerksmonitoring

Seit Sommer 2001 werden kontinuierlich Setzungen der Pfeiler, Temperatur und Dehnungen der Strombrücke gemessen. Seit Oktober 2002, vor der ersten Wasserfüllung der Brücke werden ebenfalls kontinuierlich die Lagerkräfte gemessen. Die Temperatur- und Dehnungsmessungen werden an ausgewählten Querschnitten durchgeführt, die Lagerkräfte (hierzu gehören auch Kipp- und Gleitspalt) der Kalottenlager werden an allen vertikalen Lagern durchgeführt. Nach der endgültigen Wasserfüllung (Planung April 2003 werden die Dehnungsmessungen eingestellt, da keine weiteren Erkenntnisse aus der Fortsetzung der Dehnungsmessungen zu

erwarten sind.

Es werden die tatsächlich auftretenden Spannungen in ausgewählten Bauteilen des Haupttragwerkes bestimmt und mit den im Standsicherheitsnachweis rechnerisch ermittelten Beanspruchungen verglichen. Mit den experimentell ermittelten Dehnungen sowie deren Umrechnung in Spannungen werden die Rechenmodelle und die den Modellen zugrunde liegenden Annahmen verglichen und - falls notwendig - entsprechend angepasst. Hierbei fließen gleichfalls die aus den Temperatur-, Verformungs- und Wasserstandsmessungen sowie die aus den Pfeilersetzungs- und Lagermessungen gewonnenen Daten ein.

Mit den auf diese Weise abgestimmten Rechenmodellen ergibt sich eine größtmögliche Genauigkeit in der Abbildung der Realität im Vergleich zum Modell. Es lassen sich daher den Modellen zugrunde liegenden Annahmen überprüfen oder deren Unzulänglichkeiten detektieren. Der maßgebliche Lastfall "Wasserfüllung" eignet sich aufgrund seiner Charakteristik hervorragend für diese Aufgabe. Diese Ergebnisse werden der Öffentlichkeit vorgestellt, damit die im Brückenbau tätigen Ingenieure von diesen Ergebnissen profitieren und von eventuellen Unzulänglichkeiten der Annahmen Kenntnisse bekommen. Diese Kenntnisse tragen zu einer sichereren und wirtschaftlicheren Bemessung künftiger Brückentragwerke bei.

Auf der Stahloberfläche werden Dehnungsmessstreifen (DMS) und DMS-Rosetten appliziert. Diese Messstreifen erfassen die Dehnungen an der Stahloberfläche. Die Zulei-

