

Bautechnik

2

Zeitschrift für den
gesamten Ingenieurbau

Glaskon, München,
16. 3. – 17. 3. 2000



77. Jahrgang
Februar 2000
Heft 2
ISSN 0932-8351

Ernst & Sohn
A Wiley Company

Bauwerke/Baubetrieb

Erweiterung der Kräpfortorbrücke in Erfurt

Die Stahlbetonverbundkonstruktion der Platt-
formebene des Fernbahnhofs Flughafen FFM

Geh- und Radwegbrücken unter dynamischer
Einwirkung

Sattellager bei liegenden Behältern

Neue Wettbewerbs- und Vertrags-
formen in der Bauwirtschaft

Gotischer Kirchenbau –
das Straßburger Münster

Instandsetzung und Erweiterung der Krämpfertorbrücke über den Flutgraben in Erfurt

Herrn Dipl.-Ing. Hans Vockrodt † gewidmet

Im Rahmen des Ausbaus des Stadtbahnnetzes der Stadt Erfurt wurde 1998/99 die 1895 als Ziegelsteingewölbe errichtete Krämpfertorbrücke über den Flutgraben instandgesetzt und erweitert.

Das besondere dieser Baumaßnahme bestand in der Komplexität und der damit verbundenen, notwendigen Integration verschiedenartiger Problemklassen aus den Fachbereichen Brücken-neubau, Spezialtiefbau und Instandsetzung historischer Bauwerke.

Repair and extension of the Kraempfer Gate Bridge, crossing the flood moat, in Erfurt.

Within the framework of developing the city railway network of the town of Erfurt in 1998/99, the Kraempfer Gate Bridge, built as a brick vault in 1895, crossing the flood moat was repaired and extended.

The special feature of this construction measure was its complexity and the resulting necessity of integrating various types of problem categories from the areas of constructing bridges, specialized civil engineering and repairing historical building structures.

1 Geschichtliche Einordnung

Die in den Jahren 1998/2000 neu zu errichtende Erfurter Stadtbahnlinie zwischen Anger und Ringelberg überquert den Flutgraben im Zuge der Krämpferstraße.

Die vorhandene Brücke wurde im Jahre 1895 mit einer Breite von 13,6 m erbaut und stellt aus städtebaulicher Sicht ein Verbindungsglied zwischen Krämpfervorstadt und Altstadtgebiet dar (Bild 1).

Der Bau der Brücke ist historisch in Verbindung mit dem Bau des Flutgrabens zu sehen, welcher im Oktober 1998 sein 100jähriges Jubiläum feierte. Im Zuge der damaligen Arbeiten zum Ausbau des Festungswassergrabens zum Flutgraben wurden 12 Brückenbauwerke (9 Straßen- und 3 Fußgängerbrücken) zur besseren Anbindung der gerade neu entstehenden Stadtviertel an die Altstadt

gebaut [1]. Die zum überwiegen- den Teil im Bereich der ehemaligen Erfurter Stadttore angeordneten Brücken überführen noch heute die radial aus dem Stadtzentrum verlaufenden Straßen. Eine davon ist die sogenannte Krämpfertorbrücke, welche neben der Pfortchenbrücke zu den beiden letzten Ziegelsteingewölbebrücken zählt, die den Flutgraben überspannen.

Die bestehende Krämpfertorbrücke wurde im Jahre 1895 in einer Bauzeit von nur sechs Monaten errichtet. Im eigentlichen Gewölbe wurden 142 000 festgebrannte Steine und 26 000 Hartbrandklinker verarbeitet.

Die sich im Zusammenhang mit dem Bau der neuen Stadtbahnlinie einstellenden Verkehrsverhältnisse erforderten eine Aufweitung des Brückenquerschnitts.

Aus der Zielstellung heraus, ein am ehemaligen Krämpfertor

und unter Denkmalschutz stehendes Bauwerk zu erhalten, entschied man sich trotz erhöhter Kosten für die Instandsetzung der vorhandenen Gewölbebrücke einschl. ihrer Erweiterung statt eines Brücken-neubaus.

Damit setzt die Stadt Erfurt die im letzten Jahrzehnt verfolgte Strategie zur Erhaltung und Instandsetzung ihrer historischen Brückenbauwerke als Bestandteil des mittelalterlichen Stadtbildes fort. Einige der bedeutendsten Baumaßnahmen waren hierbei die Tragkonstruktion der Krämerbrücke (1986) [2], die Zufahrtsbrücke zum Kommandantenhaus der Citadelle Petersberg (1992) [3], die Roßbrücke über den Walkstrom am Herrmannsplatz (1994) [3], die Radowitzbrücke im Zuge der Meyfahrtstraße (1996) [4] sowie die Pfortchenbrücke über den Flutgraben (1998) [4].



Bild 1. Abbruch der Stadtbefestigung im Zuge des Baus des Flutgrabens sowie der Krämpfertorbrücke um 1895

Fig. 1. Demolition of the town fortification within the scope of building the flood moat and the Kraempfer Gate Bridge around 1895

Der Standort der Gewölbebrücke am ehemaligen äußeren Krämpfertor (1375–1878), welches Bestandteil des äußeren Festungsrings der Stadt Erfurt war, ist stadsgeschichtlich aufgrund der Tatsache, daß das Krämpfertor zu den wichtigsten Durchgangstoren der Stadt zählte, von Bedeutung (Bild 2). Es wird angenommen, daß sich die Bezeichnung „Krämpfer“ von den Wollkrimpfern oder Hutkrimpfern, die in dieser Gegend ihr Handwerk ausübten, ableitet. Durch das Krämpfertor führte eine der bedeutendsten Handels-, Heeres-, Pilger- und Poststraßen des Mittelalters, die von Paris bis Kiew verlaufende *via regia* (Königsstraße oder Hohe Straße). Wichtig für das Erfurt dieser Zeit war ein aus Waid hergestelltes Blaufärbmittel, welches von hier aus über die *via regia*, die Nürnberger und die Böhmisches Straße europaweit Verbreitung fand. Auch im 19. Jahrhundert war das Stadttor Zeitzeuge wichtiger stadsgeschichtlicher Ereignisse.

