

Bahrmühlenviadukt – Erhaltung und Ertüchtigung der 15-Bogen-Natursteinbrücke an der Strecke Neukieritzsch–Chemnitz

Elke Hering
Thomas Bösche
Rüdiger Burkhardt

In den Jahren 2007 bis 2010 wurden durch die Deutsche Bahn AG anspruchsvolle Instandsetzungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen am Bahrmühlenviadukt bei Chemnitz ausgeführt. Erläutert werden die zur Qualitätssicherung wichtigen Planungsschritte am Beispiel der denkmalgeschützten Natursteinbogenbrücke. Beschrieben werden die Planungsziele und ausgewählte Ergebnisse der Bestands- und Bauwerkszustandsanalyse als wichtige Projektgrundlagen.

Das Projekt liefert einen überzeugenden Nachweis für die technische Eignung und Anpassungsfähigkeit von historischen Gewölbebogenbrücken an moderne Nutzungsanforderungen.

1 Einleitung

In dem aktuell beachteten Buch „Eisenbahnbrücken – Ingenieurbaukunst und Baukultur“ setzen sich die Herausgeber, die Deutsche Bahn AG und die Bundesingenieurkammer, auch mit historischen Gewölbebogenbrücken auseinander. Sie werden als stadt- bzw. landschaftsprägende Bauwerke bezeichnet. Aufgrund ihres Charakters als wichtige Bestandteile der gebauten Umwelt, als erhaltungswürdige Zeugnisse zurückliegender Ingenieurbaukunst, aber auch als gewichtiger wirtschaftlicher Wert werden der respektvolle Umgang bei Entscheidungen zur Weiternutzung und zur Ertüchtigung mit voller Berechtigung gefordert.

In diesem Zusammenhang wurde durch die DB AG an der markanten Talbrücke Bahrebach-Viadukt im Zuge der DB Strecke 6385 (Neukieritzsch–Chemnitz) Bahnkilometer 55,702 – kurz: Bahrmühlenviadukt bei Chemnitz – ein Projekt zur Sanierung der Gewölbebrücke und zum Ersatzneubau des Gleisstragwerkes im Zeitraum von 2007 bis 2010 geplant und umgesetzt. Wesentliche Ziele waren die Verbesserung des Verkehrs auf der Eisenbahnstrecke durch höhere Geschwindigkeiten und die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit.

Das Bahrmühlenviadukt wurde 1872 als Gewölbebogenbrücke erbaut

und hat eine Gesamtlänge von ca. 236 m mit insgesamt 15 Parabelbögen unterschiedlicher lichter Weite und

Höhe und einer Pfeilerbreite von 8,5 m. Die mittleren Öffnungen haben eine maximale lichte Weite von ca. 18 m und eine lichte Höhe von 22 m bis 24 m. Das Viadukt überführt zwei Gleise der Strecke 6385 Neukieritzsch–Chemnitz über das Bahretal einschließlich der zwei Richtungsfahrbahnen der Bundesautobahn A4 (Bilder 1 und 2).

Im Zuge des sechsstreifigen Ausbaus der Bundesautobahn wurden von 1999 bis 2003 drei Brückenpfei-



Bild 1. Historische Aufnahme, Westansicht des Bahrmühlenviaduktes (Foto: von M. Lambertz)



Bild 2. Bahrmühlenviadukt vor Beginn der Instandsetzung/Ertüchtigung 2006

ler des Viaduktes in zwei Bauphasen abschnittsweise abgefangen und auf eine neu errichtete Rahmenkonstruktion abgesetzt (Bild 2)

Wegen des schlechten Bauwerkszustands und der im Bestand unzulänglichen Trassierungsparameter war mittlerweile für das Überfahren des Bahrmühlenviaduktes eine Langsamfahrstelle $La = 50 \text{ km/h}$ für Streckenklasse B2 und $La = 20 \text{ km/h}$ für $SK > B2$ eingerichtet. Die Streckenabschnitte vor und hinter dem Bauwerk wurden 2003 im Rahmen des Bauvorhabens SPNV Leipzig–Chemnitz bereits für wesentlich höhere Geschwindigkeiten ausgebaut. Der Abschnitt Bahrmühlenviadukt blieb von dieser Maßnahme wegen der laufenden Bauarbeiten der Autobahn an dem unterführenden Rahmenbauwerk vorerst ausgespart.

Nach Abschluss der Bauarbeiten an der Autobahnunterführung waren zur Verbesserung des Verkehrs auf der Strecke Neukieritzsch–Chemnitz, insbesondere zur Beseitigung des aktuell vorhandenen Geschwindigkeitseinbruchs, eine umfassende Ertüchtigung und Instandsetzung des Bahrmühlenviaduktes vorgesehen. Ziel waren mögliche Geschwindigkeiten von $v = 90 \text{ km/h}$ sowie $v_N = 110 \text{ km/h}$ bei Neigetechnikzügen bzw. Geschwindigkeiten, die bei vertretbarem Bauaufwand diesen Vorgaben am Nächsten kommen. Weiterhin war des Bauwerk, wenn möglich, für die Lastmodelle LM 71 sowie SW/2 entsprechend DIN-Fachbericht 101 auszulegen.

