



Technische
Universität
Dresden

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau www.massivbau.tu-dresden.de



35. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPIOSIUM

PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN

18. UND 19. MÄRZ 2026

© 2026 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von Dritten frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Tagungsorganisation:

Ausstellungsorganisation:

IT:

Social Media:

Jana Müller-Strauch

Harald Michler, David Sandmann

Matthias Zagermann

Stefan Gröschel, Jana Müller-Strauch

Titelbild: Gerüst für die Gueuroz-Brücke, errichtet von dem Gerüstbauer Richard Coray. Foto: Büro A. Sarrasin (Archiv Philippe Mivelaz)

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

Tagungsband 35. Dresdner Brückenbausymposium

**Institut für Massivbau
Freunde des Bauingenieurwesens e.V.
TUDIAS GmbH**

18. und 19. März 2026

Inhaltsverzeichnis

Grußwort.....	9
<i>Regina Kraushaar Sächsische Staatsministerin für Infrastruktur und Landesentwicklung</i>	
Nationale Ergänzung des Brückenregelwerks – Hintergründe und Umsetzung	11
<i>Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn</i>	
Mehr Tempo für die Brückenmodernisierung durch funktionale Ausschreibungen, Schnellbauverfahren und serielles Bauen	21
<i>Dr.-Ing. Karlheinz Haveresch, Dipl.-Ing. Manuela Poschau</i>	
Brückenverstärkungen mit CFK-Lamellen – Bemessung und Überbau mit Asphalt	29
<i>Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Finckh, Dipl.-Ing. (FH) Florian Eberth</i>	
Weiternutzung historischer Eisenbahngewölbebrücken – eine nachhaltige Alternative zum Neubau	39
<i>Conrad Pelka M.Sc., Dipl.-Ing. Jenny Keßler, Prof.-Dr.-Ing. Steffen Marx</i>	
Spannungsrissskorrosion und sicherer Weiterbetrieb – ein ganzheitlicher Ansatz für die Elbebrücke Bad Schandau ...	51
<i>Dr.-Ing. Steffen Müller, Dr.-Ing. Oliver Mosig, Dipl.-Ing. Andreas Gruner, Christina Fritsch, M.Sc., Dr.-Ing. Gregor Schacht, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx</i>	
Entwicklung, Umsetzung und Betrieb des geodätischen und faseroptischen Monitoringsystems der S-Bahn-Überbrückung am Bahnhof Stuttgart S21	61
<i>Prof. Dr.techn. Werner Lienhart, Dr.techn. Christoph M. Monsberger, Dipl.-Ing. Fabian Buchmayer, Dr.techn. Peter Bauer, Prof. Dr.-Ing. Christian Sodeikat, M.Sc. Sonja Gepperth, Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser</i>	
AR- und KI-gestützte Analyse von Schadensentwicklungen in der Bauwerksprüfung.....	73
<i>B. Eng. Jessica Steinjan, Dipl.-Ing. Jan-Derrick Braun, M. Sc. Lisa Freifrau von Rössing, M. Sc. Patrick Herbers, M. Eng. Bernhard Braun, M. Eng. Regina Panzer, Prof. Dr.-Ing. Markus König</i>	
Alexandre Sarrasin (1895–1976) – Stahlbetonbrücken in den Schweizer Alpen	81
<i>Dr. Philippe Mivelaz</i>	
Stabbogenbrücke Wustermark – altes Eisen mutig, radikal und nachhaltig neu verbaut	93
<i>Dipl.-Ing. Jörg Titel</i>	
A 45 Talbrücke Rinsdorf – innovativer Querverschub mit Pfeilern	103
<i>Dipl.-Ing. Ralf Schubart, Dipl.-Ing. Holger Klein, Dipl.-Ing. Wolfgang Schlensorg</i>	
Holz im Brückenbau – auf zu neuen Dimensionen im Straßenbrückenbau	113
<i>Dipl.-Ing. (FH) Frank Miebach</i>	
Zwischen Industriekultur und Natur – der „Sprung über die Emscher“	121
<i>Dipl.-Ing. Peter Sprinke, Jan Berwing, M.Sc., Asc. Prof. Dipl.-Ing. Arch Dirk Krolkowski, Dipl.-Ing. Arch Falko Schmitt, Dipl.-Ing., M.Sc. (Wirtsch.) Simone Kern</i>	
Friesenbrücke Weener – Europas größte Hub-Drehbrücke	131
<i>Dipl.-Ing. Stefan Schwede, Dipl.-Ing. Lorenz Haspel, Dr. ès sc. Jan Brütting, M.Eng. Lukas Hornberger, MSc. ETH Povilas Ambrasas, Dipl.-Ing. Andreas Menzel, Dipl.-Ing. Alexander Krölls, Dipl.-Ing. Jens Kögel, Dr.-Ing. Lutz Vogt, Dr.-Ing. Gregor Schacht</i>	
Krämerbrücke in Erfurt – 700 Jahre steinerne Brücke	143
<i>Dr.-Ing. Hans-Jörg Vockrodt</i>	
Vier Länder, viele Brücken, alles unter einem DACH – Brückenbauexkursion 2025.....	153
<i>Dipl.-Ing. Cedric Eisermann, Max Götze, M.Sc., Dipl.-Ing. Jakob Vogt</i>	
Neue Berliner Brücke in Duisburg auf der BAB 59	165
<i>Dipl.-Ing. Moritz Menge</i>	

Analyse und Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Brückenbau	169
<i>Prof. Dr.-Ing. Stephan Görtz, Thi Kim Dung Pham, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens, Dr.-Ing. Bianca Kern</i>	
Sydney Harbour Bridge Cycleway – eine außergewöhnliche Fahrradbrücke	173
<i>Dipl.-Ing. Peter Boesch, M.Sc. Long Bai, M.Sc. Angus Murray</i>	
Nachhaltige Fuß- und Radwegbrücken aus vorgespanntem Carbonbeton (CPC).....	179
<i>Dipl.-Ing. Simon Liebl</i>	
Wirtschaftliche und ökologische Bewertung chloridbelasteter Brückenbauteile	183
<i>Dr.-Ing. Angelika Schießl-Pecka, Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Anne Rausch, Paul Steinmetz, M. Sc., Dr.-Ing. Marc Zintel</i>	
Ermüdung alter Bahnbrücken am Beispiel der Sihlbrücken im HB Zürich	187
<i>Daniel Grüter, Felix Gisler, Christian Uhlig</i>	
Verschub der gevouteten Cölvebrücke über aktiven Schienenverkehr	193
<i>Josef Teupe</i>	
Potenziale von Suffizienzstrategien im Umgang mit denkmalgeschützten, stählernen Bahnbrücken	197
<i>Dr.-Ing. Clara Jiva Schulte</i>	
EcoBuild Evaluator – ganzheitliche Nachhaltigkeit im Ingenieurbau am Beispiel Rheinbrücke Schierstein	203
<i>Dipl.-Ing. Sebastian Schultheis, Dipl.-Ing. Martin Ludwig</i>	
CFK-Spannlitzen für Betonbauteile im Brückenbau.....	207
<i>Dipl.-Ing. Johannes Schleiss, Dr.-Ing. André Seidel, Dr.-Ing. Danny Friese, Dr.-Ing. Paul Penzel, Prof. Dr.-Ing. Chokri Cherif</i>	
The new city bridge of Drammen (Norway)	213
<i>Birger Opgård, MSc Sivilingeniør, Mario Rando Campos, MSc ETSIIM, Architect Bartłomiej Halaczek, Architect Thor Olav Solbjør</i>	
Inserentenverzeichnis	220

Weiternutzung historischer Eisenbahngewölbebrücken – eine nachhaltige Alternative zum Neubau

Conrad Pelka M.Sc. | DB InfraGO AG I.IAM 32 Brückenbau und Lärmschutzanalgen Technik, Berlin
(ehemals Institut für Massivbau, TU Dresden)

Dipl.-Ing. Jenny Keßler, Prof.-Dr.-Ing. Steffen Marx | Institut für Massivbau, TU Dresden

Kurzfassung

Gewölbebrücken stellen mit rund 20 % einen wesentlichen Anteil des Brückenbestandes der Deutschen Bahn dar. Trotz einer aktuellen durchschnittlichen Nutzungsdauer von mehr als einem Jahrhundert weisen sie bemerkenswerte strukturelle Tragreserven auf und konnten so auch trotz gesteigerter Verkehrslasten und sich verändernder betrieblicher Festlegungen immer wieder an aktuelle Anforderungen angepasst werden. Die Instandsetzung von Gewölbebrücken stellt gegenüber des häufig gewählten Ersatzneubaus eine technisch, ökologisch und ökonomisch vorteilhafte Lösung dar. Durch die Anwendung aktueller ingenieurwissenschaftlicher Methoden, fortschrittlicher Bauverfahren und geeigneter Werkstoffe kann dieses Potenzial gezielt erschlossen und zur Weiternutzung herangezogen werden. Grundlage einer belastbaren Zustandsbewertung bildet eine systematische Bauwerksanalyse mit präziser geometrischer Erfassung, Materialcharakterisierung und Schadensdokumentation. Auf dieser Basis lassen sich Tragfähigkeitsnachweise, Nachrechnungen sowie Belastungsversuche durchführen, die eine objektive Bewertung des Sanierungs- und Verstärkungsbedarfs erlauben und sicherstellen. Auf diesem Wege erreichen ertüchtigte Bestandsbauwerke eine dem Neubau vergleichbare Nutzungszeit.