Mit dem preußisch-französischen Sondervertrag vom 23. Mai 1802 gingen kurmainzische Besitzungen im sächsisch-thüringischen Raum, darunter auch Erfurt, an Preußen über. Am Morgen des 21. August 1802 zog das 3500 Mann starke preußische Okkupationscorps durch das Krämpfertor in die Stadt ein.

Nach dem Zusammenbruch Preußens wurde Erfurt am 17. Ok-

tober 1806 kampflos von den Franzosen besetzt und war bis 1814 eine kaiserliche Domäne *Napoleons I. Bonaparte*. Ihm zu Ehren wurde 1812 vor der Toraußenseite des Krämpfertores ein barockes Schmucktor aufgestellt. Insgesamt weilte *Napoleon* viermal in Erfurt, wobei der Fürstenkongreß 1808 zu den geschichtlich relevantesten Aufenthalten zu zählen ist.

Legitimiert durch den Wiener Kongreß 1815 nahm Preußen erneut Besitz von der Stadt. Aufgrund ihrer Lage als preußische Exklave inmitten der zersplitterten thüringischen Kleinstaaten wurden die Festungsanlagen der Stadt, zu denen auch das Krämpfertor gehörte, weiter ausgebaut. Dies geschah bis in das Jahr 1873. In diesem Jahr hoben die preußischen Behörden den Festungsstatus der Stadt Erfurt auf.

2 Gestaltung

Der im Zuge des Stadtbahnneubaus auf der Brücke erforderliche Verkehrsraum von 18,7 m setzt sich aus 2,35 m breiten Gehwegen, einem 6,3 m breiten Gleiskörperbereich und einer 7,7 m breiten zweispurigen Fahrbahn einschl. Radweg zusammen. Die damit in Richtung Süden notwendige ca. 5,8 m breite Brückenerweiterung wurde durch einen direkt neben das vorhandene Ziegelsteingewölbe positionierten Stahlbetonbogen,

welcher geometrisch der Gewölbeunterkante folgt, realisiert (Bilder 3 und 4).

Gestalterisch bestand die Zielstellung in der Wiederherstellung der südlichen Brückenansicht der vorhandenen Brücke. Während die nördliche Brückenansicht erhalten blieb, mußten die östlichen Flügel als Folge der neuen Verkehrsverhältnisse (Abbiegebeziehungen, Führung der Fußgänger und Radfahrer) im Kreuzungsbereich zur Stauffenbergallee vollständig erneuert werden. Die Gestaltung als aufgeweitete, konvex gekrümmte Rundflügel folgte hierbei gründerzeitspezifischen Elementen und lehnt sich an die Flügelgestaltung der Flutgrabenbrücke im Zuge der Bahnhofstraße (1912/1966) an. Die durch die Rundflügel erreichten, kanzelartigen Aufweitungen im Bereich der Fußgängerführung stellen attraktive Warte- und Verweilzonen dar, durch welche dem Fußgänger die historische Gewölbebrücke erlebbar gemacht werden kann. In Korrespondenz hierzu ist auch die indirekte Anstrahlung der Stirnmauern zu sehen. Um die ursprünglichen Brückenansichten plastisch zu gestalten, wurden die Flügel von den Stirnseiten räumlich abgesetzt. Hierzu wurden bossierte und mit einem Anlauf versehene Sandsteinquader am Beginn der Flügel vorgemauert. Dieser Anlauf setzt sich in der Gestaltung der neuen östlichen Flügel in der Neigung der Ansichtsflächen fort. Auch wurden die Gesimsbänder einschl. der aufgesetzten Brüstungen im Bereich der Flügel fortgeführt. Die Verblendung der als Stahlbetonwinkelstützmauern ausgebildeten Flügelbauwerke erfolgte analog den historischen Stirnmauern aus Naturstein. Dem historischen Charakter der Brücke Rechnung tragend, wurde die ursprüngliche Beleuchtung in ihrer äußeren Form durch auf die Brüstungsecksteine aufgesetzte Schinkelkelleuchten wiederhergestellt.