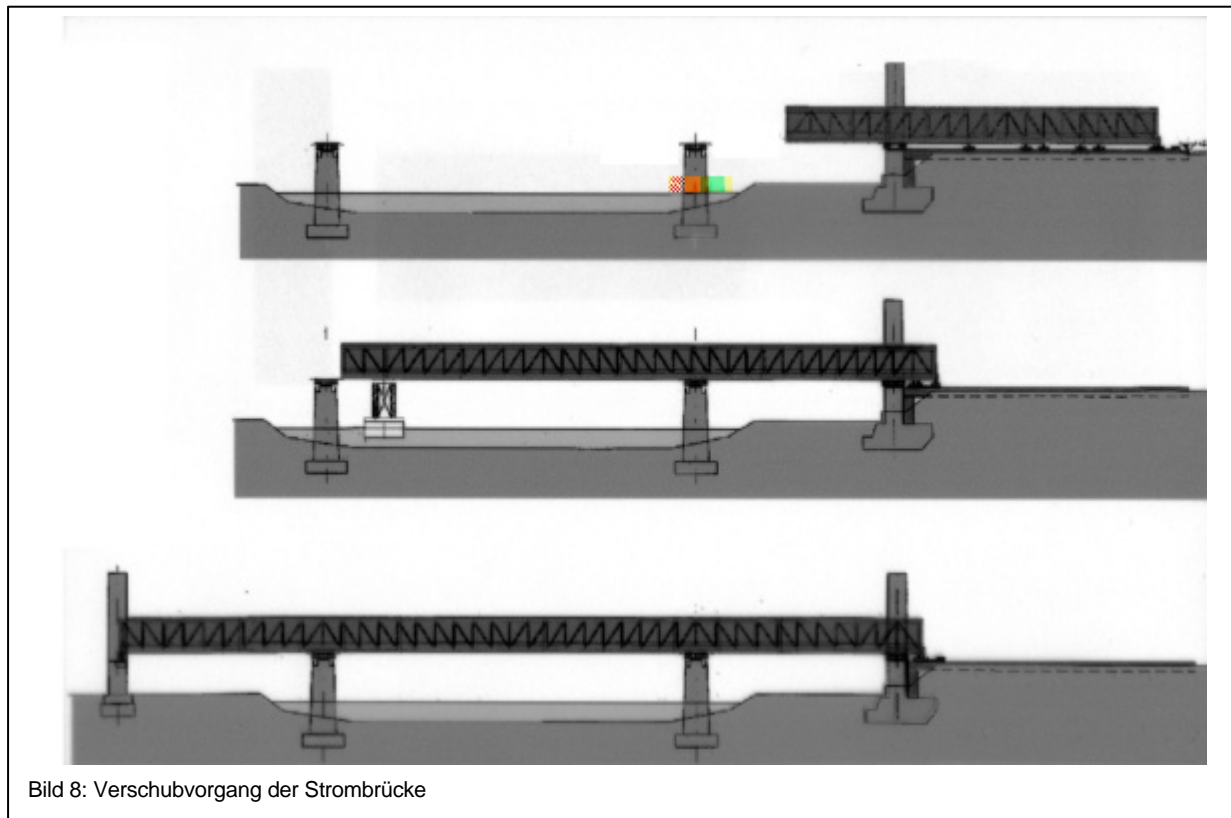


Bild 8: Verschubvorgang der Strombrücke

tungen mehrerer Messstellen werden gebündelt bis zu gut erreichbar angeordneten Anschlusskästen geführt. Diese Anschlusskästen stellen die Schnittstelle zur stationären Messanlage (Datenlogger) dar. Da es sich bei den relevanten Beanspruchungen um quasi-statische Beanspruchungen handelt, wird zur Erfassung der Messwerte eine Vielstellenmessanlage mit Multiplexer angeschlossen. Die Daten werden durch die Vielstellenmessanlage erfasst und aufbereitet, um dann auf einem stationären PC gespeichert zu werden. Die Daten werden mittels DFÜ (Datenfernübertragung) über das Netz der Deutschen Telekom versandt.

Bei den Temperaturmessungen an der Kanalbrücke Magdeburg kann auf die Erfahrungen bei den Kanalbrücken in Minden und an der Leine zurückgegriffen werden. Ziel ist es, das instationäre Temperaturfeld wirklichkeitsnah an ausgewählten Stützstellen messtechnisch zu erfassen. Die Kenntnis der aktuellen Temperaturbeanspruchung ist für die Interpretation der Dehnungsmessungen eine unverzichtbare Voraussetzung. Dabei ist zwischen behinderten und unbehinderten Temperaturdehnungen zu unterscheiden. Weiterhin soll durch wissenschaftliche Auswertungen im Rahmen eines Forschungsvorhabens, die in [7] erstellten Prognosen überprüft werden und die Aussagesicherheit von Computersimulationen für weitere ähnliche Fälle gesteigert werden.

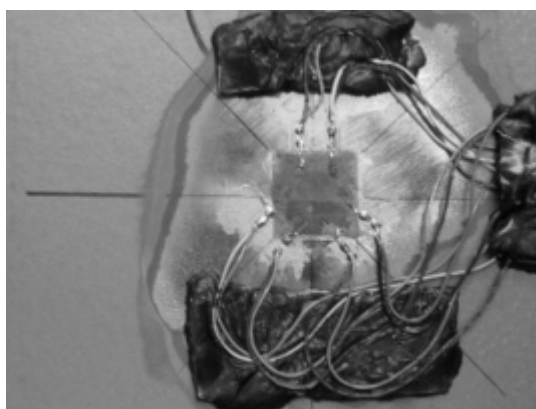


Bild 9: Applizierte DMS - Rosette



Bild 10: Bündelung der Messstellenleiter

Es wird an zwei Querschnitten (Stützen- und Feldquerschnitt) der Strombrücke gemessen, die im Bereich der Dehnungsmessungen liegen, um einen direkten Bezug zu ermöglichen. Im Hauptmessquerschnitt werden in maßgeblichen Stützstellen die Bauteiltemperaturen registriert, mit deren Kenntnis das gesamte ungleichmäßige Temperaturfeld der Brücke nachempfunden werden kann. Im weiteren Messquerschnitt sollen vor allem die Temperaturen an Diagonalen gemessen werden.

Zum Einsatz kommen herkömmliche Pt100 – Fühler mit 4-Leiteranschluß, die in einem Edelstahlröhrchen gekapselt sind. Zur Befestigung am Bauwerk wird der Fühler in ein vorgefertigtes Metallröhrchen geschoben, das über ein Zwischenplättchen am Stahlblech über einen Wärmeleitkleber aufgeklebt wird.

Die anfallenden Daten werden in untereinander verschalteten Datenloggern adaptiv abgespeichert, wo sie per Telefonmodem abgerufen werden. Zur Datenreduktion erfolgt die Erfassung der Messgrößen nicht zeitsynchron, sondern in Abhängigkeit eines für jeden Aufnehmer individuell einstellbaren Veränderungswertes.