2 Bestandskonstruktion

2.1 Bauaufnahme

Im Rahmen der Bauaufnahme wurden durch eine baustofflich konstruktive Analyse der Bestand und der Zustand wesentlicher Bauteile und der hauptsächlich verbauten Materialien erfasst. Die Untersuchungsergebnisse beschreiben die bautechnische Qualität und den Erhaltungszustand wichtiger Materialien und Konstruktionen und liefern entscheidende Grundlagen für die Planung sowie für die Auswahl geeigneter Technologien und Materialien. Den Ablauf der baustofflich konstruktiven Analysen entsprechend den technischen Erfordernissen konform zu den Grundforderungen der Denkmalpflege zeigt das Ablaufschema (Bild 3).

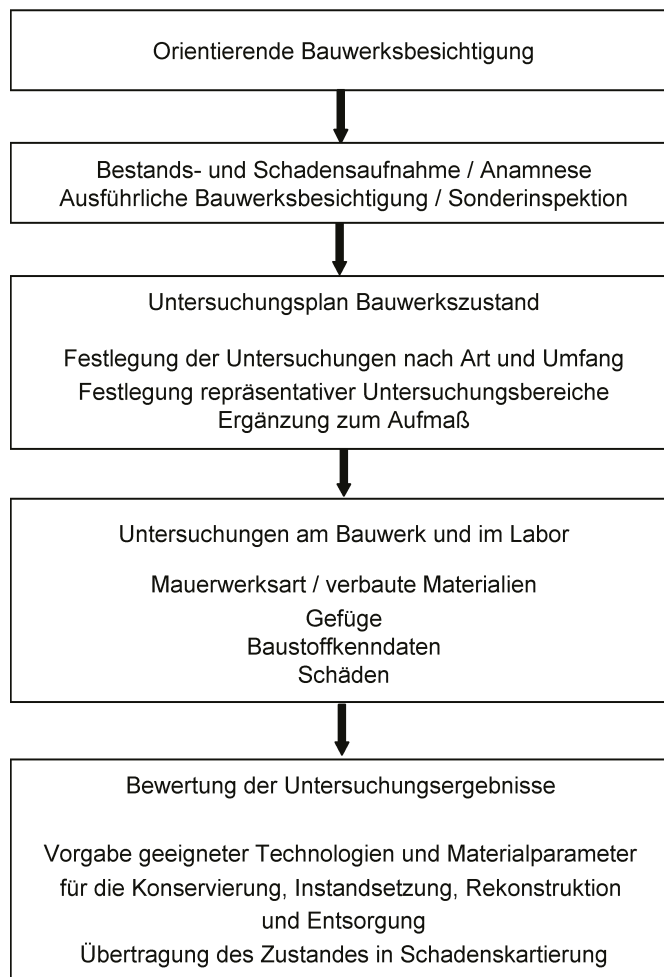


Bild 3. Ablaufschema – baustofflich-konstruktive Analysen am Bahrmühlenviadukt

2.2 Außenhülle

Das Mauerwerk der Stirnwände und Pfeiler wurde als regelmäßiges Schichtenmauerwerk aus einem regional typischen grünen Chloritschiefer ausgeführt. Der Mauerwerk wurde eine zulässige Druckspannung von $1,8 \text{ N/mm}^2$ ermittelt. Gefügeschäden konzentrieren sich vor allem im Anschlussbereich der Stirnwände der Fahrbahnplatte. In diesem Bereich sind Fugenschäden und Fehlstellen im Mauerwerk bis in größere Tiefen vorhanden.

Die Hauptgewölbe, das Hauptgesims und die Kanzeln bestehen aus Buntsandsteinquadern – Elbsandstein Postaer Typ. Abhängig von der Bewitterungsexposition waren am Sandstein und an den Fugen aufgrund der Umwelteinwirkungen Schadbilder sichtbar, die für vergleichbare Konstruktionen typisch sind. Besondere tiefer

greifende Gefügeschäden standen im Zusammenhang mit der nicht mehr funktionsfähigen Fahrbahnabdichtung und einem insgesamt defekten Entwässerungssystem.

Im Zusammenhang mit dem Ausbau der A4 auf sechs Fahrstreifen wurde unter drei Natursteinpfeiler ein Stahlbetonrahmen als Abfangbauwerk errichtet. Die konstruktiv bedingten

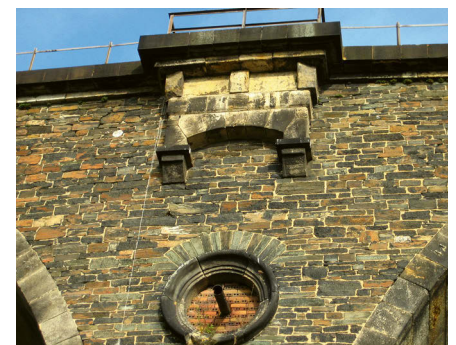


Bild 4. Detail Anschluss Chloritschiefer Mauerwerk/Fahrbahnplatte im Bestand mit historischer Kanzel aus Elbsandstein