Während auf der Brücke im Bereich der Gehwege ein Mosaikpflaster in Schuppenverlegung mit auf dem Hochpunkt wechselnder Verlegerichtung ausgeführt wurde, erhielten die Flächen im Bereich der Flügel ein Mosaikpflaster in



Bild 2. Äußeres Krämpfertor um 1875
Fig. 2. External Kraempfer Gate around 1875

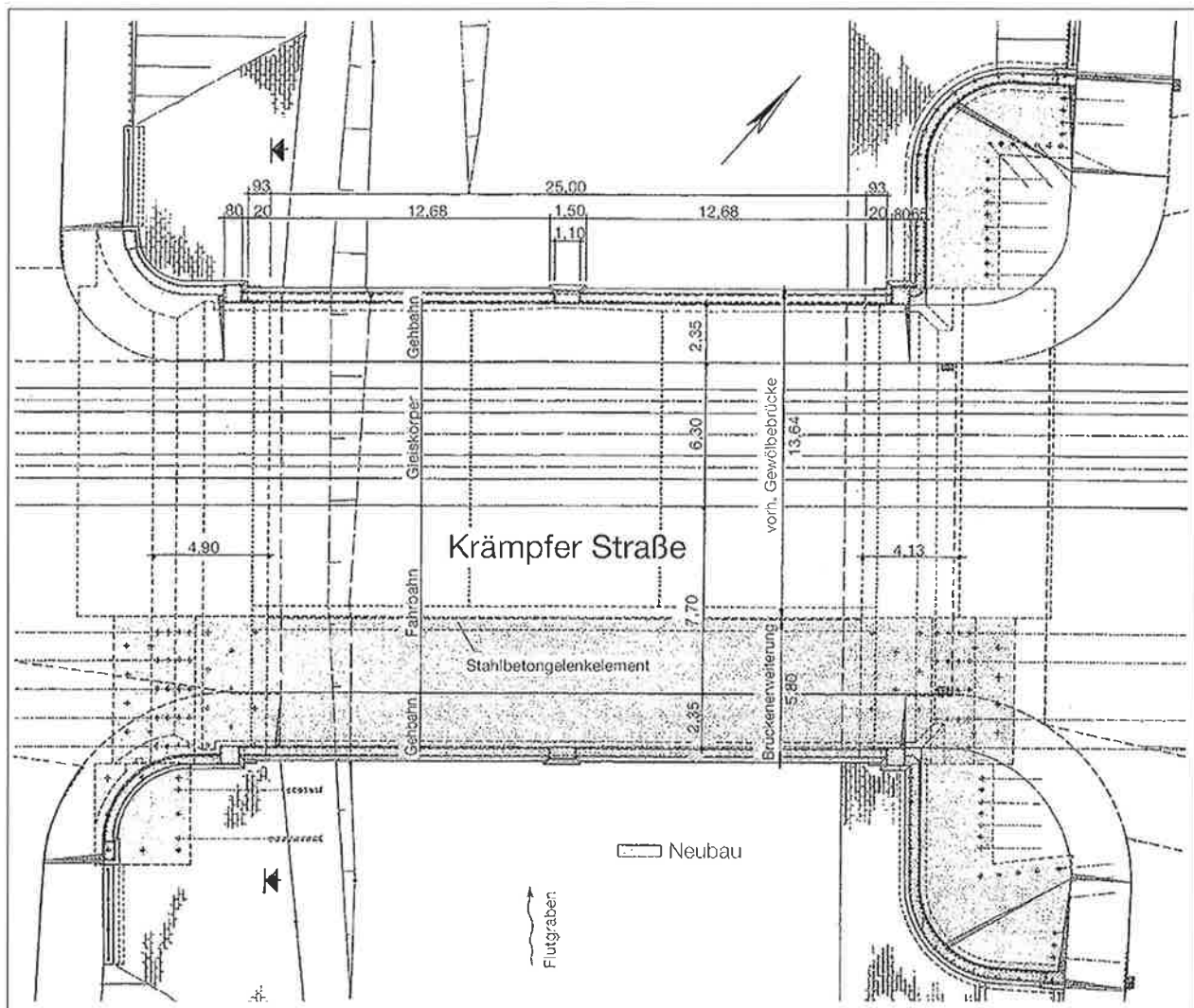


Bild 3. Brückengrundriß
Fig. 3. Layout of the bridge

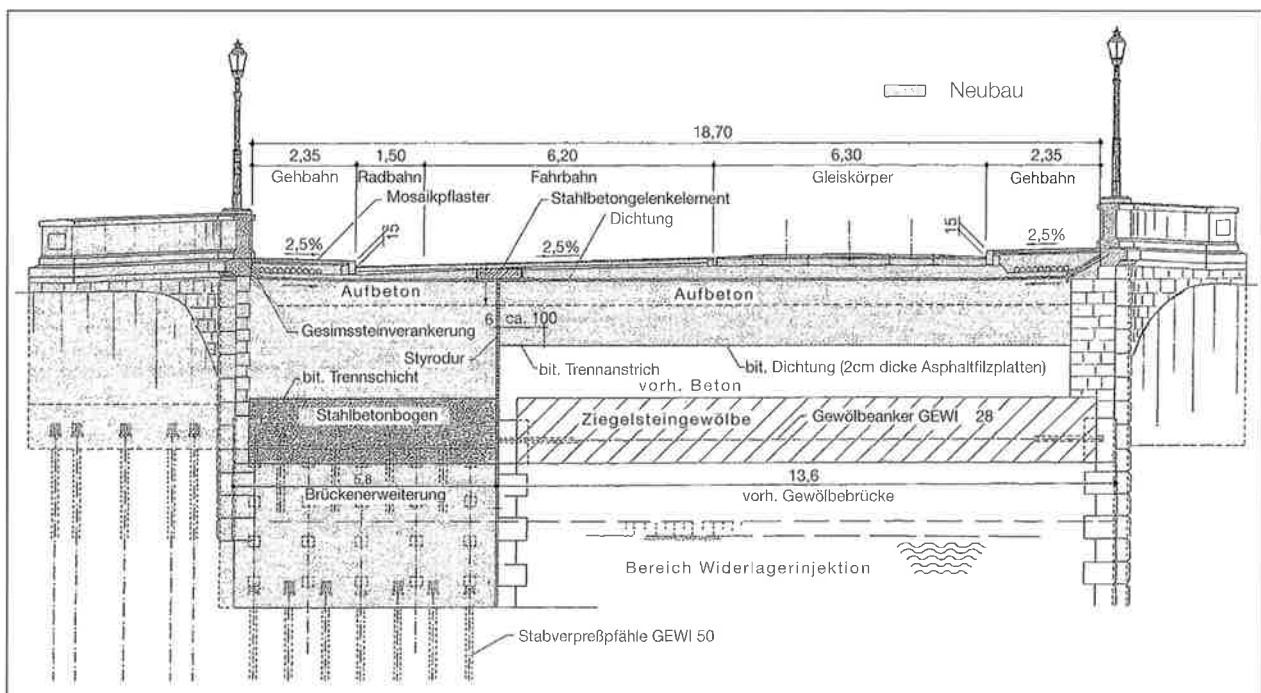


Bild 4. Brückenquerschnitt
Fig. 4. Cross-section of the bridge

der Verlegeart Passe. Hierdurch soll dem Fußgänger das historische Brückenbauwerk bei seiner Überquerung vergegenwärtigt werden.

Die Bilder 5, 6 und 7 zeigen die Krämpfertorbrücke während und nach Beendigung der Bauarbeiten.

3 Statische Betrachtungen

Grundlage der Planung waren die im Vorfeld durchgeführte Hauptprüfung nach DIN 1076, eine Last-einstufungsberechnung der bestehenden Gewölbebrücke sowie eingeholte Material- und Baugrundgutachten.

Die vorhandene Gewölbebrücke besitzt eine lichte Weite von 25,0 m. Das kreisbogenförmige Gewölbe ($R = 26,75 \text{ m}$) weist eine Dicke von 1,03 bis 1,3 m auf und hat einen Bogenstich von 3,1 m.

Im Rahmen der Lastestufungsberechnung der vorhandenen Gewölbebrücke war neben der Bestimmung der Brückenklasse der Nachweis unter Belastung aus Straßenbahnverkehr zu führen. Als Nachweisverfahren wurde ein von Lachmann in [5] vorgestellter Modellansatz verwendet. Dieser geht im wesentlichen davon aus, daß die exzentrische Längsdruckkraft N über eine Teilfläche als mittige Druckspannung abgetragen wird. Demnach ergibt sich die vorh.



5



6



7

Bild 5. Bauzustand – Blick auf die vollständig beräumte Gewölbebrücke, die Widerlager und das Traggerüst des Stahlbetonbogens der Brückenerweiterung sowie die Fundamente der östlichen Flügel

Fig. 5. Building condition – view of the completely cleared arched bridge, the abutments and the supporting framework of the reinforced concrete arch of the bridge extension as well as the foundation of the eastern wings

Bild 6. Bauzustand – Dichtungsarbeiten auf dem Aufbeton der vorh. Gewölbebrücke sowie Stahlbetongelenkelement zwischen altem und neuem Brückenteil