1 Gewölbebrücken – eine dauerhafte Konstruktion

1.1 Die Entstehung von Gewölbebrücken

Gewölbebrücken zählen seit über zwei Jahrtausenden zu den dauerhaftesten und zugleich bedeutendsten Bauwerken der Ingenieurbaukunst. Erste steinerne Tragwerke entstanden bereits in Asien, doch erst die Römer entwickelten die Gewölbeteknik zu einer konstruktiv ausgereiften und weit verbreiteten Bauform. Ihre halbkreisförmigen Bögen ermöglichten eine sichere Ableitung der Lasten über reine Druckkräfte und damit eine außergewöhnliche Langlebigkeit [1].

Die Fähigkeit, große Spannweiten dauerhaft zu überbrücken, machte die Gewölbebrücke zu einem Meilenstein der Baugeschichte und zu einem Symbol für nachhaltiges Bauen. Im Mittelalter setzte sich die Entwicklung mit der Einführung flacherer Segmentbögen fort. Diese erlaubten filigranere Strukturen und größere Spannweiten bei geringerem Materialaufwand. Die Weiterentwicklung der Bogenform war das Ergebnis wachsender bautechnischer Erfahrung und der Anpassung an topografische Gegebenheiten sowie lokal verfügbare Baustoffe.

Trotz regionaler Unterschiede blieb das grundlegende Tragprinzip unverändert: Das Gewölbe wandelt vertikale Lasten in Druckkräfte um, die über Kämpfer, Widerlager und Fundamente in den Baugrund geleitet werden. Entscheidend ist dabei, dass die sogenannte Stützlinie – also die Linie, an der entlang die resultierenden Normalkraft

eines Bogens verläuft – stets innerhalb des Bogenquerschnitts bleibt, um Zugspannungen zu vermeiden.

Je nach geometrischer Ausbildung unterscheidet man Kreis-, Segment- und seltener Korb- oder Parabelbögen [1]. Bei Kreisbogengewölben beträgt das Verhältnis von Stichhöhe f zu Spannweite l etwa 0,5. Sie zeichnen sich durch gleichmäßige Druckverteilung aus, während flachere Segmentbögen ($0,5 > f/l > 0,1$) bei gleicher Stichhöhe größere Spannweiten erlauben, jedoch empfindlicher auf Verformungen und Setzungen reagieren. Diese Formvielfalt verdeutlicht die Anpassungsfähigkeit der Gewölbebauweise an funktionale und landschaftliche Anforderungen.

Bei Eisenbahngewölbebrücken bildet der Bogen das zentrale Tragglied, s. Bild 1. Er besteht aus einem oder mehreren Gewölberingen, die an ihren Öffnungen durch präzise behauene Stirnringe abgeschlossen werden. Die Widerlager an den Bogenenden nehmen sowohl die vertikalen als auch die horizontalen Kräfte auf und leiten sie in die Fundamente weiter. Mehrfeldrige Brücken besitzen zusätzliche Pfeiler, die die Vertikallasten aus dem Überbau und dem Verkehr in den Baugrund ableiten, während der horizontale Bogenschub über die gesamte Bogenreihe in die äußeren Widerlager übertragen wird. Flügelmauern begrenzen die hinterfüllten Bereiche seitlich und nehmen den Erddruck des anschließenden Bahndamms auf. Stirnwände bilden die äußeren Begrenzungen der Brücke und dienen ebenfalls der Aufnahme des Erddrucks. Zum Schutz der Abdichtung werden zwischen Gewölberücken und Hinterfüllung meist ein oder zwei Lagen Hintermauerung eingebaut. Den

oberen Abschluss bilden Brüstungen oder Kappen, die häufig mit Randsteinen oder Geländern versehen sind. Die Geometrie des Gewölbes wird durch Spannweite, Stichhöhe und Bogendicke bestimmt. Der Schlussstein im Scheitel aktiviert die Druckkräfte im System, während die Unterseite des Bogens als Laibung oder Intrados und der äußere Gewölberücken als Extrados bezeichnet werden.

Die Entwicklung der Gewölbebrücke verdeutlicht die über Jahrhunderte gewachsene Verbindung von technischer Funktion, materialgerechter Konstruktion und gestalterischer Klarheit. Ihr Tragprinzip – der reine Druckbogen – stellt bis heute ein Paradebeispiel für ressourcenschonendes, dauerhaftes Bauen dar und macht die Gewölbebrücke zu einem zentralen Bestandteil historischer Ingenieurbaukunst, insbesondere im Bestand der Eisenbahninfrastruktur [2].

1.2 Zustandsentwicklung

Die dargestellten konstruktiven Merkmale historischer Gewölbebrücken bilden die Grundlage ihrer außergewöhnlichen Dauerhaftigkeit, die sowohl aus ingenieurtechnischer als auch aus wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive von hoher Relevanz ist. Ihre strukturelle Beständigkeit stellt ein zentrales Kriterium für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrsinfrastrukturen dar, insbesondere im Hinblick auf die Verlängerung von Nutzungsdauern und die Schonung materieller Ressourcen. In Zeiten zunehmender Anforderungen an Lebenszykluskosten, Ressourceneffizienz und Umweltverträglichkeit gewinnt die bauwerksspezifische Lebensdauer als Bewertungsmaßstab im Infrastrukturmanagement deutlich an Bedeutung. [3]

Im Bestand der Deutschen Bahn (DB) weisen historische Gewölbebrücken eine bemerkenswerte Dauerhaftigkeit auf, die sie von jüngeren Brückengenerationen aus Stahl, Stahlbeton oder Verbundsystemen deutlich abhebt. Grundlage ihrer Zustandsbewertung bildet die Richtlinie Ril 804.8001 [3] der DB InfraGO AG, welche die bauliche Integrität anhand einer vierstufigen Skala von Zustandskategorie 1 (neuwertig) bis 4 (nicht ausreichend) beschreibt. Die Auswertung der Zustandsdaten zeigt, dass selbst Brücken mit einer Standzeit von über 180 Jahren im Mittel eine Zustandskategorie von etwa 2,5 erreichen, s. Bild 2. Auffällig ist der nahezu horizontale Verlauf der Zustandsentwicklung über alle Altersklassen hinweg, was auf eine außergewöhnlich geringe Alterungsanfälligkeit dieser Bauwerke hinweist. Die zahlenmäßig größte Gruppe liegt in der Altersklasse zwischen 140 und 160 Jahren und umfasst mehr als 1.500 Bauwerke [2].

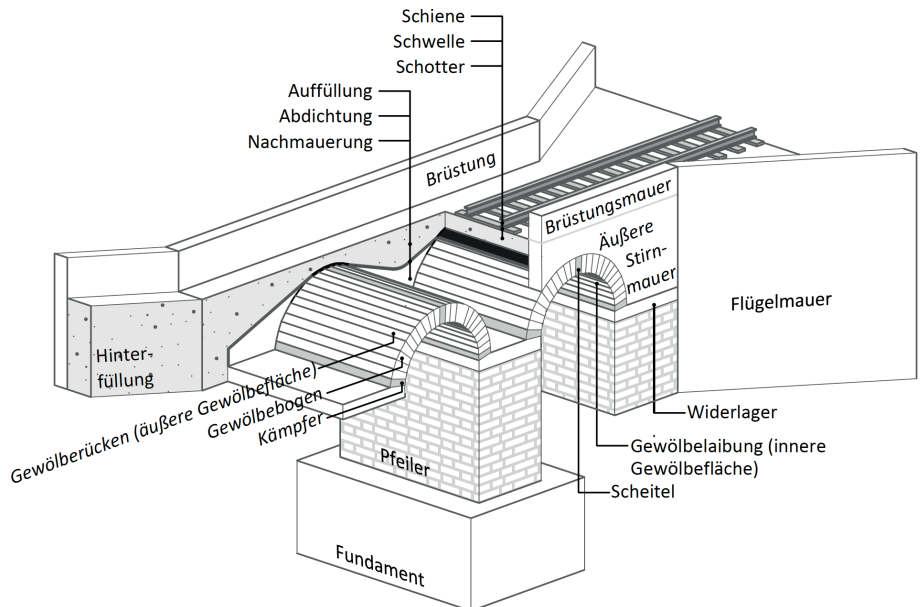


Bild 1: Grundsätzliche Elemente einer Eisenbahngewölbebrücke, nach [2]