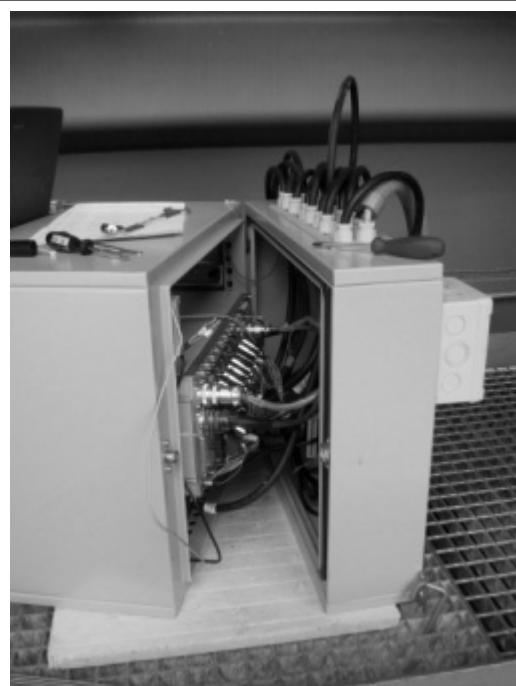


Bild 11: Montage Multiplexer (Autolog / Peekel Instruments)



Bild 12: Multiplexer im Betrieb (Autolog / Peekel Instruments)

Technische Daten

Gesamtlänge:	918,00 m
Länge Vorlandbrücke:	690,00 m
Länge Strombrücke:	228,00 m
Trogbreite:	34,00 m
Wassertiefe:	4,25 m
Max. Stützweite:	106,00 m
Stahlgewicht:	24.000 to
Beton:	68.000 m ³
Bauvolumen:	ca. 210 Mio. DM

Widerlager

Ost / Pfeiler 20	
Beton:	11.000 m ³
Bewehrung:	1.100 to
Schalung:	5.300 m ²
West / Pfeiler 1	
Beton:	12.400 m ³
Bewehrung:	2.250 to
Schalung:	18.300 m ²

Strombrücke

Planung:	HRA Ing. Büro Bochum
Prüfung:	Prof. Hering, Braunschweig
Ausführung:	DSD Dillinger Stahlbau
Trogbodenkonstruktion:	
Stahlgewicht:	3.650 to
Fertigung:	Werk Sarralbe
Hauptkonstruktion:	
Stahlgewicht:	5.850 to
Fertigung:	Werk Homburg Werk Niesky
Walzmaterial:	Dillinger Hütte

Vorlandbrücke

Planung:	Ing. Büro Meyer & Schubart
Prüfung:	Prof. Hering, Braunschweig
Ausführung:	DSD Dillinger Stahlbau
Trogbodenkonstruktion:	
Stahlgewicht:	6.650 to
Fertigung:	Werk Sarralbe Werk Arend
Eckteilkonstruktion:	
Stahlgewicht:	2.650 to
Fertigung:	Werk OSB, Roßlauer Schiffswerft
Randträger:	
Stahlgewicht:	3.100 to
Fertigung:	Werk SAM
Walzmaterial:	Salzgitter AG

Am Bau Beteiligte

Bauherr:	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg Kleiner Werder 5c 39114 Magdeburg
Tragwerksplanung: Vorlandbrücke:	Meyer & Schubart Blumenauer Str. 1 31515 Wunstorf
Strombrücke:	HRA Ingenieurgesellschaft mbH Kohlenstr. 38 44795 Bochum
Prüfingenieur:	Prof. Dr.-Ing. Knut Hering Wendentorwall 12 38100 Braunschweig
Bauwerksmesstechnik / -monitoring: Lager- und Pegelmessungen:	PRODAT Informatik GmbH Johannisthaler Str. 7 01996 Hosena
Temperaturmessungen:	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstr. 17 76187 Karlsruhe
Dehnungsmessungen:	HHW + Partner Wendentorwall 12 38104 Braunschweig
Qualitätssicherung Stahlbau:	BGS Ingenieursozietät Hannover
Ausführung:	DSD Dillinger Stahlbau GmbH Henry-Ford-Straße 30123 Goslar
	Bilfinger + Berger Klausenerstraße 12 39112 Magdeburg

Literatur

- [1] Grassl, M., Menzel, M., Mündecke, M.: Kanalbrücke Magdeburg – Entwurfsplanung, Ausschreibung, Stand der Bauausführung. Stahlbau 68 (1999) Heft 9

- [2] Eichler, D., Emge, A, He, S.: Entwurf und Bau der Kanalbrücke über die Elbe. Stahlbau 70 (2001), Heft 1

- [3] Ehmann, R., Mangerig, I.: Kanalbrücken – Besondere bauwerksspezifische Einwirkungen. Stahlbau 70 (2001), Heft 1

- [4] Hanswille, G., He, S., Kina, J., Steffen, A.: Die Kanalbrücke über die Elbe. Teil 1: Tragwerksplanung und Konstruktion der Strombrücke – Besondere bauwerksspezifische Einwirkungen. Stahlbau 70 (2001), Heft 1

- [5] Meyer, H., He, S.: Die Kanalbrücke über die Elbe. Teil 2: Tragwerksplanung und Konstruktion der Vorlandbrücke. Stahlbau 70 (2001), Heft 7

- [6] Emge, A., He, S., Schwartz, P., Walesch, P.: Die Kanalbrücke über die Elbe. Teil 3: Bausführung. Stahlbau 70 (2001), Heft 7

- [7] Mangerig: Gutachterliche Stellungnahme: Zum Trag- und Verformungsverhalten der Strombrücke am Wasserstraßenkreuz in Magdeburg unter klimatischer Temperaturbeanspruchung.