Fig. 6. Building condition – sealing work on the screed of the existing arched bridge as well as the reinforced concrete joint between the old and the new part of the bridge

Bild 7. Krämpfertorbrücke nach ihrer Instandsetzung und Erweiterung – Ansicht unterstrom

Fig. 7. Kraempfer Gate Bridge after repair and extension – downstream view

Druckspannung, welche einer zul. Druckfestigkeit gegenübergestellt wird, wie folgt:

$$\sigma_D = N / (2 \cdot c \cdot b) \leq \sigma_{D, \text{zul}}$$

mit

- c d/2 – e
 d Querschnittsdicke
 b Querschnittsbreite
 e Außermittigkeit = M/N
 $\sigma_{D, \text{zul}}$ nach DIN 1053

Die vorhandene Druckspannung wird unabhängig von der Lage der Resultierenden in oder außerhalb der Kernweiten ermittelt. Lachmann gibt lediglich die Einschränkung, daß die Resultierende innerhalb des Gewölbequerschnitts verlaufen muß.

Dieses Nachweisverfahren, welches eine mechanisch-logische Interpretation besitzt, ermöglicht eine Erhöhung der aufnehmbaren Last und trägt somit dem Umstand Rechnung, daß die real vorhandene Tragkraft derartig konstruierter Gewölbe größer ist als die durch das klassische Nachweisverfahren ermittelte (Bild 8).

Nach DIN 1053 ist für Mauerwerk im Falle des Versagens der Zugzone vorgeschrieben, daß sich die Fugen rechnerisch höchstens bis zum Schwerpunkt des Querschnitts öffnen dürfen. Dementsprechend wurde neben dem Nachweis der zul. Druckspannung der Nachweis der Beschränkung der Exzentrizität der Längsdruckkraft N wie folgt geführt:

$$e \leq d/3$$

Bezüglich des statischen Systems erfolgte die Beschränkung auf einen Dreigelenkbogen.

Auf Basis des beschriebenen Berechnungsmodells und unter Berücksichtigung einer nach Materialgutachten entspr. DIN 1053 zulässigen Druckfestigkeit von $\sigma_{D, \text{zul}} = 4000 \text{ kN/m}^2$ konnte für die vorhandene Gewölbebrücke sowohl eine Brückenklasse Bkl 60/30 nach DIN 1072 als auch die Tragfähigkeit unter Straßenbahnverkehr nachgewiesen werden.

Für den Stahlbetonbogen der Gewölbeverbreiterung wurde eine statische Berechnung im klassischen Sinne entsprechend dem gültigen Normenwerk durchgeführt.