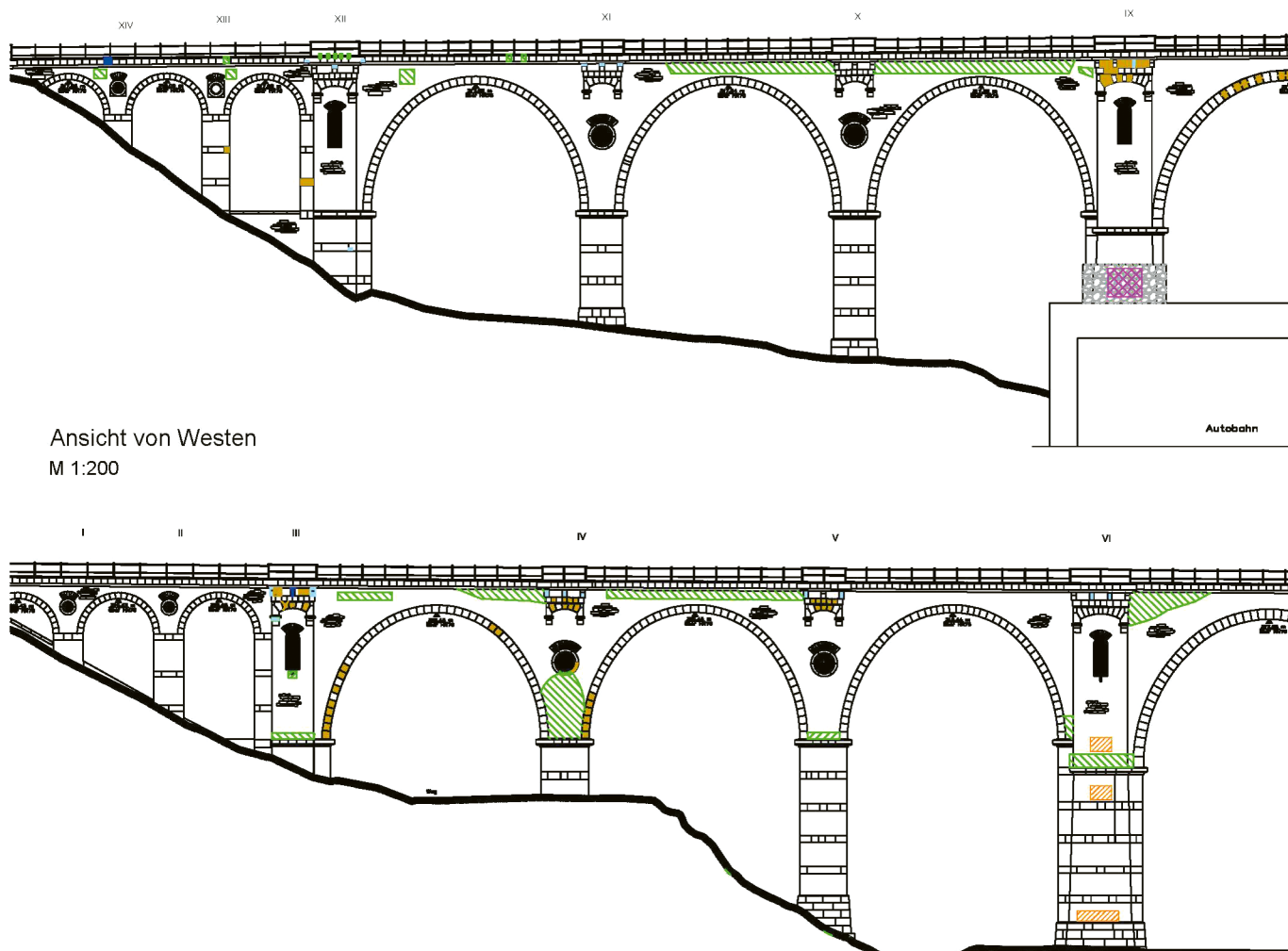


Bild 5. Auszug aus Schadensgrobkartierung

Lasteinleitungsbereiche aus Stahlbeton unterhalb der drei Pfeiler wurden mit einem Naturstein verkleidet, der in Art und Abmessung stark vom historischen Natursteinbestand abweicht (Bilder 4 und 5).

2.3 Spandrillgänge

Über den Gewölb Bögen befinden sich in aufgelöster Bauweise drei begehbare Spandrillräume.

Die Fahrbahn des Bauwerks wird durch Spandrillabdeckplatten aus Sandstein ausgebildet. Die Spandrillplatten waren in einem desolaten Zustand, in weiten Bereichen gebrochen und durch den Einbau von Schienestücken als Hilfsträger behelfsmäßig gesichert.

Etwa im Jahr 1934 wurde eine Betonfahrbahnwanne zur Aufnahme einer Abdichtung und zum Einbau einer Entwässerungseinrichtung hergestellt. Die Brückenentwässerung fasste das Wasser und führte es in den Pfeilerachsen über Freifallentwässerung

bzw. im Autobahnbereich über Fallleitungen ab.