Technisch begründet ist diese Langlebigkeit in der massiven, monolithischen Bauweise der Gewölbebrücken. Das Tragwerk besteht überwiegend aus Naturstein- oder Ziegelmauerwerk, dessen homogene Struktur keine korrosions- oder ermüdungsanfälligen Bauteile wie Lager, Bewehrungen oder metallische Verbindungselemente aufweist. Durch die charakteristische Bogenform werden Eigen- und Verkehrslasten in Druckkräfte umgewandelt und gleichmäßig über den Gewölbekörper verteilt, wodurch lokale Spannungsspitzen vermieden werden. Hinzu kommt die vergleichsweise geringe dynamische Beanspruchung infolge der meist relativ kurzen Spannweiten, die Schwingungsanregungen und damit verbundene Ermüdungserscheinungen weitgehend ausschließt. Zahlreiche empirische und materialtechnische Untersuchungen bestätigen, dass diese konstruktive Einfachheit und die daraus resultierende Robustheit entscheidend zur außergewöhnlichen Lebensdauer beitragen. Im Vergleich dazu zeigen Brücken jüngerer Bauart, insbesondere solche aus Stahl, Stahlbeton oder in Walzträger-in-Beton-Bauweise, eine deutlich stärkere Zustandsverschlechterung im Zeitverlauf. Diese Erkenntnis unterstreicht den hohen konstruktiven und materialtechnischen Wert von Gewölbebrücken und macht sie zu einem wichtigen Referenzsystem für nachhaltige und ressourcenschonende Bauweisen im heutigen Ingenieurbau [4], [5].

Diese bemerkenswerte Resilienz der Bauweise rechtfertigt aus technischer und ökonomischer Sicht eindeutig den Substanzerhalt gegenüber einem kostenintensiven Ersatzneubau. Rechtlich wird der Erhalt durch den Bestandsschutz gemäß § 1 Abs. 4 EBO [6] gestützt: Bestehende Anlagen gelten als betriebssicher, solange keine wesentlichen Änderungen vorgenommen werden. Damit wird eine zustandsorientierte Instandhaltung gefordert, ohne pauschalen Anpassungsdruck an aktuelle Neubaurichtlinien.

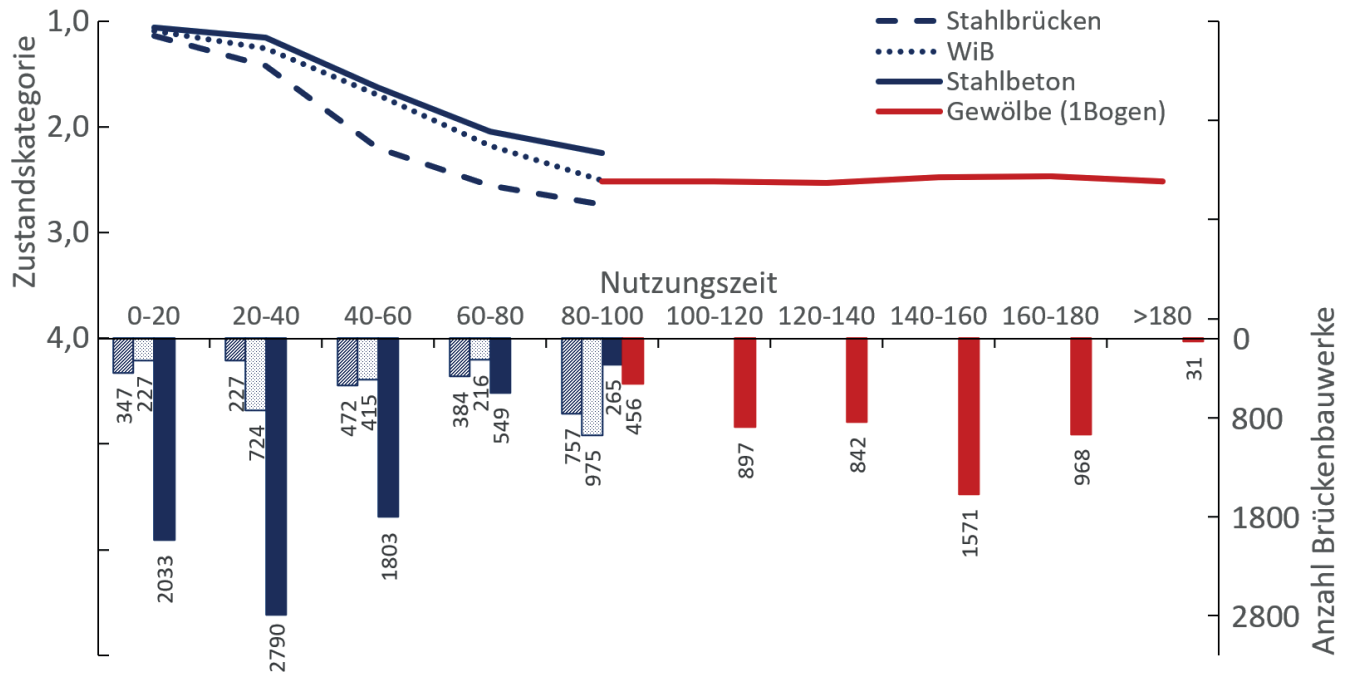


Bild 2: Verlauf der Zustandskategorie über die Nutzungszeit von div. Brückenbauwerken der DB, aus [2] (mod.)

1.3 Politische und kulturelle Verantwortung

Die DB verfügt über einen umfangreichen Bestand historischer Gewölbebrücken aus Natursteinmauerwerk, deren Baualter oftmals weit über ein Jahrhundert hinausreicht. Trotz äußerlicher Verwitterungsmerkmale wie Risse, Ausblühungen oder Abplatzungen erfüllen diese Tragwerke bis heute zuverlässig ihre statische Funktion und tragen moderne Achslasten sowie hohe Geschwindigkeiten. Ihre häufig defizitär wirkende äußere Erscheinung führte jedoch lange Zeit zu erhöhten Zustandsbewertungen und zum bevorzugten Ersatzneubau, insbesondere im Rahmen der bis 2024 gültigen Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung [7] welche Erhaltungsmaßnahmen an Unterbauten kaum berücksichtigte.

Großbelastungsversuche relativieren diese Praxis erheblich: Selbst Bauwerke der Zustandskategorie 4 erreichten Tragreserven bis zum Sechsfachen des Lastmodells LM 71, ohne zusätzliche strukturelle Schäden zu entwickeln. Damit ist belegt, dass die Tragfähigkeit historischer Gewölbe durch den visuellen Eindruck häufig unterschätzt wird und die dominierenden Schadensbilder hauptsächlich auf Dauerhaftigkeitsdefizite infolge langfristiger Feuchtwirkung zurückzuführen sind. Parallel hierzu verschieben Transformationsprozesse im Bauwesen den Fokus zunehmend hin zu Weiterbau- und Erhaltungsstrategien. Weiterbauen bedeutet dabei mehr als Konservierung. Es zielt auf die funktionale Aktualisierung bestehender Tragwerke ab und integriert technische, gestalterische, ökologische, wirtschaftliche und kulturelle Anforderungen. Diese Herangehensweise fördert Ressourceneffizienz und ermöglicht die Einbindung historischer Ingenieurleistungen in moderne Infrastruktursysteme. Gleichzeitig entstehen Zielkonflikte zwischen Denkmalpflege, ingenieurtechnischen Ertüchtigungserfordernissen und betrieblichen Anfor-

derungen aus dem Schieneninfrastrukturbereich, deren Ausgleich ein interdisziplinäres Planungsverständnis voraussetzt.

Im Bewertungsrahmen des Dreisäulenmodells der Nachhaltigkeit entfalten historische Eisenbahnbrücken dadurch einen Mehrwert [8]. Sie besitzen kulturelle Signifikanz, weisen eine hohe Ressourcenökonomie auf und sind funktional als integrale Elemente vernetzter Verkehrssysteme zu betrachten. Vor diesem Hintergrund ergibt sich eine klare Empfehlung zugunsten einer erhaltungsorientierten, prozesshaften Weiterentwicklung historischer Gewölbebrücken. Dieser Ansatz verbindet technische Optimierung, kulturelle Kontinuität und ökologische Effizienz und fügt sich in moderne, ganzheitliche Bewertungsmethoden ein, wie sie u. a. in Projekten im DFG-Schwerpunktprogramm 2255 „Kulturerbe Konstruktion“ erarbeitet werden. Die Weiterentwicklung entsprechender Regelwerke, insbesondere der Ril 804 [9], stärkt damit nicht nur die strukturelle Sicherheit, sondern auch die kulturelle Resilienz und Nachhaltigkeit historischer Eisenbahnbrücken [10]–[12].