Eine andere Problematik bestand in der Suche nach der Ursache für einen sich etwa in Gewölbemitte des vorhandenen Brückenbauwerkes befindenden Ringriß, wodurch statisch betrachtet die Querverteilung der Lasten im Gewölbe eingeschränkt war.

Untersuchungen an einem als 3D-Faltwerk modellierten Gewölbe (Zweigelenkbogen) zeigten für den Temperaturlastfall dT (Oberseite wärmer als die Unterseite) eine hohe Momentenbeanspruchung in Querrichtung des Gewölbes (Bild 9). Aufgrund der Inter-

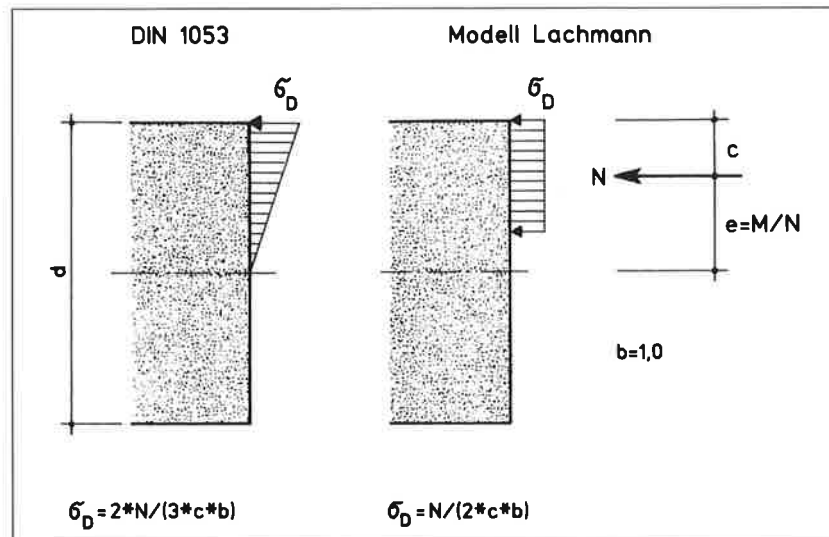


Bild 8. Spannungsverteilung nach Lachmann im Vergleich zum Ansatz in DIN 1053 für N bei $e_{\text{max, zul}} = d/3$

Fig. 8. Stress distribution according to Lachmann in comparison to the approach pursuant to DIN 1053 for N at $e_{\text{max, perm}} = d/3$

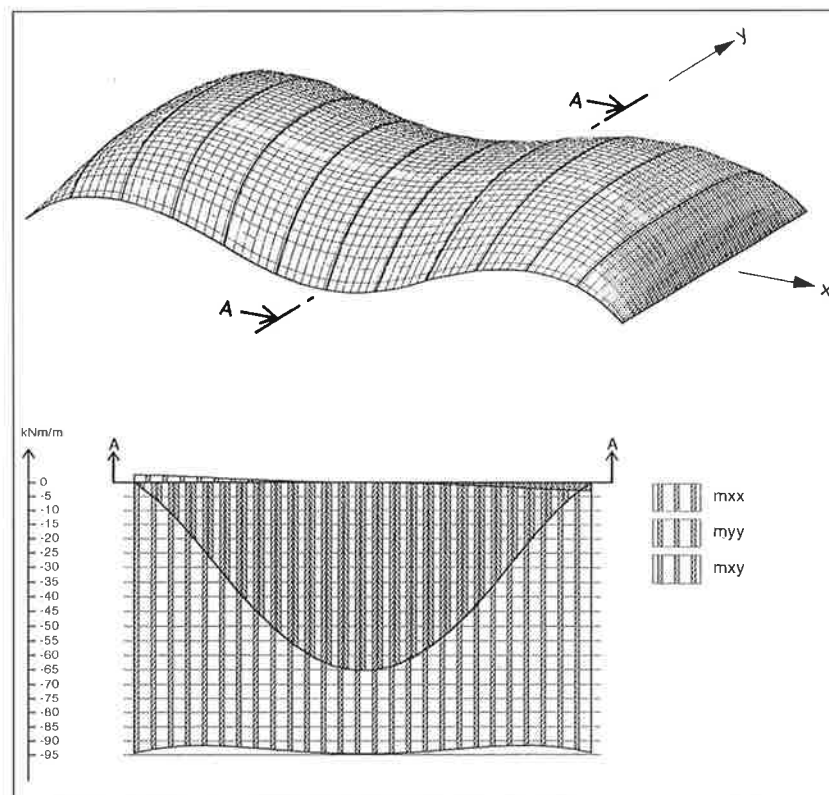


Bild 9. Gewölbeverformung und Momentenverlauf m_{yy} unter Temperaturlastfall $dT = 15 \text{ K}$

Fig. 9. Arch deformation and moment curvature m_{yy} under temperature load $dT = 15 \text{ K}$

pretation, daß sich dort, wo ein theoretisches Moment im Mauerwerk vorhanden ist, ein Gelenk ausbildet, hierbei ist die nicht vorhandene Längsdruckkraft in Querrichtung zu berücksichtigen, konnte eine Erklärung für die Entstehung des Ringrisses gegeben werden.