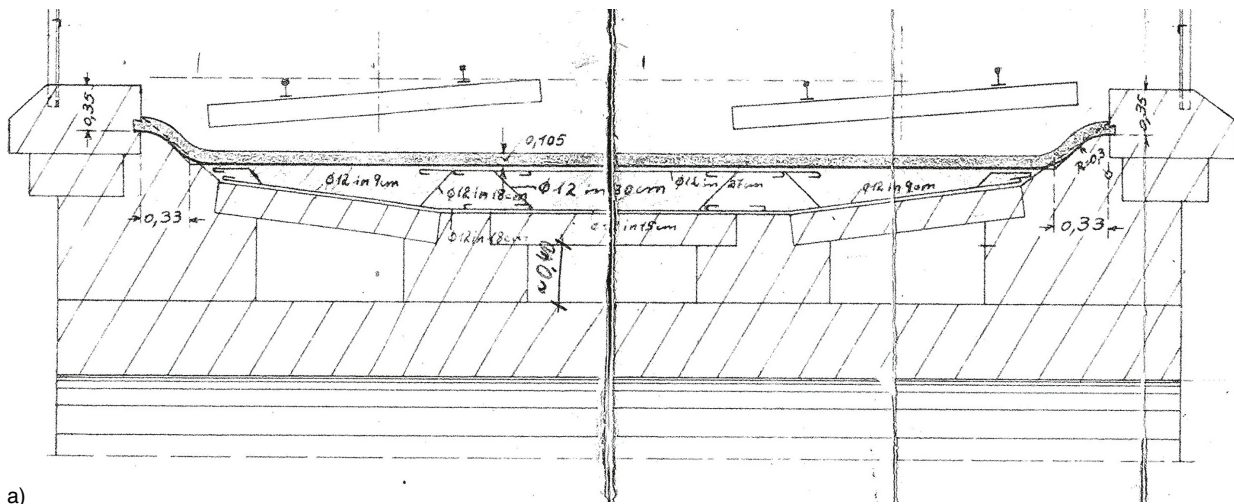
Das Entwässerungssystem befand sich vor Beginn der aktuellen Umbauarbeiten in einem desolaten Zustand. Die Fallrohre waren stark verrostet und undicht und zum Großteil durch Frosteinwirkung beschädigt. Teilweise fehlten Reinigungsdeckel und Rohrschlüsse. Der größte Teil des Wassers versickerte innerhalb der Pfeiler anstatt nach außen abgeleitet zu werden.

In jedem Quergang der Spandrillgänge in den Pfeilerachsen befanden sich auf der westlichen Seite die Entwässerungseinläufe und die Fallrohre der Entwässerung. Dadurch kam es zu einem Feuchtigkeitseintrag in das Bauwerk und zu Feuchtebelastungen an der Außenhülle (Bilder 6 bis 8).

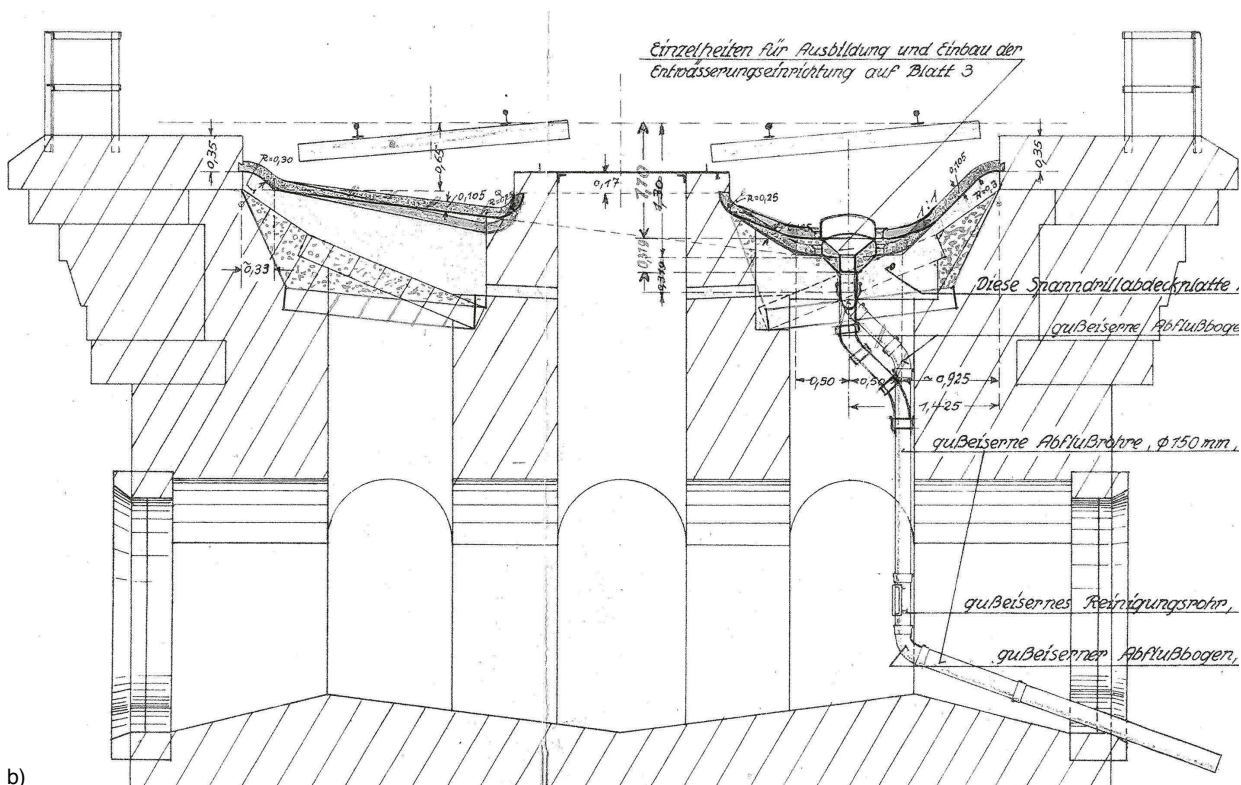
2.4 Untersuchungsergebnisse

Aus den Untersuchungsergebnissen konnten wesentliche Aussagen für die Instandsetzung von Mauerwerk- und Natursteinflächen abgeleitet werden.