2 Anforderungen an die Weiternutzung

2.1 Bestandsinformationen effektiv nutzen

Ob bestimmte Maßnahmen in der Instandsetzung von historischen Eisenbahngewölbebrücken wirksam die Nutzungszeit verlängert haben, kann nur anhand einer systematischen Auswertung von zurückliegenden Bestandsinformationen erfolgen. Ausgangspunkt einer Studie aus dem Regionalbereich Südost der DB InfraGO AG war die vollständige Digitalisierung der Bauwerksbücher von 33 Brücken mit ausgeführten Fahrbahnplatteninstandsetzungen. Diese Datengrundlage wurde anschließend in eine strukturierte Auswertungslogik

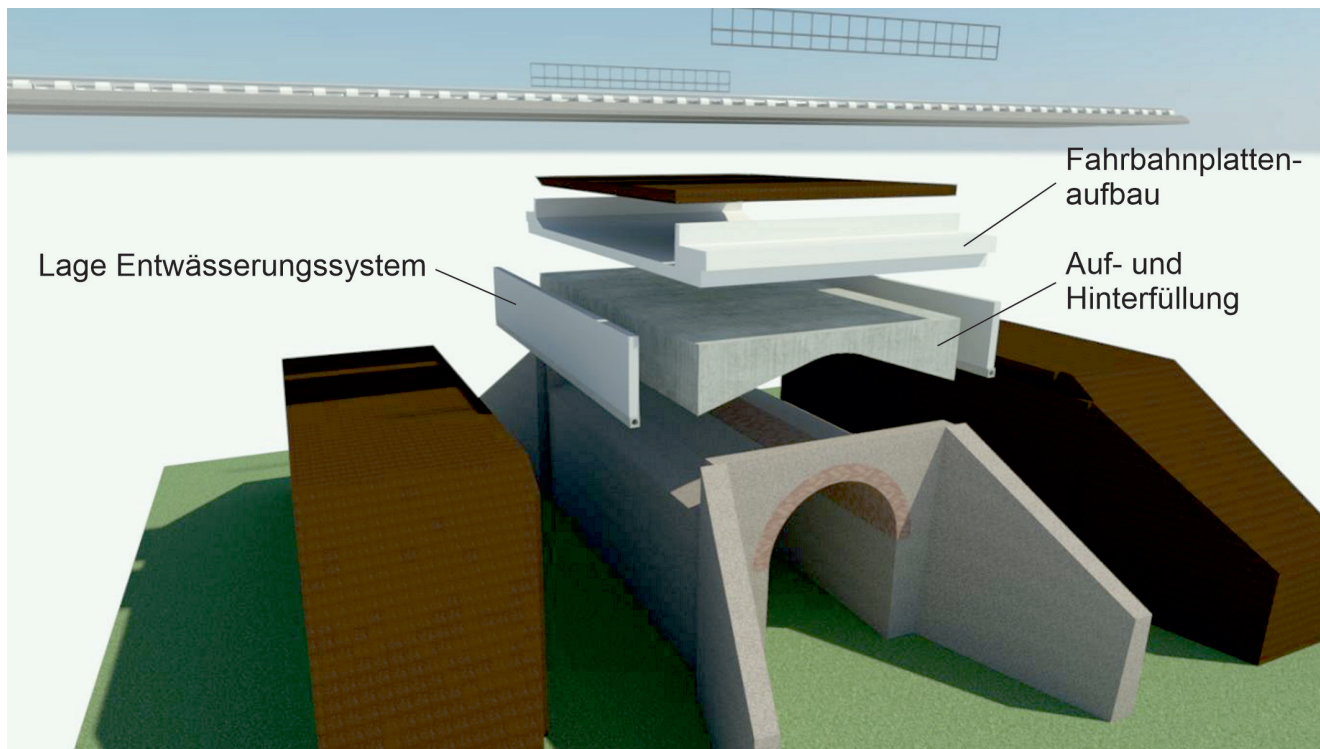


Bild 3: Ausbildung einer Fahrbahnplatte mit Hinterfüllung, Filtersteinen, Entwässerungspunkten auf einem bestehenden Gewölbe

Grafik: Abdeen, DB InfraGO AG

überführt. Hierfür wurde für jedes Bauwerk ein datenbankgestütztes Elementblatt erstellt, in dem sämtliche Schadens- und Instandsetzungsereignisse chronologisch entlang sogenannter Jahresscheiben verortet wurden.

Da die Bauwerksbücher über mehrere Jahrzehnte hinweg von unterschiedlichen Prüfern erstellt wurden und daher erhebliche terminologische Uneinheitlichkeit aufwiesen, war eine systematische Neuklassifikation der Schadenskategorien erforderlich. Die Vereinheitlichung erfolgte anhand des Hauptbefunds: Alle Feuchteschäden einschließlich Bewuchs und sekundärer Ausblühungen wurden der Kategorie „Feuchte“ zugeordnet. Fugen-, Stein-, Schräg-, Längs-, Quer- und Netzrisse wurden in der Kategorie „Risse“ zusammengeführt. Abplatzungen, Steinverluste und Ankerdefekte wurden unter „Steinausbrüche“ subsumiert. „Aussinterungen“ sowie „Verformungen, Verschiebungen und Verkippungen (VVV)“ wurden als eigenständige Kategorien geführt.

Für die Beurteilung der Schutzwirkung von Fahrbahnplatten war die zeitliche Relation zwischen Schadensdokumentation und Einbauzeitpunkt der Fahrbahnplatte maßgebend [13]. Dabei handelt es sich um eine Stahlbetonplatte mit oberliegender Abdichtung, die nachträglich im Zuge einer Sperrpause auf das Gewölbetragwerk aufgesetzt wird. Entwässerungselemente bestehend aus Filtersteinen und Grundrohr mit einer ergänzenden neu eingebrachten Auf- bzw. Hinterfüllung beschreiben dabei die gesamte Situation, um eine Weiternutzung der Gewölbe sicherzustellen, s. Bild 3.

Aussagekräftige Bewertungen sind nur möglich, wenn ausreichende Schadensaufzeichnungen bereits aus der

Zeit vor dem Einbau der Fahrbahnplatte vorliegen. Von den 33 untersuchten Brücken erfüllen 14 diese Anforderung, da sie zeitlich unterhalb des Einbauverlaufs liegen und somit eine vor- und rückblickende Analyse relativ zur Stunde null, dem Einbau der Fahrbahnplatte, ermöglichen. Auf Basis dieser strukturierten Datengrundlage lassen sich Veränderungen der Schadenshäufigkeit und Schadensausprägung nach Installation der Fahrbahnplatte nachvollziehen und damit belastbare Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Fahrbahnplatteninstandsetzung im Sinne des Schutzes des Gewölbetragwerks ziehen.

2.2 Bauwerksdiagnostik als Schlüssel zum Erhalt

Die Bauwerksdiagnostik historischer Eisenbahngewölbebrücken erfolgt in einem zweistufigen Verfahren, das systematisch die Erfassung, Analyse und Bewertung des Bestandsbauwerks sicherstellt. In der Stufe 1 wird der aktuelle Zustand des Bauwerks umfassend dokumentiert. Pläne, historische Quellen und frühere Prüfberichte werden ausgewertet. Ergänzend erfolgt eine orientierende Brückenbesichtigung zur qualitativen Beurteilung von Materialzustand, Tragwerk und denkmalpflegerischen Aspekten. Hieraus werden projektspezifische Zielsetzungen abgeleitet, der Bedarf weiterführender Untersuchungen definiert und eine strukturierte Untersuchungsplanung erstellt. Stufe 2 umfasst die Umsetzung dieser Untersuchungen, einschließlich Kernbohrungen, Materialanalysen und ergänzender Messungen, wobei gewonnene Erkenntnisse kontinuierlich in die Bewertung des Tragwerkszustands und die Planung von Instandsetzungsmaßnahmen einfließen, s. Bild 4.