Im Zuge der Instandsetzung des Gewölbes wurde zur Gewährleistung einer ausreichenden Querverteilung der Lasten der Ringriß starr verpreßt. Zum Einsatz kam ein zementgebundener Injektionsmörtel, wodurch eine ausreichende Verzahnung des Injektionsgutes mit dem Ziegelmauerwerk erreicht werden konnte. Ergänzend hierzu erhielt das Gewölbe eine Verankerung in Querrichtung, welche aus 16 GEWI Ø 28 mm bestand.

4 Instandsetzung der vorhandenen Gewölbebrücke

Die Instandsetzung der vorhandenen Gewölbebrücke bezog sich im wesentlichen, neben der Ertüchtigung des Gewölbes und der Gründung, auf die gesteinsrestauratorische Instandsetzung der nördlichen Stirnmauer, des nordwestlichen Flügels sowie der ober- und unterstrom vorhandenen Gesimse und Brüstungen. Letztere wurden im Zuge der Beräumung der Gewölbebrücke abgebaut. Für alle anderen im Zuge der Brückenerweiterung notwendigen Bauteile aus Naturstein wurde Neumaterial verwendet. Die Bilder 10 und 11 zeigen als Detailaufnahmen die Natursteinarbeiten an der Brüstung am Flügel nordost während und nach Beendigung der Bauarbeiten.

Wie bereits beschrieben, besteht das Gewölbe aus Klinkermauerwerk. Alle anderen Bauteile sind zum überwiegenden Teil aus Sandstein gefertigt.

Das Schadensbild der Brüstungen, Gesimse und Stirnmauern war gekennzeichnet durch Fehlstellen, Kantenabplatzungen, lose Steinecken, lose Schalen im Oberflächenbereich, großflächige Steinzersetzungen, partielle Absandungen, Risse und Durchfeuchtungen.

Die Kantenabplatzungen im Fugenbereich waren ursächlich auf



Bild 10. Flügel nordost – Natursteinarbeiten an der Brüstung
Fig. 10. North-eastern wing – natural stone work on the balustrade

den vor allem im oberflächennahen Bereich sehr festen und unelastischen Mauer- und Verfügmörtel aus einem Zement-Quarzsandgemisch zurückzuführen. Die vorhandene allgemeine Oberflächenerosion, welche teilweise mit Verkrustungen einherging, wies auf eine erhöhte Schadstoffbelastung im bisherigen Nutzungszeitraum hin. Die sowohl im Bereich der Brüstungen und Gesimse, aber auch an den Stirnmauern deutlich erkennbaren Verschleißerscheinungen waren vorrangig auf eine erhöhte Schadsalzbeanspruchung zurückzuführen. Die Stirnmauern wiesen die für diese Brücken typischen, nach außen gerichteten Verrückungen auf. Weiter war ihr Schadensbild durch Rißbildung gekennzeichnet.

Im Zuge der Hauptprüfung wurde eine Bauzustandsnote von 3,0 für die bestehende Gewölbebrücke festgestellt.

Die Beseitigung der Schäden an den Natursteinen erfolgte auf Basis denkmalpflegerischer Gesichtspunkte unter Einsatz von Restauriermörtel, Vierungen und Rißinjektionen, aber auch durch komplette Steinerneuerung. Die vorhandenen Natursteine wurden mittels Wirbelstrahlverfahren (Jos-Verfahren) gereinigt.

Die Materialverträglichkeit der einzusetzenden Baumaterialien

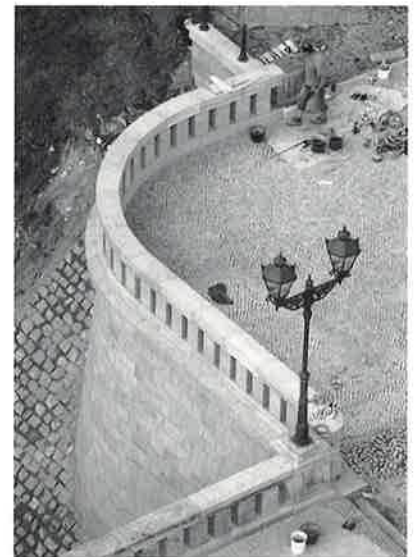


Bild 11. Flügel nordost – Brüstung nach ihrer Instandsetzung
Fig. 11. North-eastern wing – balustrade after repair

mit den historisch vorhandenen wurde durch ein Materialgutachten gesichert. Da die historischen Kalkbindemittel im Erhärtungsverlauf sowie im Spannungs-Dehnungsverhalten Traßbindemitteln sehr nahe kommen, wurden für die Mauerarbeiten Traßzement- und Traßkalkmörtel eingesetzt. Der Festigkeitsbereich des Fugenmörtels lag unterhalb eines Viertels der Steinfestigkeit.

Die Erfassung der konkreten Schadstellen erfolgte auf Ansichts-

plänen, welche auf Basis photographischer Aufnahmen erstellt wurden. Bild 12 zeigt in einem Ausschnitt einige der insgesamt eine Fläche von ca. 60 m² umfassenden Schadstellen im Bereich der Ansicht unterstrom.

Aufgrund von Erfahrungen bei den Instandsetzungsarbeiten der oben genannten anderen Brückenbauwerke im letzten Jahrzehnt wurde größtenteils auf eine Hydrophobierung zum Schutz der Natursteinaußenflächen aus Neumaterial verzichtet. Dies begründet sich aus dem Sachverhalt, daß im vorrangig für Neumaterial eingesetzten Seeberger Sandstein hygroskopische Salze eingelagert sind. Bei Wasseraufnahme entsteht dadurch im Stein ein Kristalldruck, welcher durch eine vorhandene Hydrophobierung blockiert wird. Im Falle des Übersteigens der Zugfestigkeit des Sandsteins durch den Kristalldruck kommt es zum Abplatzen oberflächennaher Gesteinsschichten.