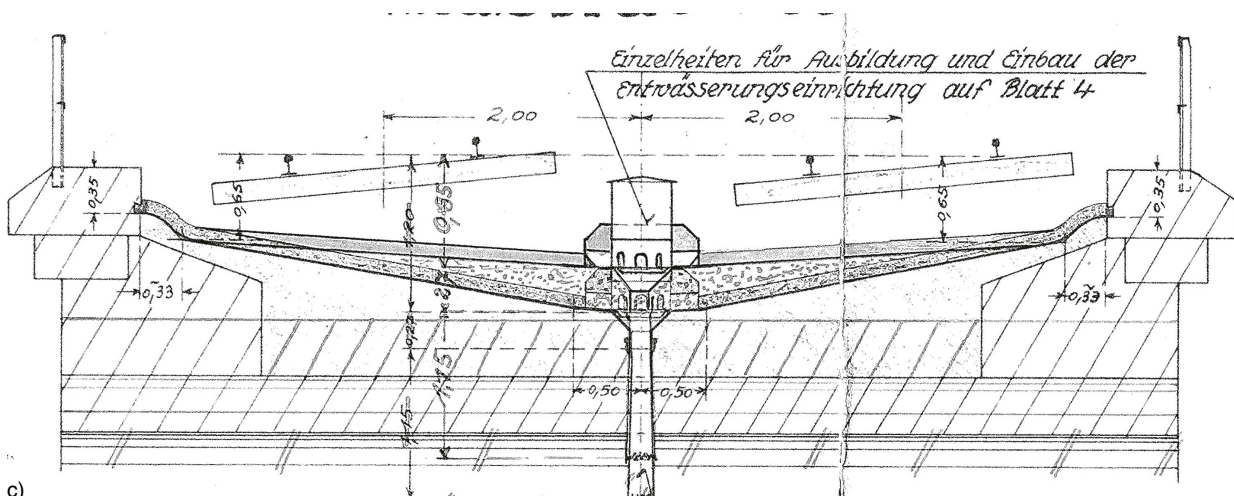
- Ertüchtigung des Mauerwerkes im Bereich der Fugenschäden durch mineralische Fugenmörtel Mörtelklasse M5; im Bereich der erhöhten Belastung bis ca. 1 m unter dem neuen Gleistragwerk Mörtelklasse M10
- die in der Vorgängerplanung enthaltene Verpressung von Teilbereichen des Mauerwerkes zur Gefügekonsolidierung und zur Verbesserung der statisch-konstruktiven Eigenschaften ist nicht erforderlich
- festigende Imprägnierung an Sandsteinflächen mit Kieselsäureester; auf den Oberflächen des Chloritschiefers ist keine festigende oder konservierende Imprägnierung erforderlich
- zur Gewährleistung eines sicheren Ablaufes von Oberflächenwasser können partielle mineralische Steinerfüllungsmörtel eingesetzt werden
- der Rückbau der Spandrillabdeckung, das neue regelkonform abgedichtete Gleistragwerk und die



a)



b)



c)

Bild 6. Auszüge aus der Instandsetzungsplanung der Abdichtung von 1934; a) Regelquerschnitte, b) Einbau einer bewehrten Stahlbetonplatte, c) Abdichtungsebene und Entwässerungsabläufe über den Spandrellräumen

Erneuerung der gesamten Entwässerungsanlage sind für die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit entscheidend



Bild 7. Unterstützung gebrochener Spandrillplatte aus Sandstein mit untergezogenen Schienen

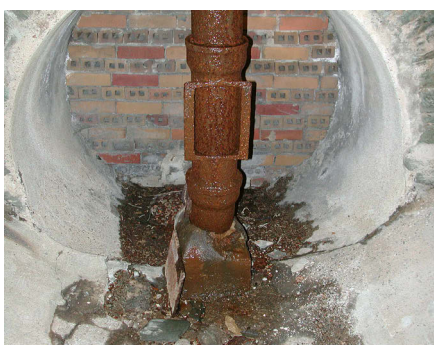


Bild 8. Nachträglich zugemauerte Lüftungsöffnungen, defekte Entwässerungsleitung

- Maßnahmen zur Verbesserung/ Vereinfachung der Inspektionsmöglichkeiten im Bereich der Spandrillräume ermöglichen die regelmäßige Erfassung verdeckter Bauwerkszustände.

Ausgewählte Ergebnisse der Materialuntersuchungen zeigen die Tabellen und Abbildungen in den Bildern 9, 10 und 11.

3 Planungsziele

Zweck der Baumaßnahmen am Bahrmühlenviadukt war die Verbesserung der Funktionalität und Tragfähigkeit des Bauwerks in Analogie zu den durch das Bauvorhaben SPNV Leipzig-Chemnitz bereits auf den angrenzenden Streckenabschnitten hergestellten Nutzungsparametern sowie der prinzipielle Erhalt der Verfügbarkeit (Bild 12).