Die Analyse historischer Mauerwerksstrukturen berücksichtigt Natursteine, Ziegel und Mörtel. Wesentli-

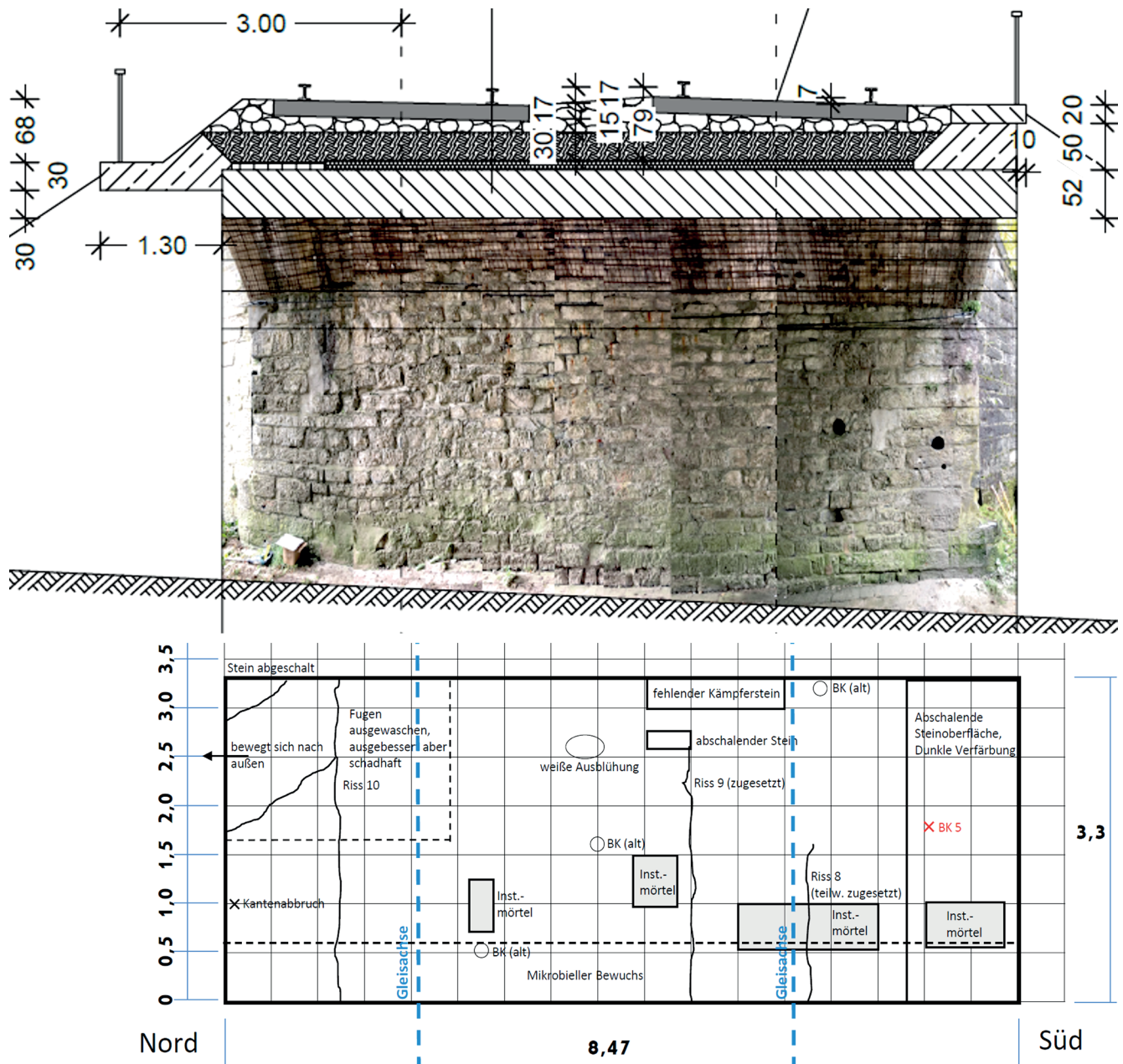


Bild 4: Diagnostische Beurteilung einer aufgehenden Gewölbewiderlagerwand mit vorgelagerter Schadensgrobkartierung zur Ableitung weiterführender Bohrkernentnahmen

Abbildung: Conrad Pelka

che Materialparameter sind Druck-, Zug- und Biegefestigkeiten, Porosität, Wasseraufnahme, Rohdichte und chemische Zusammensetzung. Diese Werte bestimmen Tragfähigkeit, Verformungsverhalten und die Auswahl kompatibler Sanierungsmaterialien. Unterschiede zwischen Natursteinen, von dichten Graniten bis zu porösen Sandsteinen, sowie zwischen historischen Kalk- und Portlandzementmörteln sind für die lokale Bemessung und Materialverträglichkeit entscheidend.

Das Tragverhalten von Mauerwerk wird durch das elastische Verhalten der Steine, die plastische Reaktion des Mörtels sowie Fugen- und Verbundcharakteristika geprägt. Wichtige Schadensmechanismen sind Quersugversagen bei regelmäßigem Mauerwerk und lokale Überbeanspruchung der Fugen bei Bruchsteinmauerwerk. Die Tragfähigkeitsbewertung integriert mechanisch-physikalische Kennwerte, geotechnische Parameter und Wechselwirkungen mit der Hinterfüllung

der Widerlager. Die Ermittlung und Auswertung der Materialparameter erfolgt normativ und empirisch gestützt, u. a. nach Ril 805 [14], DIN EN 1996-1-1/NA [15] und UIC-Kodex 778-3 [16] ergänzt durch statistische Sicherheitskonzepte der semiprobabilistischen Bemessung nach Eurocode 0 [17]. Dieses Vorgehen schafft eine belastbare Grundlage für materialgerechte, denkmalverträgliche und technisch fundierte Instandsetzungen historischer Gewölbebrücken, wofür im nächsten Schritt der Nachweis der Tragfähigkeit erfolgt [18].

2.3 Randbedingungen der statischen Nachweisführung

Eingangsparameter für die statische Nachrechnung sind Informationen zum Bestand, bspw. aus historischen Planunterlagen, sowie die Ergebnisse der Bauwerksdiagnostik mit gewonnenen Materialkenntnissen. Die tatsächliche Tragfähigkeit von Gewölbebrücken lässt



Bild 5: Versuchsaufbau für die Messung der Reaktionen von Eisenbahnlasten an einer Gewölbebrücke

Foto: Jenny Keßler

sich jedoch mit Berechnungen aufgrund des räumlichen Tragverhaltens, der monolithischen Bauweise, der Fähigkeit zur Lastumlagerung, der Ermittlung realistischer Materialparameter sowie den mitwirkenden Bauteilen nur schwer ermitteln. Besonders wenn bereits Schäden am Bauwerk vorhanden sind, lässt sich der Lastabtrag nur schwer bis gar nicht nachvollziehen. Verschiedene experimentelle Untersuchungen zeigen eine hohe Tragfähigkeit auf, die mit Berechnungsmodellen nicht erreicht werden konnte [19]. Untersuchungen von [20] an einer Natursteingewölbebrücke zeigen, dass das Gewölbe nur einen Anteil von 42 % an der Tragfähigkeit aufweist, während auch Stirnwände und Auffüllung erheblich beitragen.

Aufgrund der geometrischen Komplexität kommt der Modellbildung zur Nachrechnung eine entscheidende Rolle zu. Während detaillierte 3D-Finite-Elemente-Modelle prinzipiell das Tragverhalten realistisch abbilden können, weisen sie oft eine geringe Benutzerfreundlichkeit auf und erfordern äußerst detaillierte Eingangsparameter zu Geometrie und Material. Demgegenüber bieten empirische Verfahren, wie bspw. die MEXE-Methode [16], schnelle Lösungen, jedoch auf Grundlage vieler konservativer Vereinfachungen, was zum Nachweis der Tragfähigkeit häufig nicht ausreicht. Daher eignen sich mehrstufige Verfahren mit steigender Genauigkeit und Komplexität [14], [16].

Zur Nachrechnung von Gewölbebrücken existieren nur wenige Regelwerke. Die Mauerwerksnorm Eurocode 6 [15] ist hauptsächlich auf den Hochbau ausgerichtet und daher nur eingeschränkt auf gemauerte Brücken übertragbar. Auf internationaler Ebene bietet der UIC-Kodex 778-3 [16] einige Hinweise. Die DB hat sich der Problematik Bestandsbewertung durch die Entwicklung der

Richtlinie 805 [14] angenommen. Die Randbedingungen zur Nachrechnung von Eisenbahngewölbebrücken sind im Modul 805.0203 [14] festgelegt. In [16] und [14] werden Stufenkonzepte zur Nachrechnung von Eisenbahngewölbebrücken empfohlen.

Bewertungsstufe 1 basiert auf konservativsten Annahmen und soll eine Aussage liefern, ob die Tragfähigkeit erreicht werden kann. Weist das Tragwerk auch in dieser Stufe keine Tragfähigkeit auf, sollte die Bewertung fortgesetzt werden und in den folgenden Stufen 2–4, so dies gerechtfertigt ist, weniger konservativ sein.

Wenn mit diesen Rechenmodellen die Tragfähigkeit für das Ziellastniveau nicht nachgewiesen werden kann oder Berechnungsergebnisse nicht zum Erscheinungsbild des Bauwerks passen, bieten messtechnische Untersuchungen in Bewertungsstufe 4 den Vorteil, das Tragverhalten genauer zu erfassen, vgl. Bild 5. Dafür werden gezielt Lasten, z. B. eine Lokomotive, auf das Bauwerk aufgebracht und dessen Reaktionen gemessen. Befindet sich die aufgebrachte Belastung im Bereich des Ziellastniveaus, kann der Nachweis der Tragfähigkeit direkt experimentell erfolgen. Da dies allerdings mit vergleichbar hohem Aufwand zur Aufbringung der Lasten verbunden ist, wird häufig die sogenannte hybride Statik angewendet. Dabei werden Bauwerksreaktionen unter Gebrauchslasten, bspw. während regulärer Zugüberfahrten, gemessen und zur Kalibrierung numerischer Modelle verwendet. Mit diesen Modellen kann dann der Nachweis des Ziellastniveaus erfolgen. Gerade bei historischen Bauwerken, wie Gewölbebrücken, zu denen häufig nur wenige Bestandsinformationen vorhanden sind, können Belastungsversuche eine zielführende Methode sein, diese zu bewerten und Unsicherheiten auszuräumen. Aus den Ergebnissen der Nachrechnung in

Kombination mit der Bauwerksdiagnostik können die Zukunftsfähigkeit der Bauwerke bewertet und erforderliche Ertüchtigungs- oder Verstärkungsmaßnahmen abgeleitet werden.

3 Zielführende Instandsetzungsmaßnahmen

3.1 Möglichkeiten der Weiternutzung

Die nachhaltige Weiternutzung historischer Eisenbahngewölbebrücken erfordert Instandsetzungsstrategien, die sowohl die strukturelle Integrität wiederherstellen als auch hygrisch bedingte Schädigungsmechanismen langfristig vermeiden. Feuchtigkeitseinwirkungen gelten als zentraler Degradationsfaktor und führen zu einer Verschlechterung der baulichen Zustandskategorie. Unter Berücksichtigung statischer, materialseitiger, entwässerungstechnischer und denkmalpflegerischer Rahmenbedingungen kann durch geeignete Maßnahmen eine Verlängerung der Nutzungsdauer von mehr als fünf Jahrzehnten erreicht werden.

Je nach Schädigungsgrad kommen dabei sowohl konservative Substanzerhaltungsansätze als auch tiefgreifende Tragwerksertüchtigungen in Betracht, s. dazu Bild 6. Eine Mauerwerksinstandsetzung bietet sich insbesondere bei lokal begrenzten Schädigungen und ausreichender Standsicherheit an. Durch den Austausch geschädigter Steine, Fugenerneuerungen und Tiefeninjektionen kann der Verbund des Gefüges verbessert und Substanzverlusten vorgebeugt werden. Diese Vorgehensweise ist ressourcenschonend und weitgehend streckenverträglich, setzt aber ein hohes Maß spezialisierter handwerklicher Kompetenz voraus, um die denkmalpflegerische Authentizität sicherzustellen. Verankerungen oder Vernadelungen können bei Stirnringrissen eine Stabilisierung bewirken, indem unterschiedliche Verformungs- und Steifigkeitszonen ausgeglichen werden. Diese Maßnahme erhöht die Dauerhaftigkeit, bewirkt jedoch keine grundlegende Verbesserung des inneren Gefüges und kann, insbesondere bei außenliegenden Systemen, das Erscheinungsbild historischer Ansichtsflächen beeinträchtigen. Der Einbau einer tragenden oder nichttragenden Spritzbetonschale an der Gewölbeinnenseite ermöglicht eine konstruktive Sicherung des Tragwerks sowie einen Schutz vor Ausspülungen und herabfallenden Bauteilen. Voraussetzung ist ein dauerhaft kraftschlüssiger Haftverbund. Da Feuchtigkeit bei fehlender bzw. mangelhafter Entwässerung weiterhin über die Rückseite eindringen kann und die historische Innenseite weitgehend verdeckt wird, ist diese Maßnahme im Spannungsfeld zwischen konstruktiver Sicherheit und denkmalpflegerischer Zielsetzung sorgfältig abzuwägen. Eine neue Rückenabdichtung bietet einen wirksamen Schutz vor Feuchteintrag und Materialauswaschung. Je nach Notwendigkeit kann der vollständige Rückbau der Auf- und Hinterfüllbereiche die Einrichtung regelkonformer Abdichtungs- und Entwässerungssysteme bei gleichzeitigem Erhalt der äußeren Erscheinungsform unterstützen. Diese Vorgehensweise ist vor allem bei kul-

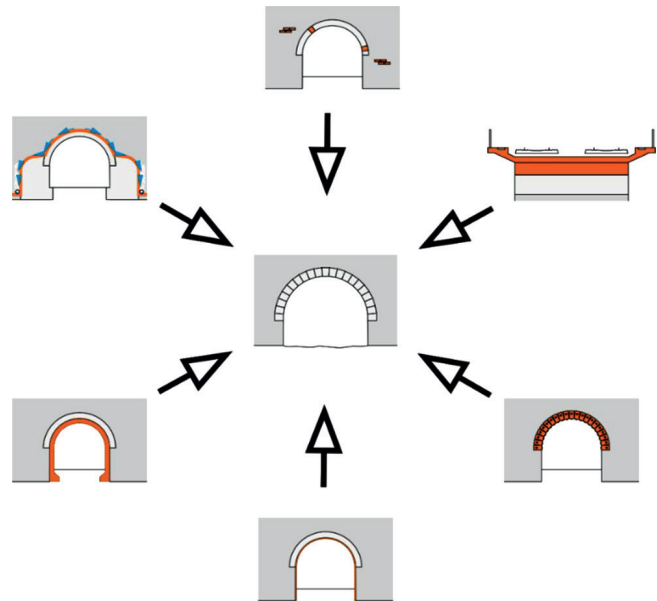


Bild 6: Instandsetzungsmöglichkeiten zur Weiternutzung einer Gewölbebrücke
Grafik: Conrad Pelka, nach [21]

turhistorisch bedeutsamen Beständen vorteilhaft, kann jedoch betriebliche Einschränkungen erfordern.

Die Erneuerung oder Ergänzung der Fahrbahnplatte stellt schließlich eine tragfähige Grundlage für zeitgemäße Lastverteilung, Abdichtung und Entwässerung dar. Abhängig von baulichen Randbedingungen können Ort-, Halb- und Fertigteilssysteme oder bei reduzierter Bauhöhe ultrahochfeste Faserbetonverbundplatten eingesetzt werden. Trotz temporärer Betriebseinschränkungen gilt die Maßnahme als besonders wirksamer Ansatz zur Anpassung der Tragwerke an heutige und künftige verkehrliche Anforderungen. Insgesamt zeigt sich, dass keine der beschriebenen Instandsetzungsstrategien aus Bild 6 eine universelle Lösung darstellt. Vielmehr ist ihre Wirksamkeit stets im Spannungsfeld tragwerksmechanischer, betrieblicher, denkmalpflegerischer und wirtschaftlicher Belange zu bewerten. Eine interdisziplinär abgestimmte Vorgehensweise stellt dabei die zentrale Voraussetzung für eine technisch robuste, betrieblich verträgliche und kulturell verantwortungsvolle Weiternutzung historischer Eisenbahngewölbebrücken dar [21]–[23].

Zusammenfassend zeigen die dargestellten Verfahren, dass die Weiternutzung historischer Eisenbahngewölbebrücken sowohl über konservative Substanzerhaltungsmaßnahmen als auch über tiefgreifende konstruktive Ertüchtigungen gewährleistet werden kann. In jedem Fall ist eine integrale Planung erforderlich, die Bauwerksdiagnostik, Tragwerksplanung, Entwässerungskonzept, Denkmalschutz und bahnbetriebliche Rahmenbedingungen in kohärenter Form zusammenführt.

3.2 Hauptinstandsetzungsmethode Fahrbahnplattenbau

Aufbauend auf der schadenbasierten Differenzierung nach dem Zeitpunkt des Fahrbahnplatteneinbaus wurde

die Wirksamkeit eines Fahrbahnplatteneinbaus als Instandhaltungsstrategie unter Einbeziehung dreier maßgeblicher Parameter:

- Fahrbahnplattengeometrie,
- Entwässerungsanordnung sowie
- Materialsteifigkeit der Auf- und Hinterfüllung

vergleichend untersucht. Ziel war nicht die Ermittlung eines singular dominanten Einflussfaktors, sondern die Ableitung eines belastbaren Wirkungs- bzw. Mindestanforderungsbereichs, der eine funktional robuste und hygrisch stabile Nutzungsdauerverlängerung historischer Gewölbebrücken im Netz der Deutschen Bahn ermöglicht.

Die empirischen Auswertungen ausgewählter, mit Fahrbahnplatten instand gesetzter Bauwerke des Regionalbereichs Südost zeigten eine signifikante Korrelation zwischen der Steifigkeit der Auf- und Hinterfüllmaterialien sowie der daraus resultierenden Rissbildung im Gewölbebogen. Höhere Materialfestigkeiten, insbesondere bei Normalbeton im Bereich C16/20 bis C25/30, gehen mit deutlich erhöhten Rissanzahlen einher (im Mittel ca. 18 Risse pro Gewölbe, Maximalwerte bis 32), wohingegen Bauwerke mit geringer festen Materialien wie Erdmassen, Füllbetone oder Mauerwerk durchschnittlich 9–11 Risse aufwiesen. Auch der Bezug zu den vorkommenden Rissauswertungen bestätigt ein wiederkehrendes Schadensmuster mit Schwerpunkt im Viertelpunktbereich, unabhängig von der Materialsteifigkeit. Insgesamt wurden bei 53 Gewölben 428 Risse registriert, davon 268 im Kämpfer und 160 im Scheitel. Diese Befunde weisen darauf hin, dass durch gestaffelte Materialkonzepte mit graduell zunehmenden Steifigkeiten vom Kämpfer bis zum Scheitel (z. B. mineralische Tragschichten, hydraulisch gebundene Tragschichten, lokal Füllbetone) Spannungsumlagerungen wirksam reduziert werden konnten. Die Ergebnisse legen nahe, dass ein zu steifer Hinterfüllverbund die strukturelle Interaktion zwischen Gewölbeschale und Fahrbahnplatte negativ beeinflusst und rissauslösende Randspannungen begünstigen kann. Ein Verschieben der Stützlinie im Bogen kann so über mehrere Jahre von einem Problem der Dauerhaftigkeit zu einem schwerwiegenden Tragfähigkeitsproblem mit entsprechender Lastumlagerung führen.

Parallel hierzu zeigt die Analyse des hygrischen Schädigungsgeschehens eine deutliche Abhängigkeit zwischen Feuchteentwicklung und Tiefenlage des Entwässerungsröhres an der Widerlagerrückwand. Die geringsten Feuchteschäden im Kämpferbereich treten bei einer Positionierung des Sammelentwässerungssystems im Bereich von 0–50 cm oberhalb der

Kämpferlinie auf, während höhere Rohrlagen Rückstauprozesse und vermehrte Feuchteakkumulation im Scheitel begünstigen. Die Befunde verdeutlichen, dass eine hydraulisch wirksame Entkoppelung zwischen Gewölberückseite und Fahrbahnplatte eine zentrale Voraussetzung für die Dauerhaftigkeit des Gesamtsystems darstellt.

Im Zusammenspiel mit den zuvor dargestellten Instandsetzungsprinzipien lässt sich ableiten, dass Fahrbahnplattensysteme ihre höchste Wirksamkeit dann entfalten, wenn sie eine lastverteilend wirkende Tragstruktur erzeugen, eine definierte hygrische Entlastung sicherstellen und wenn ein abgestimmtes Hinterfüllkonzept auf dem Gewölberücken ausgebildet wird.

3.3 Innovative Werkstoffe bei historischer Bausubstanz

Eine wirkungsvolle Instandsetzung historischer Eisenbahngewölbebrücken erfordert die Integration innovativer Hochleistungswerkstoffe, um eine Funktionalität und Lebensdauer vergleichbar mit Neubaukonstruktionen zu erreichen, während gleichzeitig die historische Bausubstanz bewahrt wird. In diesem Kontext haben sich zwei Werkstofftechnologien als besonders geeignet herausgestellt: Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) für die Reprofilierung und Ertüchtigung tragender Plattenstrukturen sowie textilbewehrter Carbonbeton für die dünn-schichtige, rissverteilende Rückenabdichtung. UHFB zeichnet sich durch eine extrem hohe Dauerhaftigkeit, mechanische Festigkeit und integrierte Wasserundurchlässigkeit aus. Durch optimierte Partikelpackung, einen sehr niedrigen Wasser-Zement-Wert von ca. 0,15 und Kurzfasern werden Druck- und Zugfestigkeiten maximiert, während Rissbildungen im Gebrauchszustand weitgehend verhindert werden. Die geringe Bauteildicke von 30–100 mm und das reduzierte Eigen-



Bild 7: UHFB-Fahrbahntrög auf der Bahnstrecke von Luzern nach Immensee in der Schweiz

Foto: Prof. Brühwiler

gewicht ermöglichen schlanke und leichte Plattenkonstruktionen, die selbst bei begrenzten Oberbauhöhen einen effizienten Traglastwiderstand besitzen [24]–[26].

UHFB kann gleichzeitig statische, abdichtende und fahrbahntragende Funktionen in einem Bauteil kombinieren, wodurch zusätzliche Schutzschichten entfallen und die Nutzungsdauer der Bauwerke signifikant verlängert wird. So wurden mit dem Werkstoff schon über 400 Anwendungen in der Schweiz durchgeführt, zuletzt die Fahrbahntröge auf der Schweizerischen Bundesbahnstrecke von Luzern nach Immensee, bei denen extrem schlanke UHFB-Fertigteilmfahrbahntröge zum Einsatz kamen, s. Bild 7 [27].

Ergänzend bietet der Einsatz von Textilbeton eine praxiserprobte Lösung für die Abdichtung des Gewölberückens unter beengten Bauverhältnissen. Die nichtmetallischen und z. B. mit Acrylat getränkten Carbonfasern, die mit einem Mörtelsystem umhüllt werden und auf den Gewölberücken aufgelegt werden, sorgen dadurch für eine gezielte Entkopplung vom Untergrund, wodurch Spannungen aus dem historischen Mauerwerk nicht auf die Abdichtung übertragen werden. Die potentiell dünnen Schichten ermöglichen die Anwendung von Textilbeton auch bei begrenzten Überdeckungshöhen. Pilotprojekte wie das Kewag-Viadukt bei Koblenz [28] zeigen, dass der Einbau von textilen Gelegen in Kombination mit polymermodifizierten Haftmitteln und einem Monitoringsystem zur Feuchteüberwachung effizient und praxisnah umgesetzt werden kann.

Die Anwendung dieser beider Werkstoffe erlaubt eine schnelle, ressourceneffiziente Instandsetzung. Es werden Bauzeit und Eingriffe in die historische Substanz minimiert, die Tragfähigkeit der Gewölbestruktur kann unterstützt werden und die Konstruktion wird gegen Feuchte- und Lastschäden langfristig gesichert. Vergleichende Anwendungsfälle zeigten, dass bei UHFB in über 400 Maßnahmen die Dauerhaftigkeit seit mehr als 20 Jahren gewährleistet ist [25], [29].

4 Zusammenfassung und Ausblick

Historische Eisenbahngewölbebrücken stellen bedeutende Ingenieurbauten dar, die über Jahrhunderte hinweg Lasten zuverlässig ableiten und auch größere Spannweiten überbrücken können. Mit einem durchschnittlichen Bauwerksalter von 133 Jahren bilden sie rund 20 % des Brückenbestands der Deutschen Bahn und sind sowohl aus technischer als auch aus ökologischer sowie kultureller Perspektive von herausragender Relevanz. Die Weiternutzung und Ertüchtigung dieser Bauwerke ermöglicht erhebliche CO₂- und Ressourceneinsparungen gegenüber Abriss und Neubau und trägt zur Bewahrung der historischen Baukultur bei.

Die nachhaltige Nutzung setzt eine umfassende Bestandsaufnahme voraus, welche die geometrischen, materiellen und strukturellen Eigenschaften der Bauwerke systematisch erfasst. Besonderes Augenmerk

liegt auf den altersbedingten Tragfähigkeitsverlusten, Rissmustern und Feuchtigkeitseintragungen, die zusammen mehr als die Hälfte aller Schäden verursachen. Aufbauend auf derartigen Daten erfolgt eine statische Nachweisführung unter Berücksichtigung der gesamten Bauwerksstruktur einschließlich Stirnmauern, Flügeln, Pfeilern, Kappen sowie Auf- und Hinterfüllungen. Der Einsatz moderner numerischer Verfahren, insbesondere dreidimensionaler nichtlinearer Finite-Elemente-Modelle, erlaubt eine realitätsnahe Abbildung des komplexen Tragverhaltens und der Interaktion aller Bauteile, während ergänzende geotechnische Untersuchungen die Boden-Bauwerks-Reaktion verifizieren. Belastungsfahrten mit kalibrierten Triebfahrzeugen liefern zudem empirische Erkenntnisse über die tatsächliche Tragfähigkeit, die oft über den zumeist konservativ angenommenen Werten liegt.

Auf Basis solcher Analysen kann dann die gezielte Ertüchtigung erfolgen, wobei die Fahrbahnplatte das zentrale Instandsetzungsziel darstellt. Sie übernimmt eine multifunktionale Rolle als Feuchtigkeitsschutz zur Prävention der Hauptschadensursache und als gleichmäßige Lastverteilung zur Tragfähigkeitssteigerung und ist die Basis zum Einsatz von modernen Abdichtungs- und Entwässerungssystemen. Innovative Ansätze wie extrem dünne Platten aus UHFB ermöglichen zudem schlanke Konstruktionen, die hohe Tragfähigkeit und wasserundurchlässige Eigenschaften kombinieren und kurze Bauzeiten bei minimaler Beeinträchtigung des historischen Tragwerks erlauben. Durch diese integrativen Maßnahmen lässt sich die Nutzungszeit von Gewölbebrücken erheblich verlängern, wobei die Kombination aus Bauwerksdiagnostik, numerischer Modellierung, Belastungsfahrten und gezielter Fahrbahnplattenerneuerung sowohl die strukturelle Sicherheit als auch die ökologischen und kulturellen Zielsetzungen in Einklang bringt.

Dank

Die vorliegenden Auswertungen und Analysen im Rahmen der Projekte „Fahrbahnplatten auf Gewölbebrücken“ (Laufzeit: 01/2020–12/2024) sowie „Nachrechnung von Gewölbebrücken“ (Laufzeit 01/2023–12/2026) wären ohne die enge Kooperation mit der Deutschen Bahn nicht möglich gewesen. Wir danken der DB InfraGO AG, Frankfurt am Main, für die großzügige Unterstützung, die unkomplizierten Zugänge und die konstruktive Zusammenarbeit mit den Projektleitenden.

Literatur

- [1] Kurrer, K.-E.: Geschichte der Baustatik – Auf der Suche nach dem Gleichgewicht. 2. Aufl., Wiley, 2016.
- [2] Keßler, J.; Pelka, C.; Marx, S.: Klassifizierung der Gewölbebrücken im Netz der Deutschen Bahn. Bautechnik 101 (2024) 7, S. 388–396. <https://doi.org/10.1002/bate.202300103>

- [3] Deutsche Bahn AG (Hrsg.): RIL 804.800x – Inspektion von Ingenieurbauwerken. Karlsruhe: DB Services Technische Dienste, 2020.
- [4] Monka, J.; Schacht, G.; Marx, S.: Eisenbahngewölbebrücken in Sachsen. in: Schermer, D.; Brehm, E. (Hrsg.): Mauerwerk Kalender 2022. Wiley, 2022, S. 443–462.
<https://doi.org/10.1002/9783433611029.ch14>
- [5] Pelka, C.; Monka, J.; Schacht, G.; Marx, S.: Technische Erweiterung und kulturelle Bedeutung von Eisenbahngewölbebrücken. in: Schermer, D.; Brehm, E. (Hrsg.): 2023 Mauerwerk Kalender, Wiley, 2023, S. 191–242.
<https://doi.org/10.1002/9783433611142.ch8>
- [6] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.): Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung – (EBO), § 1 Abs. 4. 5.4.2019.
- [7] Eisenbahn-Bundesamt (Hrsg.): Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung II („LuFV II“). 2014, online unter: https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Finanzierung/LuFV/lufv_node.html#doc-1689626bodyText2 (Zugriff am 09.01.2026)
- [8] Graubner, C.-A.; Baumgärtner, U.; Fischer, O.; Haardt, P.; Knauff, A.; Putz, A.: Nachhaltigkeitsbewertung für die Verkehrsinfrastruktur. Bauingenieur 85 (2010) 7/8, S. 331–340.
- [9] Deutsche Bahn AG (Hrsg.): Richtlinie 804 – Eisenbahnbrücken planen, bauen und instand halten. Karlsruhe: DB Services Technische Dienste, 2023.
- [10] Pelka, C.; Keßler, J.; Marx, S.: Gegenüberstellung der CO₂-Bilanz für Erhalt und Neubau von Bahnbrücken. Bautechnik 101 (2024). 2, S. 64–73
<https://doi.org/10.1002/bate.202400045>
- [11] Müller, J.; Bouyrakhen, Y.; Bösche, T.: Sanierung von Gewölbebrücken im LuFV-III-Rahmen. In: Tagungsband zum 20. Symp. Brückenbau in Leipzig, Brückenbau 13 (2021).
- [12] Deutsche Bahn AG (Hrsg.): Integrierter Zwischenbericht Januar–Juni 2025. 2025, online unter: https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2025/DB_ZB25_d_web.pdf
- [13] Pelka, C.: Sanierung von Gewölbebrücken. in: Tagungsband zum 61. Forschungskolloquium mit 9. Jahrestagung des DAfStb an der TU Dresden, 2022, S. 39–44. <https://doi.org/10.25368/2022.375>
- [14] Deutsche Bahn AG (Hrsg.): Richtlinie 805 – Tragfähigkeit bestehender Eisenbahnbrücken – Ril 805.0203 Grundlagen der Bewertung von Gewölben, Unterbauten und Gründungen. 5. Aufl., Karlsruhe: DB Services Technische Dienste, 2010.
- [15] DIN EN 1996-1-1:2013-02: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk.
- [16] Internationaler Eisenbahnverband (Hrsg.): UIC-Kodex 778-3 – Empfehlungen für die Inspektion, Bewertung und Instandhaltung von Gewölbebrücken aus Mauerwerk. 2. Aufl., Paris: Railway Technical Publications, 2020.
- [17] Handbuch Eurocode 0 – Grundlagen der Tragwerksplanung – Vom DIN konsolidierte Fassung. Berlin: Beuth, 2011.
- [18] Pelka, C.; Meichsner, E.; Unger, S.; Monka-Birkner, J.; Marx, S.: Bauwerksdiagnostik als Grundlage für Sanierungskonzepte historischer Eisenbahngewölbebrücken. in: Schermer, D.; Brehm, E. (Hrsg.): Mauerwerk Kalender 2024, Wiley, 2024, S. 443–503.
<https://doi.org/10.1002/9783433611524.ch16>
- [19] Schacht, G.; Marx, S.; Krontal, L.; Schwinge, E.; Hahn, O.: Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Bauwerksgeschichte, Zustandsentwicklung und Monitoring. in: Jäger, W. (Hrsg.): Mauerwerk Kalender 2018, Wiley, 2018, S. 75–92.
<https://doi.org/10.1002/9783433608050.ch4>
- [20] Weber, W. K.: Die gewölbte Eisenbahnbrücke mit einer Öffnung. Diss., TU München, 1999.
- [21] Mölter, T.; Fiedler, M.: Handbuch Eisenbahnbrücken. Leverkusen: Trackomedia, 2025.
- [22] Bösche, T.; Buchmann, L.; Sieber, M.; Döring, K.-H.: Erneuerung des Gleistragwerks am Göltzschtalviadukt. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014) 2, S. 88–95. <https://doi.org/10.1002/best.201300081>
- [23] Pelka, C.; Mölter, T.; Marx, S.: LuFV: 100 Jahre zusätzliche Lebensdauer für Gewölbebrücken? Der Eisenbahningenieur (2022) 05.
- [24] Kottmeier, K.; Holz, K.; Schacht, G.; Solbach, V.; Marx, S.: Ertüchtigung von Gewölbebrücken mit UHFB. Beton- und Stahlbetonbau 120 (2025) 6, S. 467–473. <https://doi.org/10.1002/best.202500012>
- [25] Bredow, D.; Brühwiler, E.; Thorstensen, R. T.; Schacht, G.: Anwendung von UHFB im Brückenbau – Beispiele und Herausforderungen für die Praxis. Bautechnik 100 (2023) 8, S. 494–500.
<https://doi.org/10.1002/bate.202300074>
- [26] Brühwiler, E.; Denarié, E.: Stahl-UHFB – Stahlbeton Verbundbauweise zur Verstärkung von bestehenden Stahlbetonbauteilen mit Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB). Beton- und Stahlbetonbau 108 (2013) 4, S. 216–226.
<https://doi.org/10.1002/best.201200076>
- [27] Brühwiler, E.: Ertüchtigung von Stahlbetonbrücken mit UHFB – Erfahrungen aus 400+ Anwendungen. Beton- und Stahlbetonbau 120 (2025) S1, S. 68–78.
<https://doi.org/10.1002/best.202400072>
- [28] Dahlhoff, A.; Büttner, T.; Pelka, C.; Raupach, M.; Marx, S.: Innovative Textilbetonrückenabdichtung auf Eisenbahngewölbebrücken. in: Raupach, M.; Schwamborn, B.; Wolff, L. (Hrsg.): 9. Koll. Erhaltung von Bauwerken – Fachtagung über innovative Lösungen für die Bauwerkserhaltung von heute und morgen: Tagungshandbuch 2025, Tübingen: expert, 2025.
- [29] Brühwiler, E.: Fertigteile und die integralen Bauwerke – Fertigteilbau mit Stahl-UHFB (UHPC). in: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): Beton Kalender 2021, Wiley, 2021, S. 875–905.
<https://doi.org/10.1002/9783433610206.ch9>