5 Konstruktive Besonderheiten

Bei der hier durch einen Stahlbetonbogen realisierten Brückener-

weiterung sind Interaktionen zur vorhandenen Gewölbebrücke gegeben und konstruktiv zu berücksichtigen.

5.1 Gründung

Der Baugrundaufschluß ergab unterhalb von Erdauffüllungen, welche bereichsweise mit Bauresten der ehemaligen Befestigungsanlagen durchsetzt waren, Fein- bis Grobkiese mitteldichter Lagerung. Unterhalb dieser Kiese stand Tonstein an. Das Wasser des Flutgrabens wurde als stark betonangreifend eingestuft.

Um Setzungen unterhalb der vorhandenen Gewölbebrücke zu vermeiden, wurde für den Stahlbetonbogen sowie die Flügel der Brückenerweiterung eine Tiefgründung aus Stabverpreßpfählen (GEWI Ø 50 mm) ausgeführt.

Die Entscheidung für Stabverpreßpfähle resultierte zum einen aus dem statischen Vorteil, daß die Pfähle entsprechend der Normalkrafttrichtung am Kämpferpunkt des Stahlbetonbogens geneigt werden konnten und zum anderen aus dem technologischen Vorteil, welcher im erschütterungsfreien Abteufen der Bohrungen in unmittel-

barer Nähe der vorhandenen Bebauung bestand.

Zur Prüfung wurden im Bereich der Widerlager zwei Druckversuche und im Bereich der Flügel zwei Zugversuche mit dem Ergebnis einer ausreichenden Tragfähigkeit durchgeführt. Während im Rahmen der Zugversuche nur auf die reine Mantelreibung geschlossen werden konnte, bestand der Vorteil der Druckversuche in der Erfassung der Tragreserven, welche aus der Lastabtragung über Spitzendruck resultiert.

Aufgrund der hohen Anzahl der Stabverpreßpfähle im Bereich der Widerlager konnte von einer Wirkung als Blockfundament ausgegangen werden. Die unter Gebrauchslast ermittelten Gesamtverformungen (Setzungen) betrugen nur 5 bis 7 mm und entsprachen damit den von Frank in [6] angegebenen Werten. Statistisch wurde im Rahmen der Bemessung des Stahlbetonbogens eine Setzung von je 1 cm am Kämpferpunkt berücksichtigt. Auf eine Vorwegnahme der Widerlager-setzungen, z. B. durch Gewölbespreizung, konnte verzichtet werden. Insgesamt wurden unter beiden Widerlagern 84 Ver-

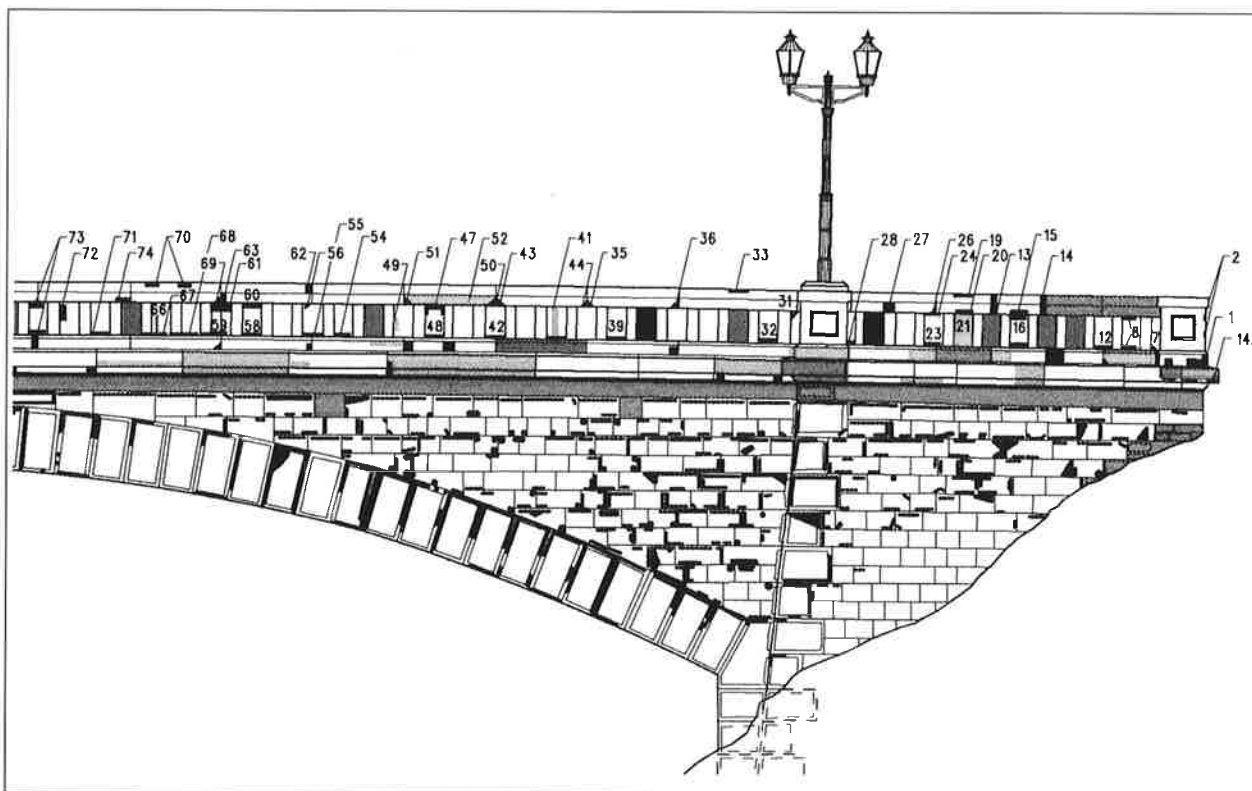


Bild 12. Schadensanalyse – Ansicht unterstrom
Fig. 12. Analysis of damage – downstream view

preßpfähle (GEWI 50) mit einer Gesamtlänge von 1236 m eingebaut.