Folgende Maßnahmen waren im Einzelnen vorgesehen:

- Errichtung eines neuen Gleistragwerkes aus Stahlbeton zur Gewährleistung der Tragwirkung in Bauwerksquerrichtung sowie planmäßige Entlastung der desolaten Spandrillabdeckplatten durch die Anordnung von Weicheinlagen
- Verbreiterung des Bauwerksquerschnittes durch Auskragungen des

Gleistragwerkes, um die erforderlichen Trassierungsparameter bei Einhaltung der vorschriftsmäßigen Rand- und Sicherheitsabstände zu ermöglichen

- Ertüchtigung des Mauerwerks in den Auflagerbereichen des neuen Gleistragwerks zur Aufnahme der veränderten Beanspruchungen
- Instandhaltungsmaßnahmen in den weiteren Mauerwerksbereichen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit des Bauwerks
- Herstellung einer vollflächigen Bauwerksabdichtung einschließlich eines geschlossenen Entwässerungssystems

Die Baumaßnahmen sollten bei jeweils einglisigem Betrieb in zwei Bauabschnitten durchgeführt werden. Dadurch ergab sich eine Vielzahl von erforderlichen tangierenden Maßnahmen für die Leit- und Sicherungstechnik, Gleisbau und Kabelbau.

Neben den technischen Herausforderungen sollten bei der Planung und anschließenden Bauausführung sowohl gestalterische und denkmalpflegerische Aspekte als auch die Belange des Natur- und Artenschutzes eine entscheidende Rolle spielen. Im Bahrmühlenviadukt befindet sich eines der größten Fledermausquartiere in Sachsen. Dieses galt es, während der Baumaßnahme zu schützen. Im Zuge der Baumaßnahme ergaben sich folgende gestalterisch sichtbare Eingriffe in die vorhandene Bausubstanz:

- Rückbau des bestehenden Natursteingesimses
- Rückbau der Konsolsteine der Kanzeln
- Herstellung eines neuen, auskragenden Gleistragwerkes
- Herstellung einer Randkappe mit durchgehendem Gesimsband
- Ersatz des vorhandenen Geländers durch ein vorschiftsmäßiges Füllstabgeländer

Durch eine frühzeitige Abstimmung der Baumaßnahme mit den Denkmalschutzbehörden konnten Lösungen geplant werden, welche bei Gewährleistung der eisenbahntechnischen Anforderungen einen gestalterischen Einklang zwischen alten und neuen Bauwerkselementen bieten. Mit Absicht wurde dabei auf gestalterische „Halbwahrheiten“ wie Natursteinverbledungen oder strukturierte Betonober-

Untersuchungsbereich 1 / 5

Bauwerk: EÜ Bahrmühlenviadukt

Tabelle: 4

Probenahmeprotokoll und Laborergebnisse

Klimadaten während der Probenahme am: 12.03.2007 Temperatur: 17 °C rel. Feuchte: 27 %

Probenummer	Probebezeichnung		Schadstoffbilanz				Feuchtebilanz			
	Probecharakteristik	Entnahmetiefe über OK Natursteinverkleidung [cm]	spez. Leitfähigkeit [mS]	Chlorid [M%]	Sulfat [M%]	Nitrat [M%]	Feuchtigkeitsgehalt [M%]	Sättigungsfeuchte [M%]	DFG gesamt [%]	
Untersuchungsbereich: I Pfeiler IX, Innenseite zu Pfeiler X über Natursteinverkleidung (DEGES-Abfangebauw.) Gruppenpfeiler, -3,50 m von Westansicht										
5.1	Mauermörtel zw. Chloritschiefer	1,75	0-35				24,2		100	
5.2	Chloritschiefer, tw. Mauermörtel	1,75	35-45				8,9		100	
5.3	Chloritschiefer, tw. Mauermörtel	1,75	45-61				7,0		100	
5.4	Chloritschiefer, tw. Mauermörtel	1,75	61-80	0,30			7,8		100	
5.5	Mauermörtel	1,75	80-104	0,37	<0,01	0,07	0,02	16,6	17(*)	98
5.6	Mauermörtel	1,75	104-121				17,1	17(*)	100	
(*) berechneter theoretischer Wert										

Tabelle 4

Probenahmeprotokoll und Laborergebnisse UB 1 / 5

- Kurzkommentar:
- sehr hohe Feuchtebelastung im inneren des Mauerwerkes
 - Mauermörtel und Chloritschiefer sind sättigungsnass
 - geringe Belastung des Chloritschiefers und Mauermörtels mit löslichen Schadsalzen

Bild 9. Untersuchungsergebnisse, beispielhaft Untersuchungsbereich I

Fotografische Dokumentation

Probe : III / 1
 Entnahme: Pfeiler XI Westseite, 0,80 m über OKG
 Entnahmetiefe: 8 cm

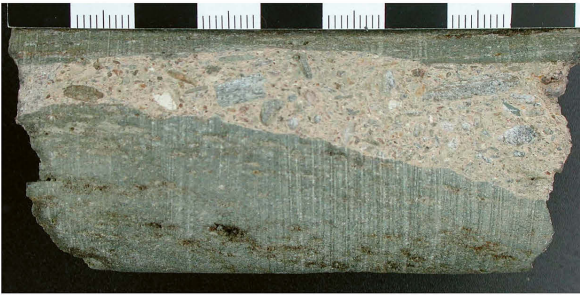


Abb. 18 Bohrkern III / 1 – Profil - Chloritschieferfuge
 Vergrößerung: siehe Maßstab (1 Teilstrich = 1 mm)

Mörtelbeschreibung

Entnahmeparameter

Bezeichnung : Mauermörtel zwischen Chloritschiefer
 Entnahme : Pfeiler XI, Westseite
 Entnahmetiefe : 0,80 m über OKG
 Entnahmetiefe : 7 cm

Kurzbeschreibung - ausgewählte morphologische Eigenschaften

Farbe : beige
 Porosität / Gefüge : relativ dichtes Gefüge, geringe Porosität, homogene Bindemittelverteilung
 Zuschläge : Quarzsande, Kiese, tonige Bestandteile, Korngrößen von 0 bis 12 mm , Hauptanteil 0,5 bis 1,5 mm
 Erhaltungszustand : sehr gut, sehr guter Haftverbund zum Stein
 Festigkeit : fest, phänomenologisch beurteilt mindestens Mörtelklasse M 5 nach DIN EN 998-2

Fotografische Dokumentation



Abb. 20 Gefügebildaufnahme
 Vergrößerung: siehe Maßstab, 1 Teilstrich = 1 mm

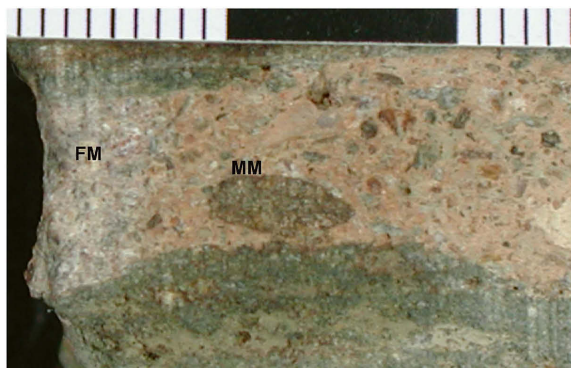


Abb. 19 Detail Mörtelfuge
 0 – 6 mm Fugenmörtel (FM) – grau
 ab 6 mm Mauermörtel (MM) – beige
 guter Haftverbund zwischen den Materialien
 Vergrößerung: siehe Maßstab (1 Teilstrich = 1 mm)

Bild 10. Detail Mauerwerksbestandteile Verbund Mauerstein/ Mauermörtel

Bild 11. Mörtelbeschreibung

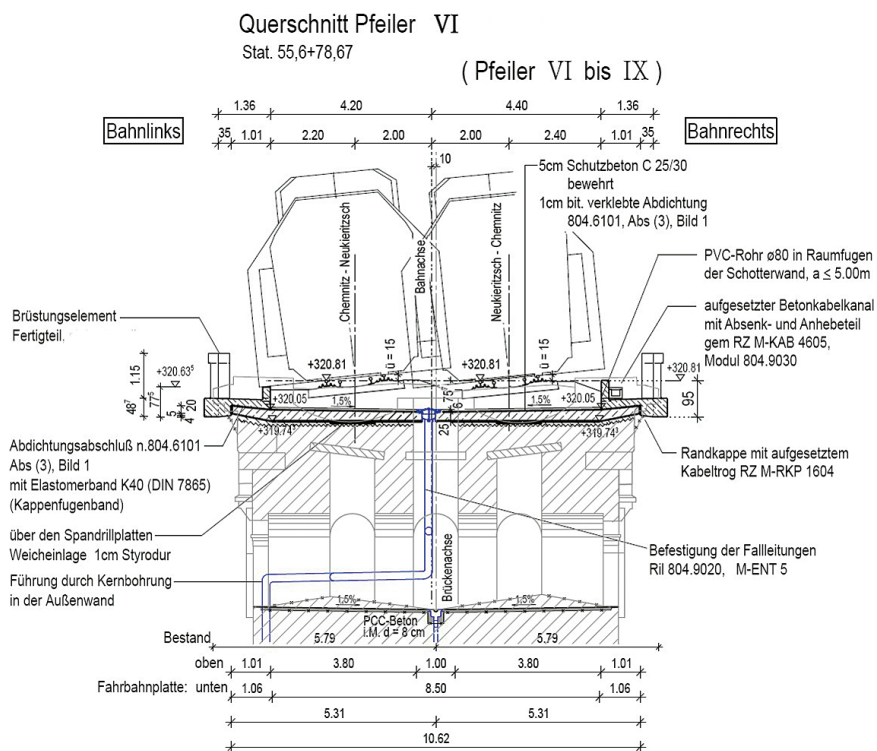


Bild 12. Regelquerschnitt

flächen verzichtet. Auch die neu angeordneten Brüstungen im Bereich der massiven Gruppenpfeiler des Viaduktes wurden als einfache Stahlbetonfertigteile vorgesehen. Die schlichte und elegante Wirkung der neuen Bauwerksteile im Einklang mit der instand gesetzten historischen Substanz kommt im Übrigen im vorliegenden Fall nicht zuletzt auch durch die handwerklich qualitätvolle Umsetzung der planerischen Ziele zur Geltung (Bild 13 und 14).

4 Resümee

Das von der DB Netz initiierte und umgesetzte Projekt zur Instandsetzung und Ertüchtigung des Bahrmühlenviaduktes ist ein gelungenes Beispiel für die Anpassungsfähigkeit von historischen Gewölbefenestrukturen an erhöhte Nutzungsanforderungen. Die Gewährleistung der Funktionalität als moderne Eisenbahnbrücke bei gleich-

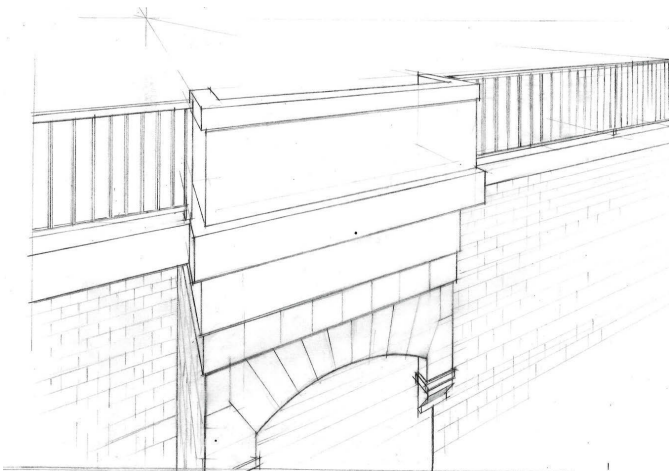


Bild 13. Gestaltungsstudie Kanzel/Brüstungen



Bild 14. Anschluss Pfeiler/Bögen an neue Fahrbahn

zeitiger Berücksichtigung der Denkmalschutzanforderungen ist dabei kein Widerspruch. Wesentliche Voraussetzungen sind bautechnische Grundlagen durch bauwerksspezifische Bestands- und Bauwerkzustandsanalysen im Rahmen der Vor- und Entwurfsplanung, das interdisziplinäre Zusammenwirken von konstruktivem, baustofflichem und bahnspezifischem Wissen in der Planungsphase sowie die vertrauensvolle Zusammenarbeit der Projektbeteiligten auf Augenhöhe.

Die Untersuchungsergebnisse im Rahmen der qualifizierten Bauaufnahme liefern wichtige Eingangsdaten für die Instandsetzungsplanung, für die Betrachtungen zur Sicherheit und Restlebensdauer. Auf ihrer Grundlage und der im Nutzungszeitraum planmäßig regelmäßig durchzuführenden

Inspektionen kann der sicherheitstechnisch und wirtschaftlich optimale Zeitpunkt für Bauunterhaltsmaßnahmen festgelegt werden (Bild 15).

Literatur

- [1] Mehdorn, H., DB AG, Schwinn, K. H., Bundesingenieurkammer (Hrsg.): Eisenbahnbrücken – Ingenieurbaukunst und Baukultur. Hamburg, Eurailpress 2009.
- [2] Schlaich, J., Fackler, Th., Weißbach, M., Schmitt, V., Ommert, Chr., Marx, S., Krontal, L.: Leitfaden Gestalten von Eisenbahnbrücken. Frankfurt/M.: Broschüre i. A. des Brückenbeirats der DB AG 2008.
- [3] Internationaler Eisenbahnverband: UIC Kodex 778-3E, Empfehlungen für die Bewertung des Tragvermögens bestehender Gewölbebrücken aus Mauerwerk und Beton. Juli 1995.
- [4] Proske, D., Lieberwirth, P., van Gelder, P. H.: Sicherheitsbeurteilung historischer Steinbogenbrücken, Dresden 2006.
- [5] Der Brückenbau, Reprint von 1904, Reprintverlag Leipzig.
- [6] Historisches Mauerwerk – Untersuchen, Bewerten und Instandsetzen, Sonderforschungsbereich 315, Universität Karlsruhe, 2000.
- [7] Auszüge aus bauzeitlichen Planungsunterlagen und Auszüge aus Planungsunterlagen zur Instandsetzung der Abdichtung von 1934.
- [8] Dokumentation Bauwerkzustand mit zwei Ergänzungen zu Untersuchungen des Natursteins, Mauerwerks, der Spandillräume und zum Baugrund, IBW 30. 11. 2006, 27. 04. 2007, 31. 08. 2007.
- [9] Planungsunterlagen Eisenbahnüberführung km 55,702 K- C, Bahrmühlenviadukt, Ertüchtigung Mauerwerk/Neubau Gleistragwerk, 2007/2008.
- [10] Richtlinie der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), WTA-Merkblatt 4-5-99/D „Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik“.
- [11] Richtlinie der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), WTA-Merkblatt 4-3-98/D „Instandsetzung von Mauerwerk – Standfestigkeit, Tragfähigkeit“.



Bild 15. Bahrmühlenviadukt nach Instandsetzung und Ertüchtigung

Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Elke Hering, DB ProjektBau GmbH,
Am Bahnhof 2a, 08056 Zwickau
Dr.-Ing. Thomas Bösche, Curbach Bösche
Ingenieurpartner,
Helmholtzstraße 3b, 01069 Dresden
Dipl.-Ing. Rüdiger Burkhardt, Ingenieurbüro für
Bauwerkserhaltung Weimar GmbH,
Industriestraße 1a, 99427 Weimar