Nach Beräumung der vorhandenen Gewölbebrücke wurden zur Erkundung der Widerlagergeometrie sowie der Gründungsverhältnisse Kernbohrungen abgeteuft. Als Ergebnis stellte sich heraus, daß der Widerlagerbeton vor allem im unteren Bereich als teilweise klüftig, porös und relativ mürbe einzuschätzen war. Vereinzelt konnten Hohlräume festgestellt werden. Aufgrund dieses Sachverhalts mußten beide Widerlagerkörper vergütet werden. Dazu wurde über Einfachpacker, welche im oberen Bereich der vorhandenen Widerlager gesetzt wurden, Normalzement CEM III B 32,5 – NW HS NA (W/Z-Wert des Einpreßgutes ca. 1,0; Druckbegrenzung auf 5 bar; Anzahl der Einpreßlöcher: 158 Stück) injiziert. Insgesamt wurde je Widerlager eine Menge von ca. 35 000 l Injektionsgut verbraucht, aus welcher auf eine vorhandene Widerlagerporosität von ca. 5 % geschlossen werden konnte.

5.2 Kopplung des vorhandenen Gewölbes mit der Brückenerweiterung

Während das Gewölbe der vorhandenen Brücke aus Ziegelsteinmauerwerk besteht, wurde der Stahlbetonbogen der Brückenerweiterung aus einem Beton B 35 gefertigt. Aufgrund der unterschiedlichen E-Moduln beider Baumaterialien kommt es bei Lasteinwirkung zu unterschiedlichen Verformungen. Zur Vermeidung von Zwangsspannungen mußten beide Überbauten durch eine Fuge konstruktiv getrennt werden.

Um den Straßenoberbau als Einheit ausbilden zu können, wurde auf dem Aufbeton der Gewölbe oberhalb der Fuge ein sogenanntes Stahlbetongelenkelement angeordnet. Die Wirkungsweise entspricht einem Träger auf zwei Stützen, welcher links und rechts auf Betonleisten aufgelagert ist. Zur Gewährleistung eines Bewegungsspielraums, welcher bei einer vorhandenen Verkantung des Stahlbetongelenkelements notwendig ist, wurden an den Seitenflächen entsprechende Fugen vorgesehen. Die Dichtung dieser Fugen übernahm eine unter dem Straßenoberbau positionierte Fahrbahnübergangskonstruktion. Die Straßendeckschicht erhielt eine bituminöse Fuge als Sollbruchstelle.

6 Planung, Ausführung und Kosten

Zuständiger Auftraggeber für die Instandsetzung und Erweiterung der Krämpfertorbrücke waren die Erfurter Verkehrsbetriebe AG. Die Oberbauleitung lag beim Tiefbauamt Erfurt. Mit der Planung und Bauüberwachung dieser innerstädtischen Baumaßnahme wurde die INVER-Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH beauftragt. Die Bauausführung oblag der ARGE Bauer Spezialtiefbau und Schachtbau Nordhausen GmbH.

Die Kosten der Gesamtmaßnahme betrugen ca. 3,9 Mio. DM (brutto). Dies entspricht einem Aufwand von ca. 8 000 DM/m² Brückenfläche. Neben den oben genannten Kostenträgern kamen sowohl Städtebau- als auch Denkmalfördermittel zum Einsatz.

Literatur und Quellenverzeichnis

- [1] *Baumbach, D.*: Die städtischen Brücken über den Flutgraben – 100 Jahre Flutgraben Erfurt. Landeshauptstadt Erfurt – Stadtverwaltung (1998).
- [2] *Vockrodt, H., Sander, E.*: Rekonstruktionsarbeiten an der Krämerbrücke in Erfurt. Die Strasse 29 (1989), H. 4.
- [3] *Vockrodt, H.-J.*: Rekonstruktion historischer Gewölbebrücken in Erfurt sowie statische Besonderheiten bei der Beurteilung ihrer Tragfähigkeit. Vortragsmanuskript zum Weiterbildungsseminar 4/1995, VSVI-Thüringen.
- [4] Instandsetzung historischer Brückenbauwerke in Erfurt, Denkmalpflege und Denkmalschutz in Erfurt. Landeshauptstadt Erfurt – Stadtverwaltung, Gehrig Verlag (1998).
- [5] *Lachmann, H.*: Über die Standicherheit gemauerter Gewölbebrücken. Bautechnik 67 (1990), H. 2.
- [6] *Frank*: Tragfähigkeit von Wurzelpfählen mit Anwendungsbeispielen, Baugrundtagung 1970.

Bildquellennachweis:

Bild 1: Stadtarchiv Erfurt – Signatur II F 18

Bild 2: Stadtarchiv Erfurt – Signatur II F 17

Autor dieses Beitrages:

Dr.-Ing. Hans-Jörg Vockrodt, Projektleiter – INVER-Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH.