



- Digitale Zwillinge im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken
- Erhaltungsmanagement von Wasserstraßen
- Die Saaletalquerung bei Bad Kösen
- PIANC: Wissensnetzwerk für Wasserstraßen- und Hafenbau
- Neue Berliner Brücke in Duisburg auf der BAB 59



# RELAST® – DIE LÖSUNG FÜR BRÜCKENSANIERUNGEN UNTER FLIESENDEM VERKEHR

**Ressourcenschonend. Sicher. Schnell.**

Mit dem zugelassenen und innovativen Verstärkungs-  
system RELAST® von Würth lassen sich Brücken  
während des Betriebs kosteneffizient sanieren.



## Innovatives Verstärkungssystem mit bauaufsichtlicher Zulassung

- Erhebliche Steigerung der Querkraft- und Durchstanztragfähigkeit
- Deutliche Erweiterung der Nutzungsdauer des Bauwerks
- Verwendung für dynamisch (nicht-ruhend) belastete Tragwerke
- Sofortige Belastbarkeit
- Schnelle Installation unter Aufrechterhaltung des Betriebs
- Minimierung wirtschaftlicher Schäden durch Vermeidung von Staus
- Ressourcenschonend

**MEHR ERFAHREN!**

[www.wuerth.de/brueckensanierung](http://www.wuerth.de/brueckensanierung)  
[relast@wuerth.com](mailto:relast@wuerth.com)





# Inhalt Bautechnik 7/2025

**Zum Titelbild:** Im Zuge der Ortsumgehung Bad Kösen wurde eine semiintegrale Großbrücke über das Saaletal errichtet. Mit einer Gesamtlänge von 1226 m und einer Höhe von bis zu 65 m ist das Bauwerk eine der größten Talbrücken in Deutschland. Aufgrund der besonderen Randbedingungen kam bei der Saaletalquerung eine Hybridbauweise zur Anwendung. Der Mittelteil der Brücke wurde als Spannbetonhohlkasten im Freivorbau errichtet. Die nördlichen und südlichen Überbauten wurden hingegen in Stahlverbundbauweise mittels Takschiebeverfahren hergestellt und anschließend mit dem Spannbetonüberbau monolithisch zu einem fugenlosen Tragwerk verbunden. Weitere Informationen dazu lesen Sie im Beitrag von Toralf Zeißler et al.

Quelle: Toralf Zeißler et al.

## AUFSÄTZE

- Ronald Schneider, Patrick Simon, Ralf Herrmann, Falk Hille, Matthias Baeßler  
**Bestandteile Digitaler Zwillinge im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken**  
355
- Annemarie Seiffert  
**Erhaltungsmanagement von Wasserstraßen: Eine qualitative Methode zur Robustheitsbewertung**  
366
- Toralf Zeißler, Bastian Jung, Lars Dietz  
**Die Saaletalquerung bei Bad Kösen – eine außergewöhnliche Talbrücke in Hybridbauweise**  
373
- Gabriele Peschken, Nicole Langrock  
**PIANC: weltweites Wissensnetzwerk für Wasserstraßen- und Hafenbau**  
382
- Moritz Menge, Michael Arminger, Jiri Antos, Paul Kugler  
**Neue Berliner Brücke in Duisburg auf der BAB 59**  
390
- 401 **BAUTECHNIK Aktuell**  
404 **VERANSTALTUNGEN Bautechnik**

## Produkte & Objekte

- A4 Infrastruktur- und Verkehrswegebau  
A10 Lärmschutz

102. Jahrgang  
Juli 2025, Heft 7  
ISSN 0932-8351 (print)  
ISSN 1437-0999 (online)

### Peer-reviewed journal

Die Bautechnik ist im Journal Citation Report von Clarivate Analytics (vormals Thomson Reuters) sowie bei Scopus von Elsevier gelistet.

**Impact Factor 2023: 0,5**  
**CiteScore 2023: 1,3**

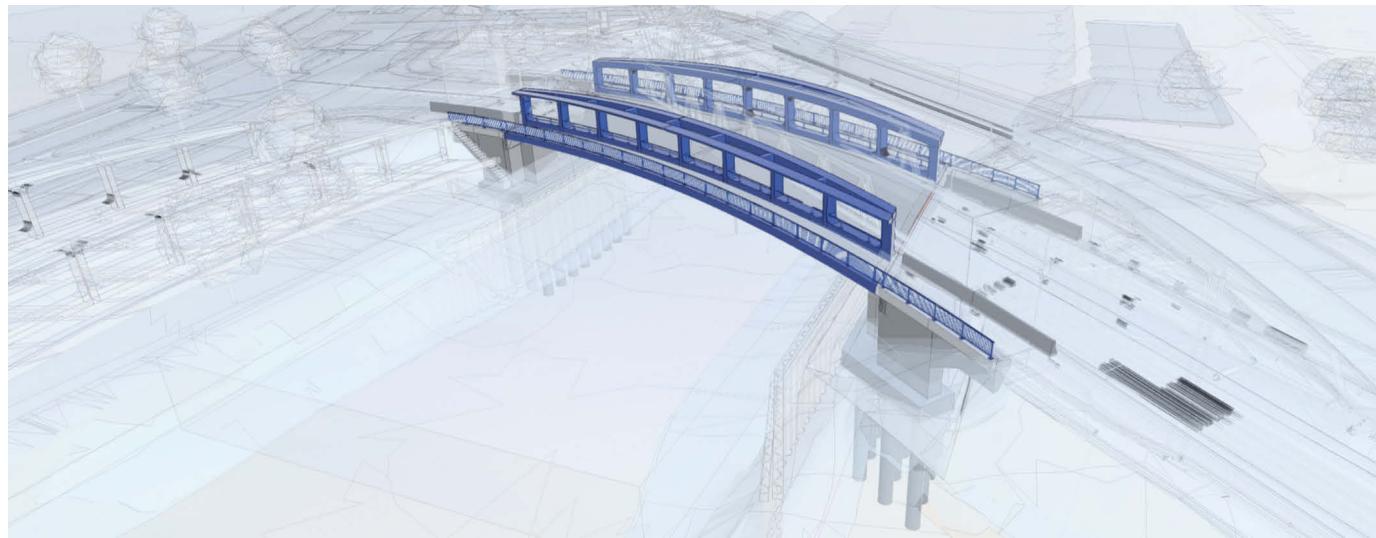
### Wiley Online Library

<http://wileyonlinelibrary.com/journal/bate>

 **Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand

[www.ernst-und-sohn.de/bautechnik](http://www.ernst-und-sohn.de/bautechnik)

## Großprojekte effizient und datenbasiert managen



(Quelle: AFRY)

AFRY hat eine automatisierte Qualitätsprüfung von BIM-Modellen entwickelt.

**Bei großen Infrastrukturprojekten sauber strukturierte, standariserte und überprüfbare BIM-Daten sicherstellen – mit der automatisierten Qualitätsprüfung von AFRY.**

Wer große Infrastrukturprojekte mit der BIM-Methodik plant, hat heute mit einer massiv gewachsenen Datenmenge und -komplexität zu tun. Das macht es schwierig sicherzustellen, dass die BIM-Daten immer sauber strukturiert sind und den Standards entsprechen. Die Folge sind ineffiziente Prozesse und mangelnde Transparenz über den Projektstatus. Im schlechtesten Fall werden Fehler nicht erkannt, die später aufwändig korrigiert werden müssen.

### Effiziente Standards, schlanke Prozesse

Um hier Abhilfe zu schaffen und alle Projektbeteiligten optimal zu unterstützen, hat AFRY eine automatisierte Qualitätsprüfung von BIM-Modellen entwickelt. Sie umfasst fünf Kategorien: Selbstprüfung, Initialprüfung, Fachprüfung, Geometrieprüfung und Informationsprüfung. Damit macht sie Fehler frühzeitig sichtbar, sodass kosten- und zeitintensive Korrekturen in späteren Projektphasen reduziert werden.

Die automatisierten Prüfungen werden gezielt durch visuelle Prüfungen ergänzt. So können Effizienz und Standardisierung mit planerischem Verständnis und Kontextwissen kombiniert werden – und das QMS gemäß ISO 9001 wird auf eine neue, digitale Stufe gehoben.

### Automatisierungen und verlässliche KI

Saubere Daten sind die Grundlage für Automatisierungen. Dies stellt AFRY mit eigens erstellten Vorlagen, spezifischen Software-Einstellungen und Prozessen sowie über alle Kunden bzw. Projekte abgestimmte Ergebnisdefinitionen sicher. Darüber hinaus investiert AFRY viel in seine Mitarbeitenden, um eine optimale Umsetzung der neuen Prozesse zu gewährleisten.

Die standardisierten Ergebnisse sind die Basis für gut strukturierte IFC-Modelle, die eine effiziente Planung und automatisierte Datenauswertung unterstützen. Und sie bieten Kunden umfassenden Mehrwert:



*„Damit die Projekte unserer Kunden effizient und im Zeitrahmen laufen, entwickeln wir wertvolle Tools auf Basis moderner Technologien.“*

Paul-Christian Max,  
Digital Transformation Manager, Projektleiter und BIM-Koordinator bei  
AFRY Deutschland

- Besseres Verständnis der Daten
- Möglichkeit zur Weiterverwendung der Daten in der Bau- und Betriebsphase
- Verlässlicher und einheitlicher Qualitätsstandard von AFRY
- Möglichkeit zur Übernahme der Modelle in Objektdatenbanken (für Betrieb)
- Gewerkeübergreifendes Know-how ermöglicht eine harmonisierte Auswertung der Modelldaten
- Saubere Daten als Basis für verlässliche Ergebnisse von KI-Modellen

### Wochenscharfer, datenbasierter Projektstatus

Über das Projekt-Dashboard *AFRY Cockpit* erhalten alle Projektbeteiligten schnell und übersichtlich den wochenscharfen Status des Projektes auf Basis der aktuellen Daten. Zudem gibt das Dashboard einen Überblick über den Qualitätsstand der genutzten IFC-Modelle.

Die automatisierten Prüfprozesse wurden unter Anwendung des openBIM-Ansatzes entwickelt, außerdem kommen ein AFRY-eigener Modellierungsstandard sowie eigens trainierte Prozesse zum Einsatz. Kommunikationsprozesse und Korrekturen werden über die BIMcollab Datenumgebung gesteuert. So ist es sogar möglich, dass Projekte mit mehr als 1000 IFC-Modellen sowohl performant als auch zuverlässig analysiert und geprüft werden können.

Erfahren Sie jetzt mehr über den AFRY-BIM-Standard und die automatisierten Qualitätsprüfungen: <https://afry.com/de-de>

## Erfolgreiche Abdichtung von zwei Ingenieurbauwerken: Fahrbahnabdichtung trotz Kälte sichert gelungene Eröffnung



**Bild 1** Die beiden Teilbauwerke der gekrümmten Schettelbachbrücke überführen den Schettelbach und einen Feldweg.

**Die Bundesstraße 29 (B 29) verlief bislang durch den Ort Mögglingen. 2015 startete der Bau der neuen Ortsumfahrung, die den Verkehr im Ort massiv reduziert.**

Die Ortsumfahrung überführen 14 neue Brücken, darunter die Schettelbachbrücke mit Brückenflächen von 912 und 928 m<sup>2</sup> sowie Bauwerk 9 mit ca. 200 m<sup>2</sup>. Die Einweihung der Ortsumfahrung war auf April 2019 terminiert. Da rund um die Abdichtung der beiden Brücken jedoch nachts Temperaturen um -5°C, tagsüber um +8°C herrschten, war der Einsatz eines Materials gefragt, das bei solchen Witterungsbedingungen in nur 20 Minuten aushärtet. Die Wahl fiel auf den PMMA- Systemaufbau mit dem Grundierungsharz Weecryl 123 als Versiegelung, der Polymerbitumen-Schweißbahn Vedag VEDAPONT BE und zwei Lagen Gussasphalt. So ließen sich die Vorgaben der ZTV-ING 7.1 realisieren.



**Bild 2** Die erste Lage der Versiegelung Weecryl 123 wurde per Gummischeier verteilt, mit der Fellrolle nachgewalzt und mit Quarzsand abgestreut.

(Foto: Westwood)

### Bautafel

Objekt:	Schettelbachbrücke und Bauwerk 9 der Ortsumfahrung Mögglingen
Umfang:	Fahrbahnabdichtung, Gesamtflächen ca. 2.040 m <sup>2</sup>
Untergrund:	Mineralischer Untergrund, neue Betonfahrbahntafel
Zeitraum:	März 2019
Eingesetzt:	Grundierungsharz WestWood Weecryl 123 in Kombination mit Polymerbitumen- Schweißbahn Vedag VEDAPONT BE und Gussasphalt

[www.westwood.de](http://www.westwood.de)

**ALLPLAN**  
A NEMETSCHKE COMPANY

\ ALLPLAN CIVIL 2025

# PRODUCTIVITY SUPERCHARGED

**ALLPLAN Civil 2025** ist die ultimative Lösung von ALLPLAN für fortschrittliche Arbeitsabläufe in der Infrastrukturplanung, die den gesamten Planungs- und Konstruktionsprozess in Ingenieurbüros sowie in Hoch- und Tiefbauunternehmen unterstützt.

**A-** CIVIL

JETZT ALLPLAN CIVIL TESTEN:  
[www.allplan.com/de/test-oder-abo](http://www.allplan.com/de/test-oder-abo)



## Rheinbrücke Speyer: Übergangskonstruktionen und Lager ausgetauscht



**Bild 1** Rheinbrücke A61 bei Speyer. Zwischen der Schrägseilbrücke und der Vorlandbrücke rechts wurde die Fahrbahnübergangskonstruktionen (Üko) ausgetauscht.

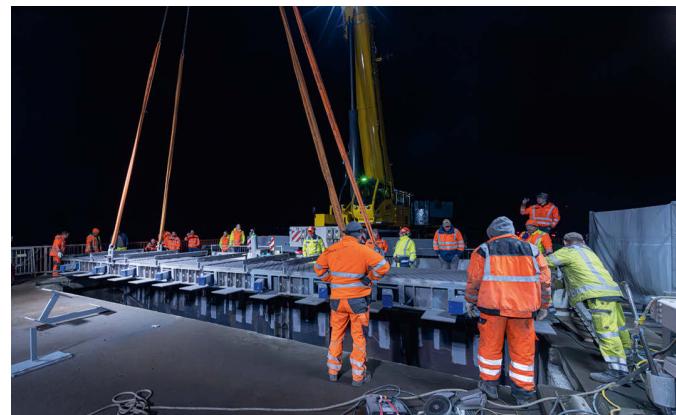
**Den alten Rollverschluss gegen eine moderne MSM® Schwenktraversen-Übergangskonstruktion (Üko) austauschen, eine kleinere Trägerrostfuge generalsanieren und vier alte Rollenlager gegen neue Kalottensegmentlager wechseln – das erledigte Maurer im März 2024 an einem Wochenende mit nur 50 Stunden Vollsperrung. Am darauffolgenden Wochenende erfolgten die gleichen Arbeiten in der anderen Fahrtrichtung noch einmal. Dieser Erfolg konnte dank umfassender Planung im Vorfeld über Speziallösungen bis hin zu einem großen und eingespielten Team vor Ort realisiert werden.**

Im Zuge der A61 bei Speyer überspannen zwei Brückenbauwerke den Rhein und das Rheinvorland: die markante Schrägseilbrücke über den Rhein und eine linksrheinische Vorlandbrücke. Beide Brücken wurden vor über 50 Jahren gebaut und sind gemeinsam auf einem Trennpfeiler links des Rheins gelagert. Der dortige Fahrbahnübergang musste nach mehreren Reparaturen und Instandsetzungen komplett erneuert werden.

Fahrbahnübergangskonstruktionen (Ükos) sind flexible Bauelemente und gleichen an den (unbeweglichen) Brückenenden die Bewegungen aus, die der Brückenüberbau infolge von Verkehr, Wind und Temperaturschwankungen aufweist. Gleichzeitig stellen sie sicher, dass der Verkehr ohne Einschränkung über diese Nahtstelle fahren kann, unabhängig vom Verschiebezustand der Brücke.



**Bild 2** Links die neue Üko unter Verkehr, die an einem der Wochenenden ausgetauscht worden war, rechts die Lücke nach dem Ausbau des alten Rollverschlusses.



**Bild 3** Einhub der neuen, 12-profiligen Üko, mit einem Großaufgebot an Fachkräften.

Besondere Herausforderung bei der Rheinbrücke Speyer war, dass die Ükos Verformungen und Bewegungen von zwei beweglichen Überbauten (Strom- und Vorlandbrücke) an ihrem Treffpunkt ausgleichen müssen. Daher wurden sie als Sonderkonstruktionen geplant und ausgeführt. Zudem hat die 456 m lange Schrägseilbrücke einen stählernen Überbau, die 302 m lange Vorlandbrücke ist aus Spannbeton. Die Ükos waren also auf der einen Seite an Stahl, auf der anderen an Stahlbeton anzuschließen.

Die Autobahnsperrzeiten sollten so gering wie möglich gehalten werden – das brachte zusätzliche Herausforderungen mit sich, denn der alte Übergang war als Rollverschluss eingesetzt. Diese Bauart wird seit den 1970er Jahren nicht mehr ausgeführt, entsprechend anders ist der Einbau einer Üko in der heutigen Zeit. Doch jeder Eingriff ins Bauwerk beim Aus- und Einbau kostet Zeit. Zudem sollten die Sperrzeiten für weitere Sanierungsmaßnahmen genutzt werden: die Sanierung einer Trägerrostfuge am Widerlager und den Wechsel von vier Brückenlagern pro Fahrtrichtung.

### Nur 50 Stunden Sperrzeit

Üblicherweise dauert ein Üko-Tausch 4–6 Wochen pro Bauabschnitt. Das Baustellenteam bewältigte die Aktion an zwei aufeinander folgenden Wochenenden im März 2024 mit je 50 Stunden Sperrung einer Fahrtrichtung – eine bundesweit einmalige Leistung. Diese Rekordzeit wurde dank intensiver Planungen und Vorbereitungen zusammen mit allen Projektbeteiligten realisiert.

Entscheidend war, dass die Anschlussdetails der Üko auf eine minimale Einbauzeit optimiert wurden: Vor Ort durften möglichst wenig Eingriffe ins Bauwerk erfolgen. Deshalb wurden möglichst viele Leistungen im Vorfeld ins Werk in München verlegt. Das ganze Wochenende wurde im 15-Minuten-Takt durchgeplant:

- Entfernen der alten Fugen
- Vorbereitung der Einbaustellen
- Einhub der neuen Fugen
- Anbindung der neuen Fugen an Stahl/Beton (hier war insbesondere der Stahlanschluss eine technische Herausforderung)
- Betonverguss
- Fahrbahnbelag
- Abnahme



(Fotos 1, 3 und 4: Lothar Reiche)

**Bild 4** Die Üko an Ort und Stelle. Gut sichtbar die Traversen mit den glänzenden Katamaranlagern in W-Form. Sie tragen die Lamellen (quer zur Fahrbahnrichtung) mit den Lärmschutzrauten.

#### MSM® Schwenktraversen für anspruchsvolle Brücken

Die neuen MSM®-Schwenktraversenkonstruktionen (XS12) mit zwölf Dichtprofilen und Geräuschminderung, die auf der A61 bei Speyer zum Einsatz kamen, können eine mögliche Längsverschiebung von 1.140 mm ausgleichen. Jede Üko ist mit Gehwegen 16,5 m lang (in der Fahrbahn 12,75 m) und 21 t schwer – die derzeit größten MSM®-Schwenktraversen in Deutschland.

Übergangskonstruktionen mit Schwenktraversen werden seit Jahrzehnten erfolgreich in anspruchsvolle Brücken weltweit eingebaut. Sie erlauben Bewegungen von bis zu 3 m und ggf. mehr, sowie Verdrehungen in alle Richtungen. Die Schwenktraversen tragen die obenliegenden, parallelen Profile. Die Traversen verlaufen leicht schräg zur Fahrtrichtung und sorgen so dafür, dass sich die öffnenden und schließenden Bewegungen der Brücke gleichmäßig auf die Dichtprofile zwischen den Stahlprofilen verteilen.

Eine Besonderheit der MSM® Schwenktraversen-Konstruktionen von Maurer ist die Lagerung der Lamellen: Statt in einfachen Elastomerlagern laufen sie in neu entwickelten W-förmigen MSM®-Lagern. Diese sog. Katamaran-Lagerung lässt die Profile leichter und präziser über die Traversen gleiten. Die Form und der Hochleistungs-Gleitwerkstoff MSM® verhindern Zwängungen und erhöhen die Lebensdauer.

Die Lamellen der Üko bei Speyer tragen oben zusätzlich Rauten zur Geräuschminderung. Die aufgeschweißten, speziell profilierten Rauten reduzieren den Geräuschpegel um 30 bis 50 %. Aufgeschweißt werden diese der längeren Haltbarkeit wegen. Verschraubte Elemente dagegen können sich durch die ständigen Überfahrungen lösen.

#### Lagertausch und Üko-Instandsetzung

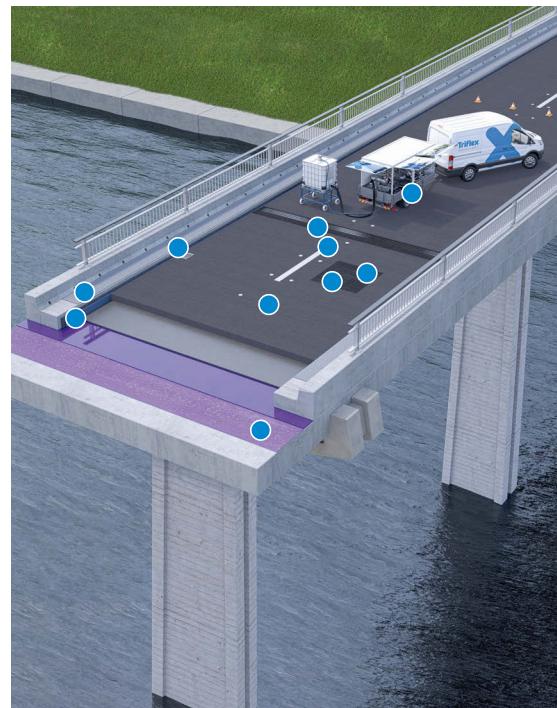
Zusätzlich führte Maurer während der beiden Wochenend-Sperrungen weitere Arbeiten aus:

- Am nordwestlichen Widerlager wurde eine MAURER Trägerrost-Dehnfuge (D240) generalüberholt mit Wechsel aller Verschleißteile: Gleitlager, Gleitfedern, Steuerfedern und Dichtprofile.
- An denselben Widerlagern der Vorlandbrücke und dem Trennpfeiler wurden je Bauabschnitt vier vorhandene Rollenlager durch Kalotten-Segmentlager ersetzt.

Auch der letzte Punkt ist eine Besonderheit von Maurer: MSM® Kalotten-Segmentlager haben im Gegensatz zu normalen Kalottenlagern einen rechteckigen Grundriss. Sie können damit genau an die An-

PMMA ist mehr als nur ein anderes Harz

## Anspruchsvolle Brückendetails – Dauerhaft gelöst!



Ob bei Neubauten oder Ersatzneubauten – PMMA ist gemäß ZTV-ING 6-1 eine regelwerkskonforme Alternative und überzeugt durch überlegene Leistungsmerkmale.

#### Weitere Informationen



schlussflächen der alten Rollenlager angepasst werden, haben aber bessere technische Werte und eine höhere Lebensdauer. Diese modernen Speziallager sind somit der optimale Ersatz für Rollenlager bei geringem Eingriff ins Bauwerk.

Die Arbeiten an den beiden Wochenenden waren nur mit einem Personal-Großaufgebot zu bewältigen. Maurer nutzte dafür die Ressourcen aus allen Montagestandorten. Die Projektleitung kam

aus München, ebenso die Bauleitung für die Ükos. Die Bauleitung für den Lagerwechsel hatte der Standort Lünen inne. Die über 30 Monteure kamen aus allen Montagestandorten Bernsdorf, Lünen, München und Wien. Maurer war bei diesem Projekt als Hauptauftragnehmer einer Baufirma tätig.

[www.maurer.eu](http://www.maurer.eu)

## Lehnenbauwerk in der Schweiz: Planung und Ausführung komplett modellbasiert



**Bild 1** Die Lehnenkonstruktion am Vierwaldstättersee (Visualisierung) soll an eine organische Struktur erinnern.

### Am Vierwaldstättersee entsteht gerade ein spektakuläres Stück alpine Infrastruktur. Den zahlreichen Herausforderungen begegnen die Projektbeteiligten mit einer komplett modellbasierten Planung.

Wer schon einmal in den Alpen mit dem Auto unterwegs war, kennt sie vermutlich: Straßen, die auf teils irrwitzige Weise vom Fels auskragen, an dem sie notwendigerweise entlangführen. Ein solches Lehnenbauwerk ist auch Teil eines aktuellen Straßenbauprojekts am Vierwaldstättersee. Dort wird gerade ein 400 m langer Abschnitt der wichtigen Kantonstrasse K2b saniert und ausgebaut. 313 m davon werden als Lehnenkonstruktion ausgeführt.

Die anspruchsvolle Planung für das spektakuläre Bauwerk stammt vom Zürcher Ingenieurbüro Bänziger Partner und erfolgte in erster Linie mit der Planungssoftware Allplan Civil (vormals Allplan

Bridge). Dabei wurden die Schalung, Bewehrung und Verankerung des Bauwerks, die Baugrube inklusive Sicherung, das schwierige Gelände inklusive Baugrund, eine Hochspannungsleitung sowie eine bestehende Bunkeranlage modelliert.

### Bestandsstraße von 1885 durchläuft herausfordernde Topographie

In dem Projekt an der Grenze zwischen den Kantonen Luzern und Schwyz gilt es die bestehende Straße (Baujahr 1885/86), die zuletzt 1939 verbreitert wurde, nicht nur zu erneuern, sondern auch an inzwischen geltende Normen anzupassen. Daraus ergibt sich eine erhebliche Erweiterung des Bauwerks mit einer um drei bis 5,5 m vergrößerten Auskragung.

Eine besondere Hausforderung stellt dabei die Topographie dar: Die Straße führt rund um das Bergmassiv Rigi und ist die einzige Verbindung zwischen Vitznau und Gersau. Eine längere Straßensperrung ist deshalb ausgeschlossen, was bedeutet, dass unter laufendem Verkehr gebaut werden muss. Einzige Ausnahme bilden zwei jeweils dreiwöchige Vollsperrungen für Arbeiten, die bei Verkehr nicht durchführbar sind.

Der Streckenabschnitt befindet sich zudem in einer stark exponierten Lage über dem See, woraus sich strenge Bestimmungen des Landschaftsschutzes für eine visuell ansprechende Gestaltung des Bauwerks ergeben. So soll etwa das Tragwerk an eine organische Struktur erinnern.

### Drei verschiedene Tragkonstruktionen für das Lehnenbauwerk

Aufgrund der topografischen Gegebenheiten samt ästhetischer Anforderungen sowie der Notwendigkeit, unter Verkehr zu bauen, kommt nur eine rückverankerte Rippenkonstruktion infrage, die zwischen der einspurigen Verkehrsführung und dem Abgrund „hineingezwängt“ wird.

Das Bauwerk besteht aus einem durchgängigen Streifenfundament mit einer Regelbreite von zwei Metern, der durchgehenden Rückwand mit einer Höhe von 3,5 m sowie einer permanenten Rückverankerung mittels vorgespannten Kontrollankern. Für letztere werden Litzenanker mit jeweils sieben 0,5-Zoll-Litzen verwendet, die in einem Abstand von einem Meter angeordnet und wechselweise mit einer Neigung von fünf beziehungsweise 15° gebohrt sind.

Aufgrund der hohen gestalterischen Ansprüche liegen die Rippen in einem verhältnismäßig kleinen Abstand von nur vier Metern zueinander. Gleichsam schließt die Fahrbahnplatte seeseitig mit dem Konsolkopf ab und trägt den durchgängigen Straßenkoffer. Die Konstruktion verändert sich stetig mit dem Gelände und der



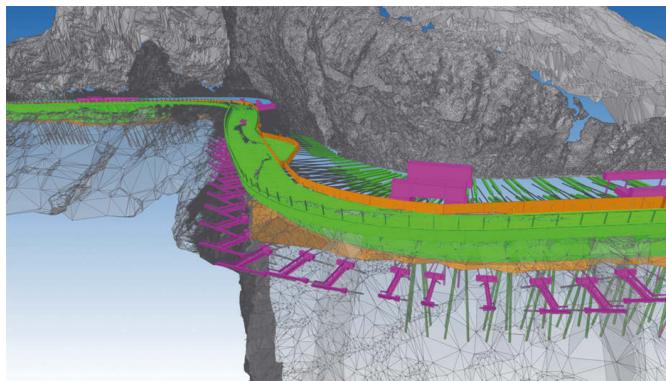
Profitieren Sie von  
über 40 Jahren  
Erfahrung



## KLEBEARMIERUNG

Nachträgliches Verstärken von Stahlbeton durch Stahl-, oder Kohlefaserlamellen und CFK-Folien

Tel. 08724/88-447 . 84323 Massing  
[bauwerksverstaerkung.laumer.de](http://bauwerksverstaerkung.laumer.de)



**Bild 2** Die Sanierung der Kantonstrasse K2b fand größtenteils unter laufendem Verkehr statt.

projektierten Straße. Die insgesamt 55 Rippen weisen daher alle eine unterschiedliche Geometrie auf.

Dort, wo das Bauwerk durch den Wald leicht verdeckt wird, tragen wiederum konventionelle Winkelstützmauern die Straße. Damit werden insgesamt drei verschiedene Tragkonstruktionen verwendet. Bei deren Gestaltung stand den Planenden der Architekt Eduard Imhof beratend zur Seite.

Eine weitere Besonderheit ergibt sich noch einmal mitten in der Steilwand aus einem Felseinschnitt, den das Bauwerk auf einer Länge von 20 m frei überbrücken muss. Vier Rippen werden hier abgefangen, indem die Rückwand verstärkt und mit einer bergseitig angehängten Fahrbahnplatte ergänzt wird. Das Streifenfundament wirkt als Untergurt und sorgt für eine hohe Wölbsteifigkeit.

#### Modellbasierte Planung umfasst Baugrubenmodell und Umland

Planungsgrundlage bildete ein parametrisches Modell in Allplan Civil. Dabei modellierten Bänziger Partner nicht nur das Betonbauwerk, sondern auch sämtliche permanenten ungespannten und vorgespannten Anker sowie die Mikropfähle. Jedes Bauteil wurde zudem mit Attributen wie etwa Namen, Länge, Neigung etc. hinterlegt.

Aufgrund der starken Krümmung des Bauwerks kreuzen sich die Anker zwangsläufig. Durch die Modellierung konnten hier Kollisionen leicht vermieden werden. Neben dem Bauwerk wurde unter anderem auch die Baugrube modelliert. In diesem Baugrubenmodell sind zudem alle ungespannten Anker der temporären Baugrubensicherung enthalten, um mögliche Bohrkonflikte möglichst noch während der Planungsphase zu erkennen.

Auch von weiteren relevanten Objekten wie einer bestehenden Bunkeranlage, der Hochspannungsleitung und dem Gelände (samt Geologie mit Felsoberfläche und Bruchkörpern) wurden Modelle generiert, so dass in Summe von einer komplett modellbasierten Planung gesprochen werden kann.

#### Ausschreibung sieht 3D-Planung auch für Bauausführung vor

Selbst das ausführende Unternehmen hatte gemäß Ausschreibung all seine Konzepte in 3D zu erstellen, um etwa Kollisionen zwischen den Fundationen der Kräne und bereits projektierten Ankern oder zwischen dem talseitigen Schwerlastgerüst und den Mikropfählen sichtbar zu machen. Das detaillierte BIM-Modell von Bänziger Partner bildete somit bereits in der Ausschreibungsphase



**Bild 3** Die Planungsgrundlage für die alpine Straße bildete ein parametrisches Modell in Allplan Civil.

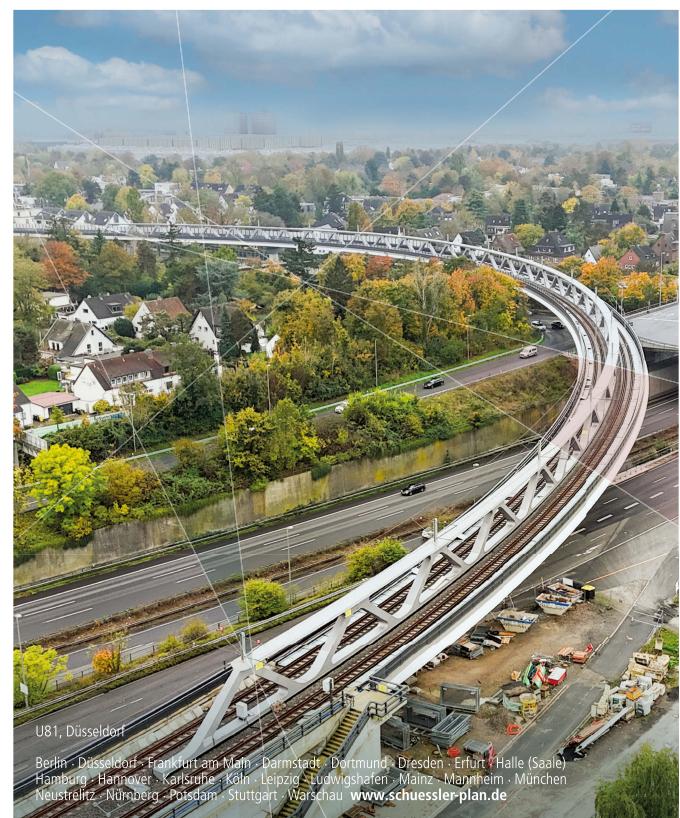
die Voraussetzung, um die Ausführbarkeit des Projekts sicherzustellen.

Alles in allem machte sich der höhere Planungsaufwand durch das Modell mehr als bezahlt. So ließ sich anhand dessen etwa auch die komplexe Bewehrung erstellen, Bauhilfsmaßnahmen konnten schnell und einfach kontrolliert werden. Zudem nutzte das Bauunternehmen das BIM-Modell unter anderem zur modellbasierten Absteckung, 3D-Baggersteuerung, Bestimmung der Betonkubatur sowie zur laufenden Kontrolle der Baugrubenoberfläche.

[www.allplan.com](http://www.allplan.com)

 Schüßler-Plan

Planung über den Tag hinaus.  
Mobilität von morgen.



Berlin · Düsseldorf · Frankfurt am Main · Darmstadt · Dortmund · Dresden · Erfurt · Halle (Saale)  
Hamburg · Hannover · Karlsruhe · Köln · Leipzig · Ludwigshafen · Mainz · Mannheim · München  
Neustrelitz · Nürnberg · Potsdam · Stuttgart · Warschau [www.schuessler-plan.de](http://www.schuessler-plan.de)

## Deutsche Bahn entlastet 34.300 Menschen von Lärm



(Foto: Deutsche Bahn AG)

Bis 2050 sollen alle von Lärm durch die Schiene Betroffenen durch gezielte Sanierungsmaßnahmen entlastet werden.

**Um die Klimaschutzziele Deutschlands zu erreichen, braucht es eine Verkehrsverlagerung auf die Schiene. Damit mehr Züge und Strecken für mehr Güter und Reisende keine zusätzliche Lärmbelastung für die Menschen vor Ort bedeuten, hat sich die Deutsche Bahn gemeinsam mit dem Bund das Ziel gesetzt, bis 2050 alle von Lärm durch die Schiene betroffenen Anwohner:innen zu entlasten.**

Allein im Jahr 2024 konnten so rund 34.300 weitere Menschen durch die Lärmsanierung von Schienenverkehrslärm entlastet werden.

### 176 Millionen Euro für die Lärmsanierung

Im Rahmen des freiwilligen Lärmsanierungsprogramms des Bundes wurden im vergangenen Jahr 2.056 Wohnungen mit passiven Schallschutzmaßnahmen ausgestattet. Zudem wurden weitere rund 69 km Schallschutzwände an Bestandsstrecken errichtet – und damit bundesweit mehr als 880 km Schallschutzwände seit Beginn des Programms im Jahr 1999. Zum Ende des vergangenen Jahres waren somit 2.324 km Strecke lärmsaniert.

Mehr als 2 Milliarden Euro an Fördermitteln wurden seit 1999 für Maßnahmen zum freiwilligen Lärmsanierungsprogramm des Bundes investiert – und davon allein im vergangenen Jahr rund 176 Millionen Euro aus dem Bundeshaushalt abgerufen.

### Lärmvorsorge und Lärmschutz an Fahrzeugen

Lärmschutz spielt nicht nur bei Bestandsstrecken, sondern auch bei Neu- und Ausbaustrecken eine wichtige Rolle. So wurden im Jahr 2024 rund 15 Kilometer Schallschutzwände im Rahmen der Lärmvorsorge fertiggestellt. Zudem konnten weitere 581 Wohnungen mit passiven Schallschutzmaßnahmen ausgestattet werden – zum Beispiel mit Schallschutzfenstern oder Schalldämmflütern.

Seit Ende 2020 ist die gesamte aktive Güterwagenflotte von DB Cargo in Deutschland mit sogenannten Flüsterbremsen ausgestattet und damit leiser unterwegs. Und auch das Ziel, dass die elektrischen Streckenlokomotiven von DB Cargo in Deutschland mit leisen Bremsystemen unterwegs sind, konnte im vergangenen Jahr vorzeitig erreicht werden.

### Innovative Schallschutzmaßnahmen

Darüber hinaus will die Deutsche Bahn bis 2030 die älteren Diesellokomotiven der Baureihen 232 und 233 von DB Cargo mit lauten Grauguss-Klotzbremsen ausmustern. Lediglich Lokomotiven der

Baureihe class 77 mit weniger als 2 % der Streckenleistung (in Ltkm) von DB Cargo werden dann noch mit diesen Bremsystemen fahren.

Um neue Erkenntnisse für Schallschutzmaßnahmen an der Infrastruktur zu gewinnen, engagiert sich die Deutsche Bahn in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten und erprobt innovative Produkte. So hat die DB unter anderem gemeinsam mit dem Start-up Phononic Vibes eine innovative Lösung für eine transparente Schallschutzwand entwickelt. Das sogenannte MetaWindow fügt sich optisch in die Umgebung ein und weist vergleichbare schallabsorbierende Eigenschaften wie herkömmliche Schallschutzwände auf. Erstmals kommen die transparenten Wände entlang der Strecke der S4 in Hamburg in einer Betriebserprobung zum Einsatz.

### Beirat Leiseres Mittelrheintal

Neben den Projekten der Lärmsanierung und Lärmvorsorge setzt die Deutsche Bahn mit Mitteln aus dem Bundeshaushalt auch Sonderprogramme zum Lärmschutz um. Besonders gefördert wird zusätzlicher Lärmschutz an stark befahrenen Verbindungen wie im Inntal, Elbtal und Mittelrheintal sowie in Berlin.

Über den Stand der Umsetzungen von Lärmschutzmaßnahmen aus den Machbarkeitsuntersuchungen im Mittelrheintal hat der DB-Konzern im Oktober beim Treffen des Beirats Leiseres Mittelrheintal berichtet. Auch die zukünftigen Lärmschutzmaßnahmen nördlich von Koblenz und die Zugzahlen-Kapazität der rechten Rheinstrecke im Korridor Troisdorf – Wiesbaden-Biebrich standen auf der Tagesordnung.

Der Beirat Leiseres Mittelrheintal setzt sich zusammen aus Bürgerinitiativen, Bundestagsabgeordneten der Region und Vertreter:innen des BMDV, des Eisenbahn-Bundesamtes, der zuständigen Landesministerien aus Hessen und Rheinland-Pfalz sowie des DB-Konzerns. Er tagt jährlich in unterschiedlichen Orten im Mittelrheintal.

### Aktuelle Lärmsanierungsmaßnahmen der Deutschen Bahn

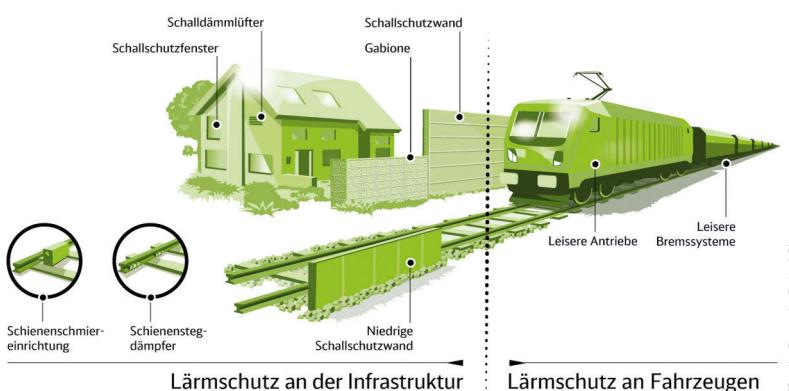
Zu den aktuellen Baumaßnahmen gehört ein Projekt im hessischen Hochheim am Main entlang der Bahnstrecke Frankfurt–Wiesbaden. Dort hat die Deutsche Bahn vor kurzem mit dem Bau von zwei Lärmschutzwänden mit einer Gesamtlänge von rund 820 m begonnen.

Die Bauarbeiten werden voraussichtlich bis Mitte November abgeschlossen sein. Um den Zugverkehr so wenig wie möglich zu beeinträchtigen, finden die Hauptarbeiten zwischen Mitte Juni und Mitte August überwiegend in den Nachtstunden sowie teilweise an Wochenenden statt. Das Projekt ist Teil des Programms „Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes“. Die Investitionen belaufen sich auf über 1,8 Millionen Euro.

Entlang der Strecke zwischen Donauwörth und Treuchtlingen haben im März die Bauarbeiten für eine 2,50 m hohe und 719 m lange Lärmschutzwand begonnen. Es werden rund 2,9 Millionen Euro investiert. Die Baumaßnahmen sollen bis Ende Dezember abgeschlossen sein.

Im Ortsteil Burlafingen der Großen Kreisstadt Neu-Ulm entstehen nördlich und südlich der Gleise zwei Schallschutzwände mit einer

## Zwei-Säulen-Strategie beim Lärmschutz



Gesamtlänge von rund 1.650 Metern. Die zweieinhalb Meter hohe Wand auf der Nordseite und die drei Meter hohe Wand auf der Südseite der Strecke werden die Belastung für die Anwohnenden spürbar reduzieren.

Die Bauarbeiten haben Ende April begonnen und sollen Mitte Juli weitgehend abgeschlossen sein. Restarbeiten sind bis Mitte September vorgesehen. Die Investitionssumme für das Projekt liegt bei rund 5,4 Millionen Euro.

Ergänzend zu baulichen Maßnahmen entlang der Strecke sieht die Deutsche Bahn auch passive Lärmschutzmaßnahmen vor – etwa der Einbau von Schallschutzfenstern oder Lüftungssystemen in betroffenen Gebäuden. Über Fördermöglichkeiten werden die Anwohnenden frühzeitig informiert.

Auch dieses Projekt ist Teil des Programms „Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes“. Seit dem Jahr 1999 hat der Bund im Rahmen des Programms über 2 Milliarden Euro in die Lärmsanierung von rund 2.300 km Schienenstrecke und rund 70.900 Wohneinheiten investiert.

[www.nachhaltigkeit.deutschebahn.com](http://www.nachhaltigkeit.deutschebahn.com)

## Straßenverkehr in Deutschland Lärmquelle Nummer Eins

**Er ist allgegenwärtig und das meist auch rund um die Uhr, dennoch nehmen wir Lärm meist nicht bewusst wahr. Das kann problematisch sein, denn dauerhafter Lärm kann sich negativ auf unsere Gesundheit und unsere Lebensqualität auswirken. Er beeinträchtigt unser Hörvermögen und aktiviert unser Nerven- und Hormonsystem, was sich auf unsere Herzfrequenz, unseren Blutdruck und die Ausschüttung von Stresshormonen auswirkt.**

Um auf die Ursachen und Folgen von Lärm aufmerksam zu machen, organisiert die Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA e.V.) jedes Jahr Ende April bundesweit einen „Tag gegen Lärm“ (International Noise Awareness Day).

Dieses Jahr fand der Aktionstag am 30. April statt und stand unter dem Motto „Ruhe rockt“.

# STRAIL<sup>®</sup>astic

Lärmschutz den man hört  
aber nicht sieht

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG



Als Lärmquelle Nummer Eins gilt in Deutschland der Straßenverkehr, das spiegelt sich auch in Hessen wider: Hier zeigt die letzte Lärmberechnung aus dem Jahr 2022, dass der Straßenverkehr mit 21 % der mit Abstand relevanteste Lärmverursacher ist. Etwa 1,79 Millionen Menschen in Hessen sind Lärmpegeln (LDEN) aus dem Verkehr von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt. Das entspricht einem Bevölkerungsanteil von etwa 28 %. Die zweitgrößte Lärmquelle ist der Flugverkehr mit etwa 6 % gefolgt vom Schienenverkehr mit rund 1 %.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) arbeitet seit vielen Jahren intensiv daran, die Informationsbasis zum Thema Lärm zu verbessern und erstellt – entsprechend der EU-Vorgaben – als wesentliche Beurteilungsgrundlage für die flächenhafte Lärmbelastung die Umgebungslärmkartierung für Hessen.

2022 wurden mit der Umgebungslärmkartierung erstmals auch die gesundheitlichen Auswirkungen des Umgebungslärms berechnet: Demnach sind ca. 370.000 Menschen in Hessen durch Verkehrslärm stark belastet und ca. 86.000 Menschen leiden unter starken Schlafstörungen. Diese Zahlen verdeutlichen die Notwendigkeit, zum Schutz der betroffenen Menschen weiterhin aktiven Lärmschutz zu betreiben.

#### Wo sind die meisten Menschen von Lärm betroffen?

Die Schwerpunkte der Lärmbelastung durch den Straßenverkehr liegen an den am stärksten befahrenen Bundes- und Landesstra-

ßen. Der so genannte „Lärmindex“ berücksichtigt nicht nur den jeweiligen Lärmpegel, sondern auch, wie viele Menschen davon an dem entsprechenden Straßenabschnitt betroffen sind. Dabei zeigt sich, dass durchaus nicht nur Großstädte und Ballungsräume hinsichtlich des Straßenverkehrslärms hervorstechen, sondern, dass auch in kleineren Städten viele Menschen unter zu lautem Verkehr leiden.

Der Lärmviewer Hessen des Hessischen Landesamtes für Natur- schutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) zeigt flächendeckend für Hessen die Lärmbelastungen der Lärmquellen Straßenverkehr, Flugverkehr, Schienenverkehr und Industrieanlagen. Damit können Interessierte die Lärmbelastungen an ihrem Wohnort direkt abrufen. Darüber hinaus werden Statistiken zur Anzahl der Personen in verschiedenen Klassen der Lärmbelastung bereitgestellt.

Zur Bekämpfung des Straßenverkehrslärms werden in Hessen durch die Regierungspräsidien in einem Beteiligungsverfahren Lärmaktionspläne aufgestellt. Darin werden auch Maßnahmen zur Reduzierung der Lärmelastungen festgelegt sowie Lärmschutzmaßnahmen an bestehenden Straßen im Rahmen des Lärmsanierungsprogramms des Landes durchgeführt. Trotz dieser Pläne und Programme bedarf es jedoch noch weiterer Anstrengungen, um das Lärmniveau für alle Betroffenen dauerhaft auf ein gesundheitlich akzeptables Maß zu reduzieren.

Weitere Informationen zum Thema Lärm finden sich auf den Internetseiten des HLNUG ([hlnug.de/themen/laerm](http://hlnug.de/themen/laerm)) und im Lärm- viewer-Hessen.

## Die nächste Generation Schallschutz – Bahnlärm an der Quelle und am Ausbreitungsweg bekämpfen



**Bild 1** Die äußerst niedrigen Schallschutzelemente an der Bahnstrecke im Ammertal stören optisch kaum, fügen sich so optimal ins Landschaftsbild ein und sorgen für Ruhe im Wohngebiet.

Mittlerweile prägen sie unser Landschaftsbild: meterhohe Lärm- schutzwände entlang von Zugstrecken. Zwar erfüllen sie grund- sätzlich ihre Aufgabe, stören aber als Sichtbehinderung sowohl Anwohner als auch Fahrgäste. Die effektivste Möglichkeit, um Lärmemissionen nachhaltig zu reduzieren, ist Lärm dort zu bekämpfen, wo er entsteht. Nämlich so nahe wie möglich an der Schiene. Das oberbayerische Unternehmen Kraiburg Strail aus Tittmoning hat dafür eine optimale Lösung entwickelt und bietet mit der Produkts-



**Bild 2** Die Geländeraufschaltung wird senkrecht stehend an vorhandenen Regelgeländern längs der Strecke befestigt und kann zum Beispiel die Optik einer Steinmauer aufgreifen.

partie STRAILastic ein breites Sortiment an Lärmschutzlösungen bei freier Sicht.

Lärm kann prinzipiell an der Quelle sowie am Ausbreitungsweg bekämpft werden. Eine Kombination aus beidem verspricht beim Schallschutz an Bahnstrecken nachhaltigen Erfolg. So gehen die modernen Schallschutzsysteme von STRAILastic so nah wie nur möglich an die Schiene und an das Lichtraumprofil heran.

Der große Vorteil daran: Schallschutzmaßnahmen, die möglichst nahe am Entstehungspunkt des Lärms ansetzen, kommen mit einer geringen Höhe aus. Die kleinste Schallschutzwand des oberbayrischen Unternehmens ist sogar nur 55 cm hoch.

Die geringe Höhe der Mini-Schallschutzwand ermöglicht es, sehr nahe an die Schallquelle heranzurücken. Die speziell geformte Wand wird an den Schwellenköpfen platziert und steht dann, schräg geneigt, ganz knapp außerhalb des Regellichtraumes.

Die Mini-Schallschutzwand wurde unter anderem im Ammertal in Baden-Württemberg entlang der Strecke Tübingen-Herrenberg im Siedlungsbereich erfolgreich verbaut. Die äußerst niedrigen Schallschutzelemente sind an der Strecke im Vergleich zu herkömmlichen Lärmschutzwänden viel weniger sichtbar und fügen sich optimal ins Landschaftsbild ein.

Die Fahrgäste im Zug können mit dieser Lösung trotz Schallschutz die Aussicht genießen.

Zusätzlich zur Mini-Schallschutzwand befinden sich Varianten mit 73 cm und 125 cm Höhe in Entwicklung und werden derzeit bei ersten Einbauten getestet.

#### Hochabsorbierende Akustikoberfläche

Als Werkstoff kommt hochwertiger, faserverstärkter Gummi in Kombination mit einer hochabsorbierenden Akustikoberfläche zum Einsatz. Neben der speziellen Formgebung der Lärmschutzsysteme ist dies ausschlaggebend für den hohen Wirkungsgrad der Produkte.

Zudem sind die Systeme extrem widerstandsfähig, bruchsicher, UV- und ozonbeständig und halten den auftretenden Druck- und Sogkräften im Bahnverkehr problemlos stand. Dadurch wird Materialermüdung vermieden und die Produkte haben eine lange Lebensdauer.

#### Lärmschutz für Geländer

Für exponierte Streckenabschnitte wie Brücken oder Stützmauern bietet STRAILastic spezielle Schallschutzelemente an, die mit einer einvulkanisierten Befestigungsschiene direkt innen und außen an Geländer montiert werden können. Die Elemente schirmen das Gleis wirksam von der Umgebung ab ohne aufzufallen.



**T +49 (0) 30 61 77 65 0**  
**info@jockwer-gmbh.de**  
**www.jockwer-gmbh.de**

## ■ Stellenangebot



Online-Bewerbung an:  
 direktion,  
 glauchau@  
 dhsn.de

An der **Staatlichen Studienakademie Glauchau** ist folgende Stelle **ab 01.01.2026** (frühestens ab Ausbringung der W2-Planstelle durch den Haushaltsgesetzgeber) zu besetzen:

### **W2-Professur für Bauingenieurwesen (m/w/d)**

(Vollzeit, unbefristet)  
 vorrangig im Studienbereich Technik  
 (Kennziffer GC-P15-2025)

**Alle Informationen** zur Stellenausschreibung finden Sie unter: [www.dhsn.de/GC-P15-2025](http://www.dhsn.de/GC-P15-2025)

**Einsendeschluss: 31.08.2025, an [direktion.glauchau@dhsn.de](mailto:direktion.glauchau@dhsn.de)** oder alternativ postalisch an:

Duale Hochschule Sachsen  
 Staatliche Studienakademie Glauchau  
 Sekretariat der Direktion  
 Kopernikusstraße 51  
 08371 Glauchau



**Studium mit Gehalt.**



Die Geländerausfachung wird senkrecht stehend an vorhandene, statisch geeignete Geländer längs der Strecke befestigt. Das erspart eine zusätzliche Haltekonstruktion und die zugehörige Baugenehmigung. Zudem besteht die Möglichkeit, die Schallschutzwände auch mit bedruckten Paneelen auszustatten. Dabei lässt sich zum Beispiel die Optik einer Hecke oder Steinmauer aufgreifen.

*Andreas Göschl, Carola Schwankner*

[www.strail.de](http://www.strail.de)



# Offene Stellenangebote

bauingenieur24.de

**bauingenieur24**

JOBS · KARRIERE · WISSEN



**Jetzt QR-Code Scannen und den perfekten Job finden!**

Weitere Jobs unter [bauingenieur24.de/stellenmarkt](http://bauingenieur24.de/stellenmarkt)

Bauleiter / Bauingenieur (m/w/d) für Funktionsneubau / Hochbau



Landsberg am Lech

Klinikum Landsberg am Lech

Bauingenieur (m/w/d) Tief- und Ingenieurbau



Berlin

HORN & MÜLLER Ingenieurgesellschaft mbH

Tragwerksplaner / Bauingenieur (w/m/d)



Dachau

PACHE HEIM INGENIEURE GmbH

Project Manager (m/w/d) für Wasserstoff-Pipelines



Leipzig

Look & Graffelder GmbH

Projektingenieur (m/w/d)



Hanau

Ingenieurbüro Euler GmbH

Standortleitung (m/w/d) Tragwerksplanung



Rhein-Main-Gebiet

bauingenieur24 - in Kundenauftrag

# Auf der Suche nach einer neuen Herausforderung?

**bauingenieur24.de**

**QR-Code scannen  
und Job Alert einrichten**

Erhalten Sie Stellenanzeigen,  
die Ihren Erfahrungen entsprechen.



# Anbieterverzeichnis

## Produkte & Dienstleistungen

### Baudynamik

#### Schwingungsisolierung

#### PuraSys



**KRAIBURG PuraSys GmbH & Co. KG**  
Porschestraße 1 • 49356 Diepholz  
Tel. +49 (0) 54 41 59 54 – 0  
info@kraiburg-purasys.com  
www.purasys.com

Lösungen aus PUR



**GERB Schwingungsisolierungen GmbH & Co. KG**  
Elastische Lagerung/  
Schwingböden/Raum-in-Raum-  
Lösungen/Schwingungstilger/  
Erdbebenschutz u.v.m.  
Berlin: +49 30 4191-0  
Essen: +49 201 26604-0  
info@gerb.com  
GERB.COM



**Getzner Spring-Solutions GmbH**  
Gottlob Grotz Str. 1  
74321 Bietigheim-Bissingen  
Tel.: +49 7142 91 753 0  
Email: info.stuttgart@getzner.com  
Internet: www.getzner.com  
Sylomer® und Sylodyn®  
PUR-Werkstoffe zur  
Schalldämmung

### EDV/Software



**mb AEC Software GmbH**  
Europaallee 14  
67657 Kaiserslautern  
Tel. 0631 550999-11  
Fax 0631 550999-20  
info@mbaec.de  
www.mbaec.de

#### Software für den Verbundbau



**Kretz Software GmbH**  
Europaallee 14  
67657 Kaiserslautern  
Tel. 0631 550999-11  
Fax 0631 550999-20  
info@kretz.de  
www.kretz.de

### Fachliteratur



**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand  
**Ernst & Sohn GmbH**  
Rotherstraße 21  
D-10245 Berlin  
Tel. +49 (0)30 47031 200  
Fax +49 (0)30 47031 270  
E-Mail: info@ernst-und-sohn.de  
Internet: www.ernst-und-sohn.de

### Geotechnik/ Spezialtiefbau

#### Baugrundverbesserung/ Bodenstabilisierung



**Laumer CSV**  
**Bodenstabilisierungs- und Pfahlgründungs-GmbH**  
D-84323 Massing  
Tel. (0 87 24) 88-9 00  
Fax (0 87 24) 88-7 70  
CSV@laumer.de  
www.laumer.de

### Ingenieurholzbau



HOLZ IN NEUER DIMENSION

**W. u. J. Derix GmbH & Co.**  
Dam 63 | 41372 Niederkrüchten  
Telefon: +49 (0)2163 8988-0  
Telefax: +49 (0)2163 8988-87

**Poppensieker & Derix**  
GmbH & Co. KG  
Industriestraße 24 | 49492  
Westerkappeln  
Telefon: +49 (0)5456 9303-0  
Telefax: +49 (0)5456 9303-30  
info@derix.de · www.derix.de

## Das Anbieterverzeichnis

### Die Basis Ihrer Werbung

- Dauerpräsenz in der Zielgruppe rund um das Bauingenieurwesen
- Wirtschaftlicher Einsatz Ihres Budgets: Print wirkt intensiv – präzise – nachhaltig – gerade in Fachmedien – in aktiv genutzten Arbeitsmitteln
- Kein Aufwand – nachhaltige Werbewirkung

#### BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-254 · anzeigen@ernst-und-sohn.de · [www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

#### Ihre Brücke zum Erfolg

##### Berechnungsbeispiel

Eintrag, 35 mm Gesamthöhe,  
vierfarbig, 12 Ausgaben

EUR 1.208

#### STICHWORT

Ihr Logo



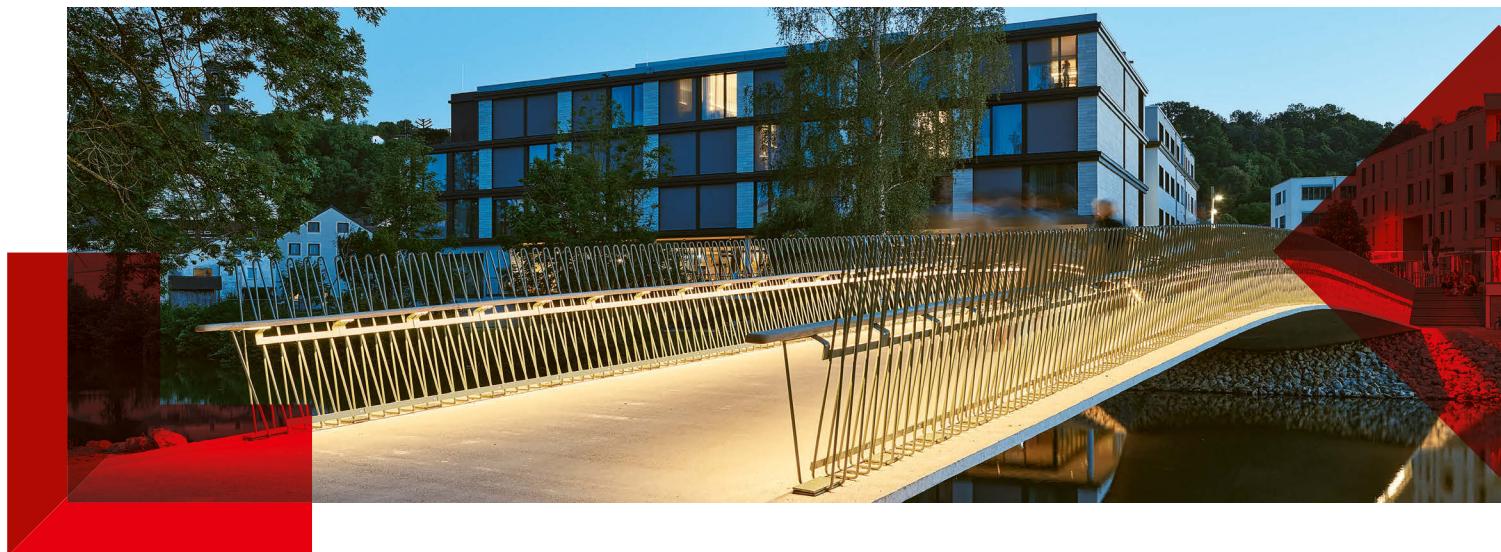
Mustermann GmbH  
Mustermannstr. 00  
D-00000 Musterstadt  
Telefon (00000) 00000-000  
Fax (00000) 00000-000  
E-Mail info@mustermann.de  
[www.mustermann.de](http://www.mustermann.de)



# ERNST & SOHN INGENIEURBAUPREIS 2026

## 19. AUSLOBUNG

PRÄSENTIEREN SIE IHRE LEISTUNGEN IM KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU



### Teilnahmebedingungen

- Die Ingenieurleistung muss innerhalb Deutschlands, Österreichs oder der Schweiz erbracht worden sein. Der Standort des zu prämierenden Bauwerks ist regional nicht eingeschränkt und kann sich weltweit befinden.
- Das Bauwerk muss zwischen 1. September 2023 und 31. August 2025 fertiggestellt worden sein (Datum der Bauabnahme).
- Berechtigt zur Einreichung sind Bauingenieur:innen, die für den Entwurf und/ oder die Ausführung maßgeblich verantwortlich waren.

### Ablauf

- Einsendeschluss: 26. September 2025
- Bekanntgabe Shortlist: Ende November 2025
- Feierliche Preisverleihung: Februar 2026

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Dirk Jesse

Tel. +49 30 47031275

ingenieurbaupreis@ernst-und-sohn.de

### Bewertungskriterien

Die gesamte Baumaßnahme wird nach funktionalen, technischen, wirtschaftlichen und gestalterischen Gesichtspunkten bewertet, wobei eine besondere Ingenieurleistung erkennbar sein muss. Zur Bewertung der eingereichten Objekte werden folgende Kriterien herangezogen:

- Konstruktion
- Innovation
- Interdisziplinarität
- Ästhetik
- Nachhaltigkeit



Nutzen Sie die Chance, mit Ihrer Einreichung ein breites Fachpublikum in Print und Online zu erreichen.

Bewerben Sie sich jetzt online!

- Weitere Informationen & Wettbewerbsunterlagen

[www.ingenieurbaupreis.de](http://www.ingenieurbaupreis.de)



Auslober

Medienpartner

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand

**Bautechnik**

**nbau**  
NACHHALTIG BAUEN

**bauingenieur** 24

# Bestandteile Digitaler Zwillinge im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken

Digitale Zwillinge werden zukünftig ein integraler Bestandteil des Erhaltungsmanagements von Verkehrsbrücken sein. In diesem Beitrag wird argumentiert, dass sie nicht nur als digitale Abbilder physikalischer Bauwerke verstanden werden sollten, sondern als eine umfassende digitale Methode, die durch die Integration von Datenerfassung, Erhaltungsmaßnahmen, Datenmanagement, Bauwerksbewertung und Entscheidungsunterstützung die Bauwerksüberwachung und -erhaltung verbessert. In diesem Zusammenhang wird betont, dass der Übergang von der reaktiven zur prädiktiven Erhaltung durch den Einsatz von Digitalen Zwillingen nur dann realisierbar ist, wenn neben den erforderlichen diagnostischen und prognostischen Zustandsanalysen auch Methoden zur Optimierung von Entscheidungen über Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen implementiert werden. Zur Veranschaulichung der Diskussion werden in diesem Beitrag exemplarisch zwei Bestandteile eines Digitalen Zwillinges für das Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken am Beispiel einer Eisenbahnbrücke demonstriert. Dabei wird zum einen gezeigt, wie Monitoringdaten mittels eines Datenmanagementsystems strukturiert verwaltet und für angeknüpfte Analysen bereitgestellt werden. Zum anderen erfolgt im Rahmen einer bauwerksspezifischen Einwirkungsermittlung eine Zugidentifikation anhand von gemessenen Schwellenschwingungen.

**Stichworte** Digitale Zwillinge; Erhaltung; Inspektion; Monitoring; Brücken

## Components of digital twins in the operation and maintenance management of traffic bridges

Digital twins will become an integral part of the operation and maintenance management of traffic bridges in the future. This paper argues that they should not only be understood as digital representations of physical structures but as a digital methodology that enhances the operation and maintenance of bridges through the integration of data collection, maintenance actions, data management, structural assessment, and decision support. In this context, it is emphasized that the transition from reactive to predictive maintenance using digital twins can only be achieved if, in addition to the necessary diagnostic and prognostic condition analyses, methods for optimizing decisions on data collection and maintenance actions are also implemented. To illustrate this discussion, two key components of a digital twin for the operation and maintenance management of traffic bridges are demonstrated using a railway bridge as an example. First, it is shown how monitoring data can be systematically managed and made available for subsequent analyses through a data management system. Second, train identification based on measured sleeper vibrations is conducted as part of an object-specific load assessment.

**Keywords** digital twin; operation and maintenance; inspection; monitoring; bridges

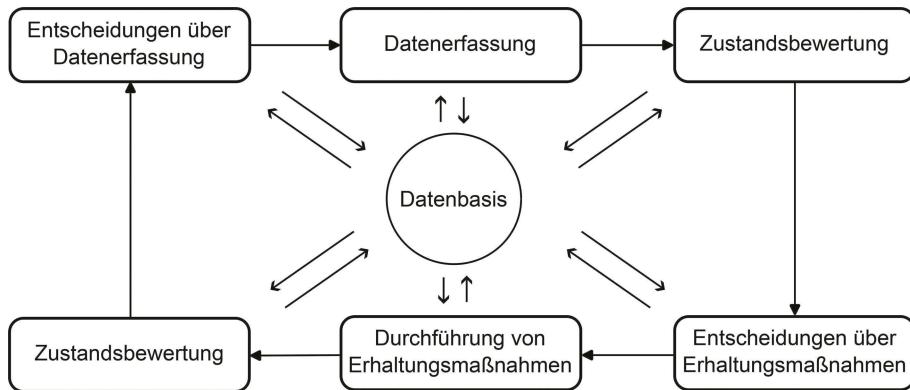
## 1 Einleitung

Verkehrsbrücken sind i.Allg. langsam fortschreitenden Schädigungsprozessen ausgesetzt. Hiervon ausgehend ist das Erhaltungsmanagement darauf ausgerichtet, mit den begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen die Verkehrssicherheit, Standsicherheit und Dauerhaftigkeit von Brücken zu gewährleisten sowie deren Verfügbarkeit zu maximieren. Die aktuelle Erhaltungsstrategie für Brücken der Bundesfernstraßen wird bspw. in [1] ausführlich beschrieben.

Prinzipiell kann der Prozess der Brückenerhaltung auf die folgenden grundlegenden Unterprozesse abstrahiert werden (Bild 1): Entscheidungen über Datenerfassung, Datenerfassung, Zustandsbewertung, Entscheidungen über Erhaltungsmaßnahmen und Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen. Diese Unterprozesse sind, wie in Bild 1 dargestellt, in einem kontinuierlichen Kreislauf miteinander verknüpft.

Ausgangspunkt für diese Abstraktion ist die Tatsache, dass sich der Zustand von Brücken im Laufe der Zeit grundsätzlich durch Schädigungsprozesse verändert. Um die Unsicherheiten über die Zustandsentwicklung zu verringern, werden zunächst Entscheidungen über Maßnahmen zur Erfassung von Bauwerksdaten getroffen. Das Ergebnis der Entscheidungsfindung sind Anweisungen zur Durchführung der Maßnahmen. Dazu gehören visuelle Inspektionen, zerstörungsfreie und zerstörende Prüfungen sowie Monitoring, womit Daten über den Bauwerkszustand und dessen Entwicklung erfasst werden. Zusätzlich kann Monitoring genutzt werden, um Daten über Umwelteinflüsse, Einwirkungen, Bauwerksverhalten und Beanspruchungen zu gewinnen.

Auf Grundlage der neu erfassten Daten sowie der vorhandenen Daten (d.h. Daten aus Planung, Bau, Inbetriebnahmen, früheren Datenerfassungen sowie vorangegangenen Erhaltungsmaßnahmen) wird der Bauwerkszustand anschließend bewertet. Die Zustandsbewertung er-



**Bild 1** Abstraktion des Prozesses der Brückenerhaltung auf die in einem Kreislauf hintereinander geschalteten Unterprozesse; alle Daten, die während des Erhaltungsprozesses entstehen, werden in einer zentralen Datenbasis vorgehalten – sie bilden die Grundlage für alle Analysen und Entscheidungen innerhalb des Erhaltungsprozesses

Abstraction of the bridge operation and maintenance process into subprocesses sequentially connected within a cycle; all data generated during the maintenance process is stored in a central database – forming the basis for analyses and decisions within the operation and maintenance process

folgt bspw. durch Experteneinschätzung oder auf der Grundlage von Schädigungs- und Tragwerksmodellen. Die Bewertungen ermöglichen Aussagen (a) zum Schädigungszustand der Bauteile eines Bauwerks und dessen Entwicklung sowie (b) zur Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks und deren zeitlicher Veränderung.

Die Zustandsbewertung bildet die Basis für nachfolgende Entscheidungen über Erhaltungsmaßnahmen. Das Ergebnis der Entscheidungsfindung sind Anweisungen zur Durchführung der Erhaltungsmaßnahmen. Es werden keine Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt, wenn die Bewertung positiv ist. Eine negative Bewertung kann bauliche Maßnahmen zur Wiederherstellung und Verbesserung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zur Folge haben. In seltenen Fällen kann es notwendig sein, kurzfristige Maßnahmen wie Sperrungen oder andere Sicherheitsmaßnahmen zu ergreifen. Falls Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, wird anschließend die Zustandsentwicklung erneut bewertet, um eine Grundlage für Entscheidungen über die weitere Datenerfassung zu schaffen. An dieser Stelle beginnt der Zyklus von neuem.

Die Datenbasis für die beschriebenen Analysen und Entscheidungen im Erhaltungsprozess wird, wie in Bild 1 dargestellt, während der Betriebsphase kontinuierlich erweitert.

Die aktuelle Herangehensweise im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken ist überwiegend analog und reaktiv. Zukünftig sollen die Prozesse der Erhaltung konsequent digitalisiert werden, um einen Übergang von der reaktiven hin zur vorausschauenden Erhaltung zu ermöglichen. Zur Erreichung dieses Ziels sollen insbesondere Digitale Zwillinge eingesetzt werden [2].

In diesem Kontext soll dieser Beitrag eine Diskussion – in Anlehnung an ähnliche Diskussionen und Entwicklungen im Offshore-Windbereich [3] – darüber anregen, wie Digitale Zwillinge, basierend auf den oben dargestellten grundlegenden Unterprozessen des Erhaltungsprozesses,

eine zentrale Rolle in der Bauwerkserhaltung spielen können. Dazu werden in Abschnitt 2 zunächst gängige Definitionen und Kategorisierungen Digitaler Zwillinge aus der bestehenden Literatur kurz zusammengefasst. Anschließend werden in Abschnitt 3 Digitale Zwillinge im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken – umfassender als in den üblichen Darstellungen in der Literatur – als digitale Methode eingeführt und ihre grundlegenden Bestandteile konzeptionell beschrieben. In Abschnitt 4 werden zwei Bestandteile eines Digitalen Zwillinge einer Eisenbahnbrücke exemplarisch vorgestellt. Abschließend werden in Abschnitt 5 die dargestellten Ideen zusammengefasst.

## 2 Digitale Zwillinge – Definitionen und Kategorisierungen in der Literatur

Obwohl der Begriff Digitaler Zwilling inzwischen in der Ingenieurspraxis etabliert ist, wird er in den verschiedenen Anwendungsbereichen unterschiedlich definiert und kategorisiert [4]. Beispielsweise erfolgt im Kontext digitaler Technologien zum Produktions- und Lebenszyklusmanagement industriell hergestellter Produkte (Industrie 4.0) eine mögliche Kategorisierung des Digitalen Zwillinge in drei als Verwaltungsschalen bezeichnete Gruppen, die in Abhängigkeit vom Grad der Autonomie der internen Kommunikation in passive, reaktive und proaktive Verwaltungsschalen [5] unterteilt werden. Eine alternative dreistufige Kategorisierung wird in [6] vorgeschlagen. Hier erfolgt die Unterteilung in die Kategorien: digitales Modell, digitaler Schatten und (erst in der höchsten Ebene) Digitaler Zwilling. Der Begriff digitales Modell beschreibt ein System, bei dem die Informationen zwischen realem und digitalem Objekt lediglich manuell übertragen werden können, während bei einem digitalen Schatten der Datenfluss vom realen zum digitalen Objekt bereits automatisiert erfolgt, in die entgegengesetzte Richtung wiederum nur manuell. Ein Digitaler Zwilling schließlich zeichnet sich durch eine automatisierte Datenübertragung in beide Richtungen zwischen realem und digitalem Objekt aus. In [7] wird ein fünfstufiger Rahmen vorgeschlagen, der die Metriken Detailgenauigkeit, ma-

schinelle Lernfähigkeit, Intelligenz und Autonomie berücksichtigt. Demnach beschreibt ein Digitaler Zwilling der Stufe 1 ein digitales Modell, das mit einem realen System verbunden ist, jedoch nicht über die Fähigkeit zu intelligentem, adaptivem oder autonomem Verhalten verfügt. Am anderen Ende dieses Spektrums definiert ein Digitaler Zwilling der Stufe 5 ein digitales Modell, das sich der Fähigkeit nähert, selbstständig zu denken und stellvertretend für den Nutzer zu handeln (künstliche allgemeine Intelligenz).

Auf diesem fünfstufigen Bezugssystem basierend wird im Kontext des Erhaltungsmanagements von Brücken in [2] eine erweiterte Kategorisierung vorgeschlagen und beschrieben. Die fünf Ebenen werden darin als Reifegrade des Digitalen Zwillinges bezeichnet. Der erste und unterste Reifegrad definiert einen deskriptiven Digitalen Zwilling, der einem digitalen visuellen Abbild des realen Objekts entspricht. Ein Digitaler Zwilling dieses Reifegrads enthält neben geometrischen Daten ggf. auch weitere von Nutzern implementierte Informationen und stellt sie anderen Nutzern zur Verfügung. Klassische Vertreter sind BIM-Modelle des physischen Objekts in ausgeführter Form (As-Built) [8].

Der zweite Reifegrad beschreibt einen informativen Digitalen Zwilling, der zusätzlich am Bauwerk erfasste sensorbasierte Messdaten für dessen Zustandsbewertung in Echtzeit verarbeitet. Dieser Zwilling aggregiert und analysiert Monitoringdaten und stellt die daraus gewonnenen Informationen zur Verfügung, aus denen der aktuelle Zustand des Bauwerks abgeleitet werden kann.

Digitale Zwillinge im dritten Reifegrad sind bereits prädiktiv. Auf Grundlage der Monitoringdaten und unter Verwendung von Prognosemodellen sowie durch Machine Learning (ML) unterstützte Methoden werden Voraussagen über den Zustandsverlauf getroffen. Diese Informationen können so als Entscheidungsgrundlage für

Bewertungen zur Restlebensdauer sowie zur prädiktiven Instandhaltungsplanung dienen.

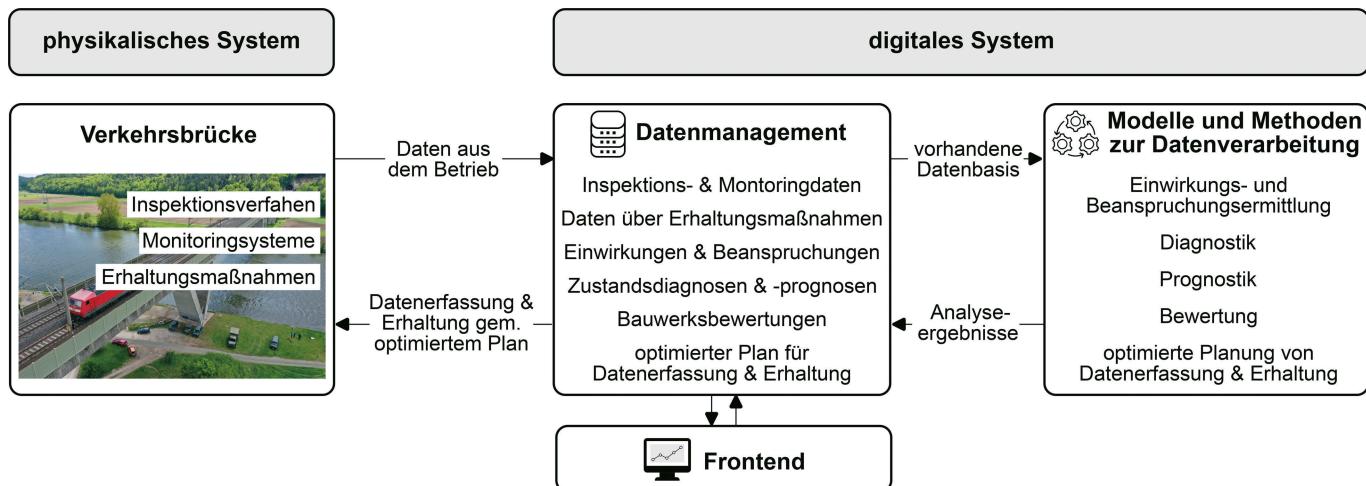
Im vierten Reifegrad hat der Digitale Zwilling präskriptive Eigenschaften. Er lernt selbstständig aus verschiedenen Datenquellen, generiert durch ML-basierte Algorithmen sowie durch prädiktive Simulationen umfangreiche Informationen. Auf dieser Basis werden eigenständig Entscheidungen getroffen und den Nutzern als Handlungsempfehlungen vorgeschlagen.

Im höchsten, dem fünften Reifegrad ist ein Digitaler Zwilling autonom. Ihm werden Verantwortlichkeiten übertragen und er ist in der Lage, selbstständig zu lernen und zu handeln. Hierfür kann er zusätzlich Daten von vernetzten anderen Digitalen Zwillingen innerhalb eines gemeinsamen Ökosystems heranziehen [2].

### 3 Digitale Zwillinge im Erhaltungsmanagement

Digitale Zwillinge haben ein großes Potenzial, den Erhaltungsprozess von Verkehrsbrücken zu verbessern, insbesondere weil sie die Datenerfassung, das Datenmanagement, die Zustandsbewertung und die Entscheidungsunterstützung hinsichtlich Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen integrieren können. Im Gegensatz zur gängigen Darstellung in der Literatur (Abschnitt 2) verstehen die Autoren dieses Beitrags einen Digitalen Zwilling nicht als eine einzelne digitale Entität, sondern umfassender: als eine digitale Methode, deren Bestandteile ja nach konkretem Anwendungsszenario unterschiedlich implementiert werden.

Die fünf grundlegenden Bestandteile eines Digitalen Zwilling im Erhaltungsmanagement sind (a) Inspektionsverfahren und Monitoringsysteme, (b) Erhaltungsmaßnahmen, (c) ein digitales Datenmanagement, (d) Modelle und Methoden zur Datenverarbeitung und (e) ein Frontend (Bild 2).



**Bild 2** Bestandteile eines Digitalen Zwilling im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken: Inspektionsverfahren und Monitoringsysteme, Erhaltungsmaßnahmen, digitales Datenmanagement, Modelle und Methoden zur Datenverarbeitung und Frontend  
Components of a digital twin in the operation and maintenance management of traffic bridges: inspection methods and monitoring systems, maintenance measures, digital data management, models and methods for data processing, and frontend

Die Inspektionsverfahren und Monitoringsysteme erfassen digital Bauwerksdaten während der Betriebsphase und sind integraler Bestandteil eines Digitalen Zwilling. Sie müssen zwingend auf die Schädigungsprozesse und die potenziellen Schäden zugeschnitten sein, die einen Einfluss auf die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit haben können. Die Inspektionsverfahren und Monitoringsysteme können die gemessenen (Roh-)Daten vorverarbeiten, sodass in der Datenbasis und den nachfolgenden Analysen möglicherweise nur die aufbereiteten Daten vorgehalten bzw. verwendet werden.

Die Erhaltungsmaßnahmen, die als Handlungsalternativen in Reaktion auf die potenziellen Inspektions- und Monitoringergebnisse bzw. inspektions- und monitoring-gestützten Zustandsbewertungen den Bauwerksbetreibern zur Verfügung stehen, müssen im Vorfeld konzipiert und beschrieben werden, damit eine optimierte Planung von Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen im Digitalen Zwilling implementiert werden kann. Dieses Vorgehen erfordert ein Umdenken im Erhaltungsmanagement, da das etablierte Verfahren darin besteht, zunächst Daten und Informationen über die Zustandsentwicklung zu sammeln und erst bei Indikationen potenziell kritischer Schädigungsprozesse bzw. Schäden Handlungsoptionen zu erarbeiten.

Das Datenmanagement muss lebenszyklusübergreifend einen strukturierten Umgang mit den umfangreichen heterogenen Bauwerksdaten und deren optimale Verwendung ermöglichen. Es verwaltet alle für das Erhaltungsmanagement relevanten Daten (Abschnitt 1) und fungiert als Schnittstelle zwischen der Datenbasis und den angeschlossenen automatisierten Analysen, die auf der Grundlage von Modellen und Methoden zur Datenverarbeitung durchgeführt werden. Diese ermöglichen eine automatisierte Zustandsbewertung und unterstützen die Entscheidungen hinsichtlich der Datenerfassung sowie der Erhaltungsmaßnahmen auf der Grundlage der bestehenden Datenbasis. Das Frontend stellt den Anwendenden alle (prozessierten) Daten in strukturierter und intuitiver Art und Weise zur Verfügung.

Für die Umsetzung einer prädiktiven Erhaltung müssen die Modelle und Methoden zur Datenverarbeitung folgende Analysen ermöglichen (Bild 2):

- *Einwirkungs- und Beanspruchungsermittlung:* Analysen, die Bauwerkseinwirkungen und -beanspruchungen auf der Grundlage der vorhandenen Datenbasis quantifizieren. Ein Beispiel dafür ist die Klassifizierung von Fahrzeugen auf der Grundlage von Beschleunigungsmessdaten unter Verwendungen von Methoden des Machine Learning [9]. Solche Verkehrsklassifizierungen bilden die Grundlage für die Ableitung bauwerksspezifischer Verkehrsbelastmodelle. Ein weiteres perspektivisches Beispiel ist die Ermittlung der räumlich variierenden Konzentration von Chloridionen in Betonbrücken auf der Grundlage von Messungen mit eingebetteten Korrosionssensoren [10].

- *Diagnostik:* Inspektionsverfahren und Monitoringsysteme liefern oft Daten, die entweder nur indirekt mit den Bauteilzuständen verknüpft sind oder lediglich eine Quantifizierung des Zustands einzelner Bauteile ermöglichen. Hiervon ausgehend umfasst die Diagnostik Analysen, die den aktuellen Zustand aller Bauteile eines Bauwerks auf Grundlage der verfügbaren Daten quantitativ ableiten und so gewissermaßen „ins Bauwerk hineinschauen“. Dabei kommen Modelle und Methoden zum Einsatz, die Beobachtungen und Messungen aus Inspektionen und Monitoring mit den Bauteilzuständen verknüpfen. Beispielsweise kann der Zustand von Spanngliedern in spannungsrisskorrosionsgefährdeten Spannbetonbrücken perspektivisch durch die Verknüpfung akustischer Bauwerksmodelle mit Schallemissionsmessungen ermittelt werden [11]. Ein weiteres Beispiel ist die Quantifizierung von Bauteilzuständen durch die Kombination gekoppelter Schädigungs- und Tragwerksmodelle mit gemessenen statischen und dynamischen Bauwerksantworten [12, 13].
- *Prognostik:* Analysen, die Bauteilzustände auf Basis der über die Zeit ermittelten Einwirkungen, Beanspruchungen und Zustandsdiagnosen vorhersagen. Ein Beispiel für eine physikalisch basierte Methode sind Prognosen des Wachstums von ErmüdungsrisSEN in geschweißten Verbindungen von Stahlbauteilen mithilfe bruchmechanischer Modelle, die bauteilspezifische Ermüdungsbeanspruchungen sowie zerstörungsfreie Prüfungen berücksichtigen [14]. Ein weiteres Beispiel für eine physikalisch basierte Methode sind Vorhersagen der Initiierung chloridinduzierter Bewehrungskorrosion auf Grundlage von Diffusionsgesetzen unter Einbeziehung von Messungen der Chloridkonzentrationen im Beton sowie Ergebnissen visueller Inspektionen und Potenzialfeldmessungen [15, 16].
- *Bewertung:* Analysen zur Beurteilung der aktuellen und zukünftigen Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit sowie Dauerhaftigkeit eines Bauwerks auf Grundlage der über die Zeit ermittelten Einwirkungen, Beanspruchungen sowie Zustandsdiagnosen und -prognosen [17]. Die Bewertungen erfolgen mithilfe gekoppelter Schädigungs- und Tragwerksmodelle.
- *Optimierte Planung von Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen:* Analysen zur optimierten prädiktiven Planung von Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen auf Basis von Zustandsdiagnosen, -prognosen und -bewertungen unter Berücksichtigung betrieblicher, wirtschaftlicher sowie ökologischer Zielsetzungen und Randbedingungen. Vielversprechende Ansätze für die Umsetzung einer optimierten prädiktiven Erhaltung beruhen auf Modellen und Methoden der Zuverlässigkeit- und Risikoanalyse sowie der technischen Entscheidungsfindung [14, 18, 19].

Die Modelle, die als Teil des Digitalen Zwilling verwen-det werden, werden auf der Grundlage des bestehenden Vorwissens (z. B. aus Planung, Bau und Inbetriebnahme und ähnlichen Anwendungsfällen) gebildet und anhand von Daten vom bestehenden Bauwerk adaptiert bzw. trainiert [12]. Eine wesentliche Rolle spielt die System-

Identifikation von Tragwerksmodellen, bspw. anhand von Belastungsversuchen und dynamischen Versuchen. Kalibrierte Tragwerksmodelle können u.a. bei Beanspruchungsermittlungen, Zustandsdiagnosen und Bewertungen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit Anwendung finden.

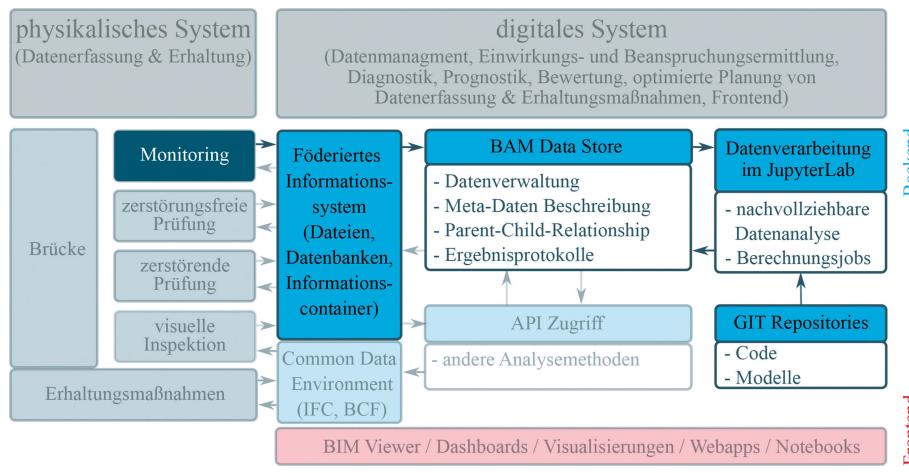
#### 4 Exemplarische Demonstrationen am Beispiel der Maintalbrücke Gemünden

In diesem Abschnitt werden exemplarisch zwei Bestandteile eines Digitalen Zwillinges im Erhaltungsmanagement am Beispiel der Maintalbrücke Gemünden [20, 21] vorgestellt. Zum einen wird in Abschnitt 4.1 gezeigt, wie Bauwerksdaten – insbesondere Monitoringdaten – mit dem Datenmanagementsystem BAM Data Store [22] als Teil des Datenmanagements strukturiert verwaltet und für anknüpfende Analysen zur Verfügung gestellt werden können. Zum anderen wird in Abschnitt 4.2 demonstriert, wie Zugüberfahrten als Teil der Einwirkungs- und Beanspruchungsermittlung auf der Basis von Schwingungsmessungen mit Methoden des Machine Learning klassifiziert werden. Diese Datenanalysen werden über ein an den BAM Data Store angebundenes JupyterLab [23, 24] realisiert.

Die exemplarischen Demonstrationen werden in Bild 3 in die Struktur eines Digitalen Zwillinges eingeordnet, indem das Monitoring (zur Datenerfassung), das föderierte Informationssystem und der BAM Data Store (für das Management von Monitoringdaten) und die Datenverarbeitung im JupyterLab unter Verwendung von Code aus GIT Repositories (zur Klassifikation von Zugüberfahrten als Teil der Einwirkungs- und Beanspruchungsermittlung) hervorgehoben werden.

An der Brücke – dem physikalischen System – können Daten mittels Monitoring sowie durch zerstörungsfreie und zerstörende Prüfungen und visuelle Inspektionen erfasst werden. Planungsdaten und Bauwerksmodelle ste-

hen aus der Planung mit Building Information Modeling (BIM) oder einer nachträglichen Erfassung in der für das Bauwerk verwendeten Common Data Environment (CDE) zur Verfügung. Während eine CDE eine Single Source of Truth (SSoT) für den BIM-Planungsprozess des Bauwerks darstellt und die Bereiche des BIM-Modell-, Planlauf- und Dokumentenmanagements adressiert werden, werden Monitoringdaten nicht über CDE-Plattformen ausgetauscht. Es ist möglich, dass BIM-CDE zukünftig gesonderte Funktionalitäten und weitere Plattformen integrieren bzw. verlinken, die zum Datenmanagement, zur Datenvisualisierung und zur Datenanalyse von Monitoringdaten mit deren spezifischen Datenformaten und -umfängen geeignet sind. Kompatibel, aber unabhängig von einer spezifischen CDE wird im Leitfaden Monitoring [25] ein föderiertes Informationssystem als grundlegende Einheit des Datenmanagements von Monitoringdaten vorgeschlagen. Dieses dient als Schnittstelle zwischen den einzelnen öffentlichen Auftraggebern und einer Reihe von im Erhaltungsmanagement beteiligten Auftragnehmern. In einer ersten Stufe (Grundkonzept) realisiert es die Bereitstellung von auftragsbezogenen Datenräumen (u.a. Speicherplatz und andere Ressourcen) mit autonomen Einzelsystemen, die z.B. die organisationsinterne Zugriffsverwaltung realisieren. Dabei werden die Daten dezentral beim jeweiligen Bauwerkseigentümer vorgehalten. In der aktuellen Anwendung strukturiert der BAM Data Store als zweite Stufe des Datenmanagements gemäß Leitfaden Monitoring [25] die erfassten Monitoringdaten und stellt sie für die Einwirkungs- und Beanspruchungsermittlung, Diagnostik, Prognostik, Bewertung und Planung von Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen zur Verfügung (Bild 3). Die geplanten Maßnahmen zur Datenerfassung und die Erhaltungsmaßnahmen werden am physikalischen Objekt gemäß dem optimierten Datenerfassungs- und Erhaltungsplan ausgeführt, weswegen in Bild 3 eine wechselseitige Beziehung zwischen digitalem und physikalischem System dargestellt ist.



**Bild 3** Verknüpfung der Brücke als physikalisches System mit dem digitalen System unter Verwendung eines Monitoringsystems, des föderierten Informationssystems, des BAM Data Store und der interaktiven Entwicklungsumgebung JupyterLab zur Realisierung von Teilen eines Digitalen Zwillinges  
Linking the bridge as a physical system with the digital system using a monitoring system, the federated information system, the BAM Data Store, and the interactive development environment JupyterLab to implement parts of a digital twin

## 4.1 Management von Monitoringdaten mit dem BAM Data Store

Für das Datenmanagement als wesentlicher Bestandteil eines Digitalen Zwillinges ergibt sich die Herausforderung, dass Daten und Modelle auf verschiedenen Wegen über Beziehungen miteinander verknüpft werden. Die zentralen Elemente eines Datenmanagementsystems umfassen die Speicherung von Daten und Modellen sowie die Bereitstellung von Rechenleistung für die Analyse der Daten aus verschiedenen Quellen bzw. den Datenimport über die Schnittstellen des Datenmanagementsystems. Aufgabe des Datenmanagements ist es, die Speicherung der Daten vom darunterliegenden IT-System zu abstrahieren und zusätzliche Funktionen bereitzustellen. Dies betrifft Aspekte wie die Steuerung des Datenzugriffs, die Anwendung von Richtlinien und Verfahren, die Prüfung von Datenqualitätsaspekten und die Bereitstellung von Steuerungs-, Visualisierungs- und Analyseinterfaces über browserbasierte Anwendungen.

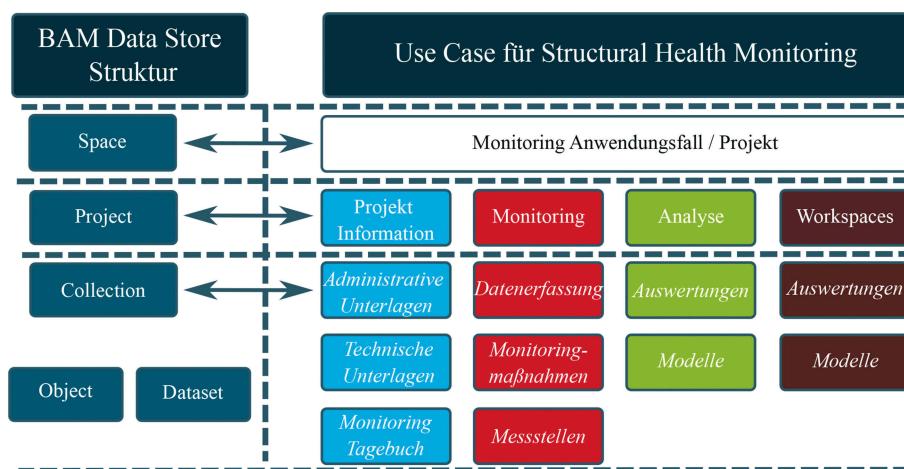
Als zentrales Datenmanagementsystem werden in wissenschaftlichen Einrichtungen Systeme wie der BAM Data Store eingesetzt [22], welcher auf dem Open-Source-Datenmanagementsystem openBIS der ETH Zürich basiert [26]. Konzepte wie die FAIR-Prinzipien definieren die Anforderungen an die Daten und Schnittstellen: findable – auffindbar, accessible – zugänglich, interoperable – interoperabel, reusable – wiederverwendbar. Das Konzept von Open Source sichert ab, dass Software und Datenformate als Quellcode verfügbar sind und so langfristig gepflegt und ggf. portiert werden können und dürfen.

Für die wissenschaftliche Arbeit bietet ein Datenmanagementsystem Unterstützung bei der Planung von Datenerhebungen, z.B. im Rahmen von Experimenten und Messungen, sowie der darauf aufbauenden Datenorganisation zur Strukturierung und Kategorisierung der Daten. Die Besonderheit des Datenmanagements besteht darin, dass Abstraktionsebenen definiert und diese in Beziehung gesetzt werden können. Im Allgemeinen werden dafür Ontologien verwendet. Im Fall des BAM Data Sto-

res sind dies sog. Eltern-Kind-Beziehungen (engl. Parent-Child Relationships, PCR).

Mit dem BAM Data Store kann der Datenimport von Messgeräten oder anderen Datenquellen automatisiert und mit Prüfung der Datenintegrität erfolgen. Er stellt eine hierarchisch gegliederte Struktur zur Verfügung, die sich in die Ordnungsebenen Space, Project, Collection und Object untergliedert. Außerdem steht das Dataset als intermediäres Element zur Verfügung, das Teil von Collection oder Object sein kann. Dabei ist ein Space das höchste anpassbare Ordnungselement, dem alle anderen Typen untergeordnet sind (Bild 4). Der BAM Data Store erlaubt zusätzlich die Organisation von Inventaren (formal beschriebene Methoden und Gegenstände – Inventory), Datenschemas und Workflows (Laborbuch – Lab Notebook) sowie Warenmanagement (Lagerbestand – Stock). Die Inventare und das Warenmanagement sind projektübergreifend und können bei mehreren Spaces und somit projektübergreifend Anwendung finden. Der BAM Data Store erfüllt damit Funktionen eines Laborbuchs (electronic lab notebook (ELN)). Das Ziel des Datenmanagements ist es, einen organisationsumfassenden Zugriff auf die Daten einschließlich deren Beschreibungen und Metadaten unter Berücksichtigung von Zugriffsrechten und Datenschutzanforderungen zu gewährleisten. Die Zugriffssteuerung für die Anwender des BAM Data Stores erfolgt auf der Ebene der Spaces und der Projects.

Basierend auf diesen Rahmenbedingungen und dem Monitoring der Maintalbrücke Gemünden [20, 21] wurde eine für das Datenmanagement von Monitoringanwendungen geeignete Struktur entwickelt. Die Bezeichnungslogik des BAM Data Stores und des Monitoringanwendungsfalls ist um eine Hierarchieebene versetzt, und so stellt ein Space im BAM Data Store ein Projekt bzw. einen Monitoringanwendungsfall (AwF) gemäß [25] für ein Bauwerk dar. Innerhalb des Spaces sind für das Monitoringprojekt vier Projects definiert bzw. angelegt: das Project „Projekt Information“ enthält alle Informationen und Metadaten zum Bauwerk. Innerhalb des Projects „Projekt Information“ sind als Collections administrative



**Bild 4** Beziehungen zwischen der Struktur des BAM Data Store bei Anwendung auf ein SHM-Projekt und systematische Gliederung der notwendigen Datenbereiche  
Relations between the structure of the BAM Data Store as applied to an SHM project and the systematic classification of the necessary data domains

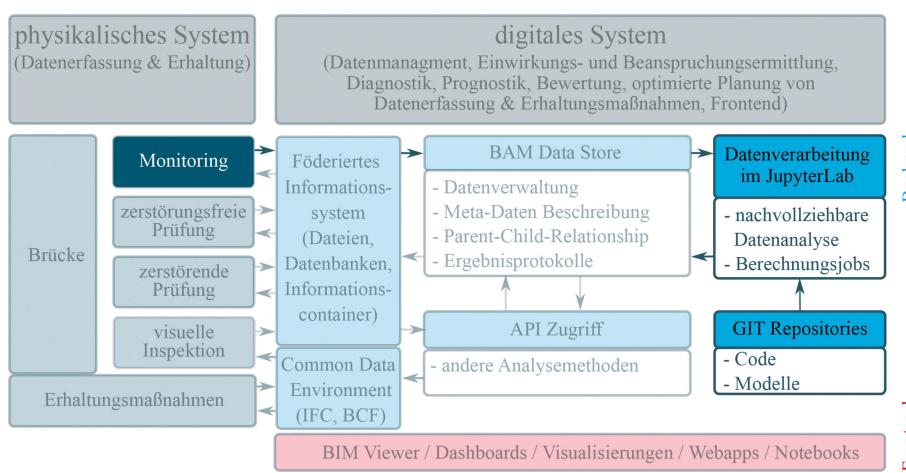
Unterlagen, technische Unterlagen und das Monitoring-Tagebuch vorgesehen (Bild 4).

Auf der Project-Ebene „Monitoring“ werden inhaltlich die für die Umsetzung des Monitorings notwendigen einzelnen Monitoringmaßnahmen als Collection abgebildet und über Parent-Child-Relationships verknüpft. Die eindeutig systematisch bezeichneten Messstellen, ebenfalls als Collection abgebildet, umfassen die am Bauwerk definierten Messpositionen für eine physikalische Größe und sind mit dem dafür eingesetzten Sensor bzw. den Sensoren aus dem Inventar und gleichzeitig mit der Monitoringmaßnahme verknüpft (Parent-Beziehung). Diese beschreibt die inhaltliche ingenieurtechnische Einzelfragestellung und spezifiziert die eigentliche Messaufgabe. Diese Beschreibungen sind als Metadaten in den Properties (vordefinierte typabhängige Eigenschaften) der Objects enthalten. Als Child-Beziehung ist die Messstelle mit dem Datenerfassungssystem verknüpft, das als Object in der Collection „Datenerfassung“ erstellt wird. Für jedes Datenerfassungssystem können spezifische Objektklassen angelegt werden, sodass das Datenerfassungssystem mit den zugehörigen Metadaten hardware- und herstellerspezifisch hinterlegt ist. Die einzelnen Messsysteme, die im Rahmen eines Monitorings eingesetzt werden, unterscheiden sich so durch die definierten Properties. Durch die projektübergreifende Wiederverwendung der definierten Objects z.B. für Sensoren (Dehnungsmessstreifen, Beschleunigungssensoren, verteilte optische Fasern, Temperatursensoren etc.) und verschiedene Monitoringsysteme wird die Metadatenbeschreibung vereinheitlicht.

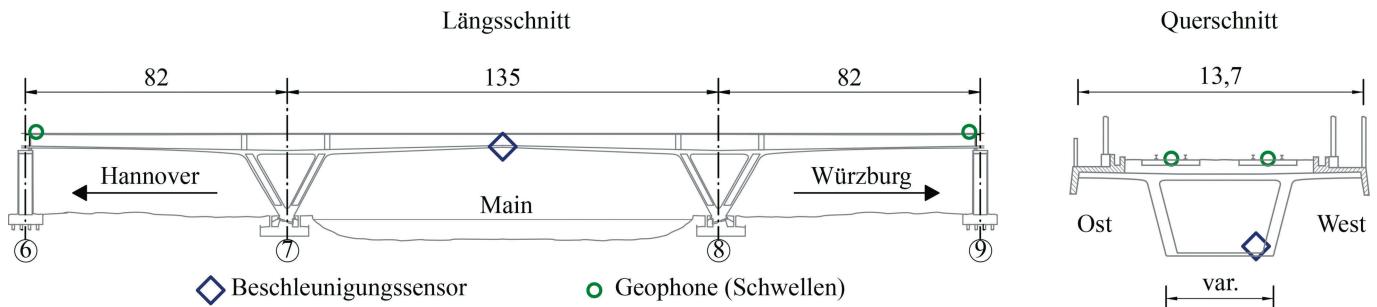
Im Project „Analyse“ werden die Modelle und die Auswertungen durch entsprechende Collections abgebildet. Als Modelle können bspw. FEM-Modelle oder BIM-Modelle hinterlegt und verknüpft werden. In der Collection „Auswertung“ können sowohl die Einzelauswertungen eines manuellen Auswertungsprozesses als auch die automatisierten Berechnungen für die Einwirkungs- und Beanspruchungsermittlung, Diagnostik, Prognostik, Bewertung und Erhaltungsplanung realisiert werden.

Die Datenanalyse wird beim BAM Data Store über ein angebundenes JupyterLab realisiert. Die einzelnen Auswertungen werden in einem persönlichen oder gemeinsamen Workspace konzipiert (Bild 4). Finale Auswertungen werden unter dem Project „Analyse“ in der Collection „Auswertung“ gespeichert bzw. dorthin verschoben. Die dokumentierte Auswertung wird über das Jupyter-Notebook-Format im BAM Data Store gespeichert und archiviert. Für die Berechnung einer Auswertung wird das Notebook in das JupyterLab geladen. Die für die Auswertungen notwendigen Programmabibliotheken oder der Quellcode werden aus öffentlichen und internen GIT Repositories bei der Ausführung nachgeladen. Durch die Nutzung der Versionierung der Softwarepakete kann nachvollzogen werden, welche Version zum Zeitpunkt der Auswertung verwendet wurde.

Über die Datenschnittstelle pyBIS von openBIS, die in der Programmiersprache Python implementiert ist, kann das Jupyter Notebook die eigentlichen Monitoringdaten aus dem BAM Data Store nachladen. Die Referenzierung wird über eindeutige openBIS Codes realisiert. Diese identifizieren den Space für das Monitoringprojekt, das Project „Monitoring“ und die Collection „Datenerfassung“ mit dem passenden Datenlogger-Objekt, das die eigentlichen Monitoringdaten als Dataset enthält. Beim Monitoring der Maintalbrücke Gemünden wurden die Tagesdaten über 24h in einem Dataset abgelegt. Der Import der Daten erfolgt über einen ordnerbasierten Importmechanismus, der die Messdaten in das Datenmanagement kopiert und dabei Metadaten, wie z.B. die Zeitinformation des Datensatzes, dem Dataset anfügt. Dies erlaubt dem Digitalen Zwilling, die gespeicherten Dateien zeitlich zu indexieren und damit Filter über Zeiträume anzuwenden und Datasets abzurufen. Eine periodisch wiederholte Durchführung der Auswertung, z.B. um neu importierte Monitoringdaten einzubeziehen, kann über das Jupyter-System ebenfalls realisiert werden. Damit kann der Digitale Zwilling zum Leben erweckt werden. Im BAM Data Store werden die durchgeföhrten Auswertungen protokolliert und können rückwirkend nachvollzogen und eingesehen werden.



**Bild 5** Einordnung der ML-basierten Zugidentifikation in den Digitalen Zwilling – sie wird im JupyterLab unter Verwendung von Code aus GIT Repositories umgesetzt  
Highlighting ML-based train identification as part of the digital twin, implemented in JupyterLab using code from GIT repositories



**Bild 6** Längsschnitt und Querschnitt der Maintalbrücke Gemünden mit Schwellengeofonen (Kreise) und Beschleunigungsaufnehmer (Raute) in Feldmitte  
Longitudinal and cross-section of the Maintalbrücke Gemünden with sleeper geophones (circles) and acceleration sensors (diamond) at the center of the main span

#### 4.2 ML-basierte Zugidentifikation anhand von Schwellenvibrationen

Überwachung und Fortschreibung der Verkehrslasten und ihrer Auswirkungen auf Bahnbrücken sind von großer Bedeutung. Die dynamischen Auswirkungen von Zugüberfahrten hängen vom Bauwerk unter realen Bedingungen ab, die von den Annahmen der Planung abweichen können. Bei besonderen Bauwerken werden daher Lasttests und Hochlastfahrten vor der Inbetriebnahme durchgeführt [27–29]. Für die Bewertung geänderter dynamischer Einwirkungen auf Brücken durch neue Zugtypen gibt es ein mehrstufiges Verfahren [30]. Veränderungen der Randbedingungen und des Zustands des Bauwerks über die Zeit führen jedoch zu einer veränderten dynamischen Bauwerksantwort, die diagnostiziert werden muss.

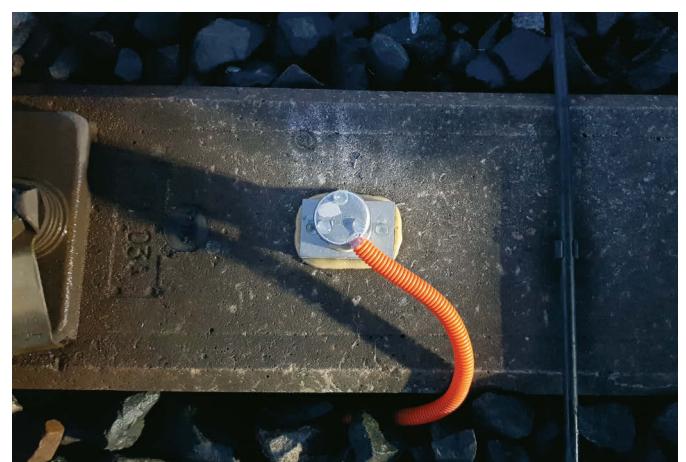
An der Maintalbrücke Gemünden werden diese Einwirkungen überwacht, indem Sensoren eingesetzt werden, die sowohl die dynamischen Einwirkungen durch Zugüberfahrten charakterisieren als auch die dynamische Bauwerksantwort messen. Mithilfe von ML-Verfahren können diese Einwirkungen klassifiziert werden. Die Entwicklung der dynamischen Bauwerksantwort kann nach klassifizierten Einwirkungen verglichen werden, um sowohl die Einwirkungen als auch die dynamische Bauwerksantwort im Digitalen Zwilling fortzuschreiben.

Im Digitalen Zwilling wird die ML-basierte Zugidentifikation im JupyterLab unter Verwendung von Code aus GIT Repositories umgesetzt (Bild 5).

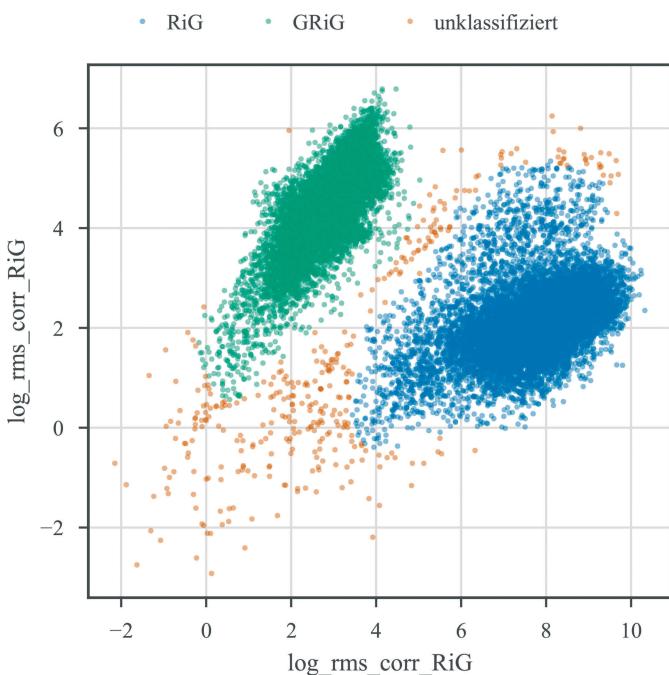
Im ersten Schritt der Zugidentifikation werden entsprechende Daten benötigt. Datensätze mit Messschrieben aller Sensoren des Monitoringssystems werden über das föderierte Informationssystem im BAM Data Store gespeichert. Darin sind zudem allgemeine Metadaten zu den Sensoren (Kalibrierprotokolle) und projektspezifische Metadaten zu den Messstellen (Lage und Typ) hinterlegt. Bild 6 zeigt in Längs- und Querschnitt der Brücke die auf Schwellen applizierten Geofone zur Erfassung der Einwirkung aus Zugüberfahrten und beispielhaft einen Beschleunigungsaufnehmer in Feldmitte. Ein montiertes Schwellengeofon ist in Bild 7 abgebildet.

Für die Klassifikation der Zugüberfahrten entsprechend ihrem Gleis und für die Ermittlung der Geschwindigkeit werden die Daten der Schwellengeofone herangezogen. Die Signale der Schwellengeofone sind individuell für jede Zugüberfahrt, jedes Bauwerk und sogar jede konkrete Schwelle. Daher ist die Aufstellung einer allgemeingültigen Regel für die Klassifikation nicht möglich. Verfahren des unüberwachten Lernens (Unsupervised Learning) können dieses Problem lösen. Hier kommen Clustering-Methoden zum Einsatz, da davon ausgegangen werden kann, dass die Zugüberfahrten sich in zwei Klassen (Richtungsgleis – RiG, Gegenrichtungsgleis – GRIg) einteilen lassen. Für jeden Datensatz mit einer Zugüberfahrt wird pro Gleis die Korrelation der Signale der Schwellengeofone gebildet und davon der logarithmierte Root-Mean-Square-Wert (RMS-Wert) ermittelt. Mit diesen beiden Merkmalen können die Zugüberfahrten über das DBSCAN-Verfahren [31, 32] geclustert werden. Bild 8 zeigt die Ergebnisse der Gleisklassifizierung von Zugüberfahrten.

Zusätzlich zur Klassifizierung des Gleises einer Überfahrt wird die Zuggeschwindigkeit ermittelt, indem die Korrelation der Signale der Schwellengeofone des Überfahrtsgleises analysiert wird. Bild 9 zeigt die maximale Beschleunigung in Feldmitte im Vergleich zur Geschwindigkeit pro Gleis. Der Quellcode dieser Auswertung wird in GIT Repositories gepflegt (s. Bild 5) und die aggregierten Ergebnisdaten werden für weitergehende Auswertungen im BAM Data Store gespeichert. Damit besteht die



**Bild 7** Foto eines montierten Schwellengeofons  
Photograph of a mounted sleeper geophone

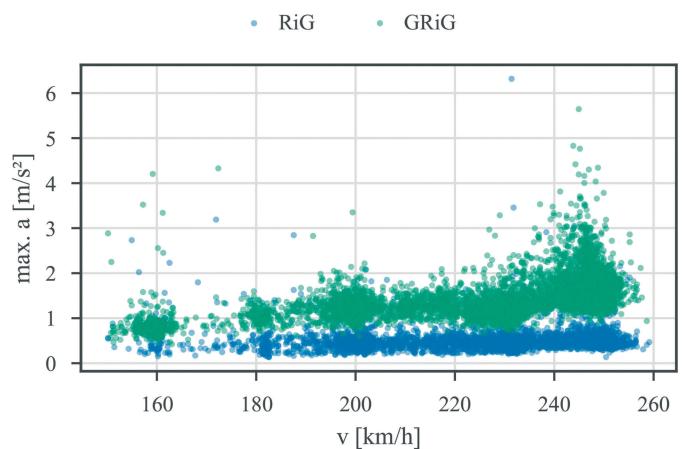


**Bild 8** Merkmale der analysierten Zugüberfahrten: logarithmierte RMS-Werte der Korrelationsfunktionen von Richtungsgleis (RiG) und Gegenrichtungsgleis (GRIG); die Ergebnisse des Clusterings sind farblich markiert, dadurch können die Zugüberfahrten einem Gleis (RiG oder GRIG) zugeordnet werden  
Characteristics of the analyzed train passages: logarithmized RMS values of the correlation functions of the track direction (RiG) and opposite track direction (GRIG); the results of the clustering are color-coded, allowing the train passages to be assigned to a track (RiG or GRIG)

Möglichkeit, die Bauwerksantwort auf gegebene Parameter der dynamischen Eiwicklung aus Zugüberfahrten in einem Digitalen Zwilling fortzuschreiben.

## 5 Abschließende Bemerkungen

Dieser Beitrag dient als Diskussionsgrundlage zur Präzierung des Verständnisses Digitaler Zwillinge im Erhaltungsmanagement. Dabei wurde herausgearbeitet, dass ein Digitaler Zwilling in erster Linie als digitale Methode zur Unterstützung von Entscheidungen über Datenerfas-



**Bild 9** Die maximale Beschleunigung in der Feldmitte der Brücke (ermittelt mit einer Abtastrate von 250 Hz), die durch eine Überfahrt angeregt wird, in Abhängigkeit von der ermittelten Geschwindigkeit der Überfahrt, getrennt nach Gleisrichtung  
The maximum acceleration at the center of the bridge induced by a passage (determined with a sampling rate of 250 Hz), as a function of the passing train's speed, differentiated by track

sung und Erhaltungsmaßnahmen betrachtet werden sollte. Die wesentlichen Bestandteile eines Digitalen Zwillinges sind (a) die Datenerfassung als Schnittstelle zwischen physikalischem und digitalem System, (b) bauliche Maßnahmen zur Erhaltung des physikalischen Systems, (c) das Datenmanagement, (d) die Modelle und Methoden für die notwendigen Analysen für die Entscheidungsunterstützung im Erhaltungsmanagement und (e) ein Frontend für die Anwendenden. Die Datenerfassung muss auf die relevanten Schädigungsprozesse abgestimmt sein, und mögliche Erhaltungsmaßnahmen müssen im Voraus als Reaktionen auf potenzielle Inspektions- und Monitoringergebnisse bzw. inspektions- und monitoring-gestützte Bauwerksbewertungen konzipiert und beschrieben werden. Für die Umsetzung einer prädiktiven Erhaltung müssen Digitale Zwillinge die Ermittlung von Einwirkungen und Beanspruchungen, Zustandsdiagnosen und -prognosen, die Bewertung von Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit sowie eine optimierte, prädiktive Planung von Datenerfassung und Erhaltungsmaßnahmen ermöglichen.

## Literatur

- [1] Jackmuth, A.; König, W.; Marzahn, G.; Mertzsch, O.; Pinnel, R. (2022) *Die neue Erhaltungsstrategie für Brücken der Bundesfernstraßen* in: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. [Hrsg.] *Beton-Kalender 2022*. Berlin: Ernst & Sohn, S. 347–373.
- [2] Wenner, M.; Barr, C.; Bartsch, A.; Böhme, F.; Diers, J.; Dombeck, D.; Fritsch, C.; Lazoglu, A.; Naraniecki, H.; Petersen, M.; Schneider, S.; Scholz, F.; Ullerich, C.; Wedel, F. (2023) *Digitaler Zwilling von Brücken – Wegweiser zur Einführung im Bundesfernstraßennetz*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Berlin.
- [3] Eichner, L.; Gerards-Wünsche, P.; Happel, K.; Weise, S.; Haake, G.; Sieber, L.; Flederer, H.; Schneider, R.; Herrmann, R.; Hille, F.; Baeßler, M.; Huhn, H.; Küchler, A. (2024) *Digitales Datenmanagement für die Instandhaltung von Offshore-Windparks*. Bautechnik 101, H. 10, S. 558–567. <https://doi.org/10.1002/bate.202400026>
- [4] Wimmer, J.; Braml, T.; Kaiser, M. (2024) *Digitale Zwillinge für Brücken mittlerer Stützweite – Pilotprojekt Brücke Schwindegg – Teil 2: Verwaltungsschale*. Beton- und Stahlbetonbau 119, H. 3, S. 160–168. <https://doi.org/10.1002/best.202300096>
- [5] Jacoby, M.; Baumann, M.; Bischoff, T.; Mees, H.; Müller, J.; Stojanovic, L.; Volz, F. (2023) *Open-Source Implementations of the Reactive Asset Administration Shell: A Survey*. Sensors 23, No. 11, 5229. <https://doi.org/10.3390/s23115229>
- [6] Kitzinger, W.; Karner, M.; Traar, G.; Henjes, J.; Sihn, W. (2018) *Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification*. IFAC-PapersOnLine 51, No. 11, pp. 1016–1022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
- [7] ARUP (2019) *Digital Twin – Toward a meaningful framework*. <https://www.arup.com/insights/digital-twin-towards-a-meaningful-framework>
- [8] Bednorz, J.; Hindermann, I.; Jaeger, K.; Marszalik, M. (2020) *Methoden zur Generierung von As-Built-Modellen für Be-*

- standsbrücken.* Bautechnik 97, H. 4, S. 286–294. <https://doi.org/10.1002/bate.202000011>
- [9] Ramasetti, E. K.; Herrmann, R.; Degener, S.; Baeßler, M. (2024) *Development of generic AI models to predict the movement of vehicles on bridges.* Procedia Structural Integrity 64, pp. 557–564. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.09.307>
- [10] Mayer, T. F.; Harnisch, J.; Ebelt, G.; Dauberschmidt, C. (2018) *Korrosionsmonitoring von Stahlbetonbauwerken.* Beton- und Stahlbetonbau 113, H. 9, S. 632–639. <https://doi.org/10.1002/best.201800026>
- [11] Pirskawetz, S.; Trattnig, H.; Boehm, C. (2024) *Spanndrahtbrücke und ihr digitaler akustischer Zwilling* in: Rogge, A.; Meng, B. [Hrsg.] *11. Jahrestagung des DAfStb mit 63. Forschungskolloquium der BAM – Beiträge zum 63. Forschungskolloquium Green Intelligent Building.* Berlin, 16./17. Okt. 2024. Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), S. 224–229. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:b43-613038>
- [12] Simon, P.; Schneider, R.; Baeßler, M.; Morgenthal, G. (2024) *A Bayesian Probabilistic Framework for Building Models for Structural Health Monitoring of Structures Subject to Environmental Variability.* Structural Control and Health Monitoring, No. 1. <https://doi.org/10.1155/2024/4204316>
- [13] Simon, P.; Schneider, R.; Viefhues, E.; Said, S.; Herrmann, R.; Baeßler, M. (2020) *Vibration-based Structural Health Monitoring of a Reinforced Concrete Beam Subject to Varying Ambient Temperatures using Bayesian Methods* in: Papadakakis, M.; Fragiadakis, M.; Papadimitriou, C. [eds.] *EURODYN 2020, XI International Conference on Structural Dynamics.* Athens, Nov. 23–26, 2020. EASD Procedia, pp. 1254–1271. <https://doi.org/10.47964/1120.9101.19503>
- [14] Farhan, M.; Schneider, R.; Thöns, S. (2021) *Predictive information and maintenance optimization based on decision theory: a case study considering a welded joint in an offshore wind turbine support structure.* Structural Health Monitoring 21, No. 1. <https://doi.org/10.1177/1475921720981833>
- [15] Schneider, R.; Fischer, J.; Straub, D.; Thöns, S.; Bügler, M.; Borrman, A. (2015) *Intelligente Brücke – Prototyp zur Ermittlung der Schadens- und Zustandsentwicklung für Elemente des Brückenmodells.* Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach. <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2015/1615>
- [16] Fischer, J.; Straub, D.; Schneider, R.; Thöns, S.; Rücker, W. (2014) *Intelligente Brücke – Zuverlässigkeitssbasierte Bewertung von Brückenbauwerken unter Berücksichtigung von Inspektions- und Überwachungsergebnissen.* Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach. <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2014/768>
- [17] Straub, D.; Schneider, R.; Bismut, E.; Kim, H.-J. (2020) *Reliability analysis of deteriorating structural systems.* Structural Safety 82, 101877. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2019.101877>
- [18] Bismut, E.; Straub, D. (2021) *Optimal adaptive inspection and maintenance planning for deteriorating structural systems.* Reliability Engineering & System Safety 215, 107891. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107891>
- [19] Eichner, L.; Schneider, R.; Baeßler, M. (2023) *Optimal vibration sensor placement for jacket support structures of offshore wind turbines based on value of information analysis.* Ocean Engineering 288, 115407.
- [20] Herrmann, R.; Schneider, R.; Simon, P.; Hille, F.; Said, S.; Baeßler, M. (2021) *Structural Health Monitoring der Maintalbrücke Gemünden zur Unterstützung einer prädiktiven Instandhaltung* in: Curbach, M.; Marx, S.; Scheerer, S.; Hampel, T. [Hrsg.] *Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden 55.* Technische Universität Dresden, S. 66–76.
- [21] Simon, P.; Helmrich, M.; Herrmann, R.; Schneider, R.; Baeßler, M.; Lorelli, S.; Morgenthal, G. (2022) *Maintalbrücke Gemünden: Bauwerksmonitoring und -identifikation aus einem Guss.* Bautechnik 99, H. 3, S. 163–172. <https://doi.org/10.1002/bate.202100102>
- [22] El-Athman, R.; Rädler, J.; Löhmann, O.; Ariza, A.; Muth, T. (2023) *BAM Data Store.* Proceedings of the Conference on Research Data Infrastructure 1. <https://doi.org/10.52825/cordi.v1i.229>
- [23] Beg, M. et al. (2021) *Using Jupyter for Reproducible Scientific Workflows.* Computing in Science & Engineering 23, No. 2, pp. 36–46. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2021.3052101>
- [24] Williams, P. K.; Carifio, J.; Norman, H.; Weigel, A. D. (2022) *A Novel JupyterLab User Experience for Interactive Data Visualization.* arXiv preprint arXiv:2212.03907.
- [25] Wedel, F.; Pitters, S.; Hille, F.; Herrmann, R.; Schneider, R. (2024) *Leitfaden – Strategischer Einsatz von Monitoring für Ingenieurbauwerke.* Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach. <https://www.bast.de/DE/Publikationen/Fachveröffentlichungen/Ingenieurbau/Downloads/B-fv-15-0707.html>
- [26] Barillari, C.; Ottoz, D. S. M.; Fuentes-Serna, J. M.; Ramakrishnan, C.; Rinn, B.; Rudolf, F. (2016) *openBIS ELN-LIMS: an open-source database for academic laboratories.* Bioinformatics 32, No. 4, pp. 638–640. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv606>
- [27] Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München (1987) *Messungen zur statischen Probelastung der Maintalbrücke bei Gemünden in km 291,411 der NBS Hannover-Würzburg unter einem Versuchszug und unter einem Schotterzug.*
- [28] Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München (1989) *Dynamische Messungen an der Maintalbrücke bei Gemünden in km 291,411 der NBS Hannover-Würzburg unter einem Versuchszug und unter einem Schotterzug.*
- [29] Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München (1989) *Dynamische Messungen an der Maintalbrücke bei Gemünden in km 291,411 der NBS Hannover-Würzburg unter dem ICE.*
- [30] Grunert, G.; Behnke, R.; Liu, X. (2023) *Dynamische Zug-Brücken-Kompatibilität: Das Referenzverfahren als neue Nachweisform.* Bautechnik 100, H. 6, S. 299–309. <https://doi.org/10.1002/bate.202300009>
- [31] Ester, M.; Kriegel, H.-P.; Sander, J.; Xu, X. (1996) *A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise* in: Simoudis, E. et al. [eds.] *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. KDD-96, Portland, Aug. 2–4, 1996.*
- [32] Simon, P.; Herrmann, R.; Schneider, R.; Hille, F.; Baeßler, M.; El-Athman, R. (2022) *Research Data Management of Structural Health Monitoring Projects and Subsequent Applications of Artificial Intelligence Methods* in: Caras, J. R.; Frangopol, D. M.; Turmo, J. [eds.] *11<sup>th</sup> International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. IABMAS 2022, Barcelona, Nov. 7–15, 2022.*

**Autor:innen**

Dr.-Ing. Ronald Schneider (Korrespondenzautor:in)

ronald.schneider@bam.de

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Fachbereich 7.2 Ingenieurbau

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Patrick Simon, M.Sc.

patrick.simon@bam.de

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Fachbereich 7.2 Ingenieurbau

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Dr.-Ing. Ralf Herrmann

ralf.herrmann@bam.de

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Fachbereich 7.2 Ingenieurbau

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Dr.-Ing. Falk Hille

falk.hille@bam.de

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Fachbereich 7.2 Ingenieurbau

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Dr.-Ing. Matthias Baeßler

matthias.baessler@bam.de

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Leiter Fachbereich 7.2 Ingenieurbau

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

**Zitieren Sie diesen Beitrag**

Schneider, R.; Simon, P.; Herrmann, R.; Hille, F.; Baeßler, M. (2025) Bestandteile Digitaler Zwillinge im Erhaltungsmanagement von Verkehrsbrücken. Bautechnik 102, H. 7, S. 355–365.

<https://doi.org/10.1002/bate.202400101>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.

Eingereicht: 12. Dezember 2024; angenommen: 17. Februar 2025.

Alfred Haack, Karl-Friedrich Emig  
**Abdichtungen im Gründungsbereich und auf genutzten Deckenflächen**  
*Klassiker des Bauingenieurwesens*

■ Hilfestellung bei Auswahl und Planung von Abdichtungssystemen  
 ■ praxisnahe Hinweise zur Abdichtung  
 ■ unveränderter Nachdruck der 2. Auflage von 2003

Der Nachdruck des Buches auf dem Jahr 2003 zeigt Möglichkeiten und Methoden zur Abdichtung erdbedeckter Flächen sowie genutzter Decken. Es stellt die Erscheinungsformen des Wassers im Baugrund vor, erläutert die Dränung und beschreibt praxisgerechte Abdichtungssysteme.

**BESTELLEN**  
 +49 (0)30 470 31-236  
 marketing@ernst-und-sohn.de  
[www.ernst-und-sohn.de/3371](http://www.ernst-und-sohn.de/3371)

Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland inkl. MwSt.

**Ernst & Sohn**  
 A Wiley Brand



2021 · 566 Seiten

Hardcover

ISBN 978-3-433-03371-5

€ 69\*

# Erhaltungsmanagement von Wasserstraßen: Eine qualitative Methode zur Robustheitsbewertung

Der Bestand an wasserbaulichen Anlagen in Deutschland ist in die Jahre gekommen. Seine Erhaltung erfordert einen enormen Ressourceneinsatz, weshalb es wichtig ist, die richtigen Maßnahmen zum richtigen Zeitpunkt zu ergreifen. Eine Strategie zur Erhöhung der Zuverlässigkeit des Systems besteht darin, die Robustheit bei der Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck haben die Bundesanstalt für Wasserbau und die Hochschule Karlsruhe ein qualitatives Verfahren zur Bewertung der Robustheit bestehender Wasserbauwerke entwickelt. Es berücksichtigt die Ergebnisse einer statischen Nachweisführung sowie weitere Robustheitseigenschaften und trifft zusätzlich zum Zustand der Anlage eine Aussage über die Dringlichkeit ihres Erhaltungsbedarf. Die Methode wurde für massive Schiffsschleusenanlagen, Kanalbrücken, Düker- und Durchlassanlagen entwickelt. Die Anwendung der Methode auf vierzehn dieser Bauwerke zeigt, dass durch die Interpretation mehrerer Kennwerte eine Differenzierung der Bauwerke hinsichtlich ihrer Robustheit erreicht werden kann. Für die standardisierte Umsetzung der Methode steht eine Web-Applikation und für die Visualisierung der Ergebnisse ein Dashboard zur Verfügung. Sobald weitere Bauwerke nachgerechnet sind, soll die Methode auf eine größere Anzahl von Bauwerken angewendet und darauf aufbauend die Notensystematik final mit dem Infrastrukturbetreiber festgelegt werden.

**Stichworte** Erhaltungsmanagement; Wasserbauwerke; Robustheit; Nachrechnung; Priorisierung

## 1 Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Deutschlands Infrastruktur ist veraltet und benötigt dringend Investitionen in Wasserstraßen, Schienen und Straßen. Zu geringe Investitionen in der Vergangenheit, Fachkräftemangel und der zunehmende Verfall der Anlagen erhöhen den Handlungsdruck. Schnelle und gezielte Investitionsmaßnahmen sind notwendig. Die Herausforderungen sind unterschiedlich: Straßen und Schienen müssen primär veränderte Beanspruchungen bewältigen, während bei den Wasserstraßen das fortgeschrittene Alter der Bauwerke besonders problematisch ist. So haben 30% der Schiffsschleusen- und Wehranlagen eine Nutzungsdauer von 100 Jahren überschritten [Wasserstraßen-Infrastruktur-Daten (WInD), Stand 09/24], was – auch wenn die alten Bauwerke nicht für eine bestimmte Nutzungsdauer bemessen wurden – in der Regel mit

**Maintenance management of waterways: A qualitative method for robustness assessment**

The stock of hydraulic engineering facilities in Germany is ageing. Its maintenance requires an enormous amount of resources, which is why it is essential to implement the right measures at the right time. One strategy for increasing the reliability of the system is to take robustness into account when prioritizing maintenance measures. To this end, the Federal Institute of Hydraulic Engineering and Karlsruhe University of Applied Sciences have developed a qualitative method for assessing the robustness of existing hydraulic structures. It takes into account the results of the recalculation as well as other robustness properties and, in addition to the condition of the system, makes a statement about its maintenance requirements. The method was developed for massive ship locks, canal bridges and culverts. The application of the method to fourteen of these structures shows that a differentiation of the structures with regard to their robustness can be achieved by interpreting several characteristic values. A website is available for standardized implementation of the method and a dashboard for the visualization of the results. In the future, as soon as further structures have been recalculated, the method will be applied to a larger number of structures and, based on this, the grading system will be finalized with the infrastructure operator.

**Keywords** Maintenance management; hydraulic structures; robustness; recalculation; prioritization

steigendem Erhaltungsaufwand einhergeht. Für weitere Herausforderungen sorgt die Inhomogenität des Anlagenbestandes. Die rund 4.800 von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) zu erhaltenden Anlagen setzen sich aus etwa 87 unterschiedlichen Objektarten zusammen [WInD, Stand 09/24, Inspektionskategorie A, B]. Hinzu kommt eine Vielfalt an Konstruktionsweisen innerhalb einer Objektart. Für ihre Erhaltung stehen nur begrenzte Ressourcen in Form von finanziellen Mitteln, Personal und Zeit zur Verfügung. Um die Funktionsfähigkeit des Wasserstraßennetzes dennoch zu gewährleisten, müssen die richtigen Maßnahmen zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt werden. Die Ermittlung des bundesweiten Erhaltungsbedarfs ist jedoch aufgrund der Inhomogenität und des fortgeschrittenen Alters des Bestandes komplex und zeitaufwändig. Da auch die Planung und Umsetzung der Baumaßnahmen zeitaufwändig ist [1], sollte der Prozess zur Ermittlung des Erhaltungsbedarfs beschleunigt werden. Die Aufgabe besteht

darin, den Spagat zwischen dem Bedarf an schnellen und richtigen Maßnahmen zu lösen.

## 1.2 Lösungsansatz

Kennzahlen sind ein Instrument, um die Funktionsfähigkeit eines Infrastruktur-Bestandes im Blick zu behalten [2]. Sie sind messbare Werte, die standardisiert ermittelt werden und deren Überschreitung Handlungsbedarf signalisiert. Sie ermöglichen es, aus einem großen Bauwerksbestand die Bauwerke zu identifizieren, die einer näheren Betrachtung bedürfen. Der Zustand der wasserbaulichen Anlagen im Geltungsbereich der WSV wird durch die Zustandsnote, eine etablierte Kennzahl, abgebildet [3]. Sie wird im Rahmen von regelmäßigen Inspektionen der Anlagen durch geschultes Personal ermittelt und stellt eine Bewertung der vorhandenen Schäden dar. Die Bewertung erfolgt in der detailliertesten Form der Inspektion durch eine handnahe Prüfung aller, auch der schwer zugänglichen Bauwerksteile. Dennoch spiegelt die Zustandsnote in erster Linie den Zustand der einsehbaren Oberflächen wider.

Zur Ermittlung der aktuellen, inneren Auslastung der Bauteile steht – sofern keine überprüfte Bestandsstatik vorliegt – das Instrument der Nachrechnung zur Verfügung. Sie wird innerhalb der WSV für massive Wasserbauwerke nach dem Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW)“ [4] erstellt. Die Ergebnisse der Nachrechnung liefern entscheidende Informationen über den Erhaltungsbedarf der Anlage. Die Überführung dieser Ergebnisse in eine Kennzahl ist jedoch aufgrund ihres hohen Detailierungsgrades nicht trivial. Außerdem werden bei der Berechnung nur die Randbedingungen berücksichtigt, die zum Zeitpunkt ihrer Aufstellung am Bauwerk vorliegen. Veränderte Randbedingungen, z. B. durch Schäden oder unvorhergesehene Beanspruchungen, werden nicht abgebildet. Ihr Auftreten ist bei alten Bauwerken jedoch nicht unwahrscheinlich. Hinzu kommt, dass Infrastrukturprojekte von ihrer Initiierung bis zu ihrer Fertigstellung oft einen langen Zeitraum in Anspruch nehmen. Dennoch muss sichergestellt werden, dass ein Bauwerk bis zur Fertigstellung der Erhaltungsmaßnahme oder bis zu seiner Stilllegung den Anforderungen entspricht.

Eine Lösung wäre, die Robustheit der Bauwerke zu erhöhen. Der Begriff Robustheit ist im TbW-Merkblatt verankert und wird definiert als die Fähigkeit eines Tragwerks „unvorhergesehenen bzw. unberücksichtigten Beanspruchungen oder Ausfällen zielgerecht“ [4] zu widerstehen, sowie „Schädigungen oder Versagen auf ein Ausmaß [zu] begrenzen, welches in einem vertretbaren Verhältnis zur Ursache steht“ [4]. Diese Fähigkeit kann dafür sorgen, dass eine alternde Infrastruktur auch bei verzögerten Erhaltungsmaßnahmen funktionsfähig bleibt. Die Erhöhung der Robustheit einer bestehenden Struktur zu einem späteren Zeitpunkt erfordert jedoch langwierige Maßnahmen und löst das Problem nicht. Es könnte jedoch entschärft werden, indem die am wenigsten robusten Bau-

werke immer zuerst erhalten werden. Dies würde die Robustheit des Gesamtsystems erhöhen.

Diesen Überlegungen folgend hat die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) im Rahmen eines Forschungsprojektes gemeinsam mit der Hochschule Karlsruhe ein qualitatives Verfahren zur Bewertung der Robustheit von massiven Wasserbauwerken entwickelt. Dabei werden sowohl die Ergebnisse der Nachrechnung als auch weitere, darin nicht berücksichtigte Eigenschaften einer robusten Bauweise einbezogen. Das Ergebnis ist eine Robustheitskennzahl, die neben dem Zustand des Bauwerks eine Aussage über die Dringlichkeit seiner Erhaltung trifft. Sie kann bei der Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen behilflich sein, indem sie das bestehende Erhaltungsmanagement sinnvoll ergänzt. Die Abschätzung des Umfangs der Erhaltungsmaßnahme ist nicht Ziel der Methodik, sondern hat aufgrund der starken Inhomogenität des Bestandes in jedem Einzelfall zu geschehen. Die Methode wurde für massive Schiffsschleusenanlagen, Kanalbrücken, Dächer- und Durchlassanlagen entwickelt und wird im Folgenden am Beispiel der Schiffsschleusenanlagen vorgestellt. Eine erste, inzwischen grundlegend überarbeitete Version der Methodik findet sich in [5].

## 1.3 Bestandsaufnahme

In der Fachliteratur werden verschiedene Kriterien für eine robuste Bauweise aufgeführt. Im Anhang des TbW-Merkblatts [4] sind dies eine hohe Redundanz und Duktilität, eine statisch unbestimmte Gestaltung, eine monolithische Bauweise, eine kraftflussorientierte Form und eine fehlerunfallige Herstellung. Auch der Eurocode 1, Teil 7 [6], der für Neubauten gilt, definiert die Robustheit und nennt Maßnahmen zu deren Erhöhung. Einige Beiträge in Fachzeitschriften befassen sich mit der Robustheitsbewertung von Tragwerken im Allgemeinen [7], [8] und mit der von Ingenieurbauwerken [9], Hochbauten [10] und Stahlkonstruktionen [11], [12] im Speziellen. Allen Veröffentlichungen ist jedoch gemeinsam, dass sie eine einzelfallbezogene Bewertung für jedes Bauwerk vorsehen. Der daraus resultierende hohe Aufwand und der hohe Grad an Individualität erschwert die Nutzung der Bewertung für das Erhaltungsmanagement. Hierbei steht die relative, zeitnahe Bewertung einer großen Anzahl von Bauwerken im Vordergrund und nicht die absolute, aufwändige Bewertung eines einzelnen Bauwerks. Aus diesem Grund wurde im Forschungsprojekt ein standardisiertes Verfahren zur Robustheitsbewertung von Wasserbauwerken entwickelt, das mit geringem Aufwand umgesetzt werden kann und ausschließlich auf vorhandenen Daten basiert.

## 2 Methodik

### 2.1 Festlegung der Robustheitskriterien

In einem ersten Schritt wurden Kriterien definiert, die bei Erfüllung auf eine hohe Robustheit des Bauwerks

Oberkriterium	Unterkriterium
<u>1. Auslastung</u>	1.1 Auslastungsgrad
<u>2. Lastumlagerung</u>	2.1 Kraftfluss
	2.2 Stat. Bestimmtheit
	2.3 Baugrund
	2.4 Bewehrung
<u>3. Verformungsfähigkeit</u>	3.1 Ankündigung
	3.2 Duktilität
	3.3 Mindestbewehrung
	3.4 Rotation
	3.5 Druckzone
<u>4. Nutzung</u>	4.1 Nutzungsdauer
<u>5. Instandsetzung</u>	5.1 Funktionsfähigkeit

**Bild 1** Definierte Robustheitskriterien für massive Schiffsschleusenkammern  
Robustness criteria defined for solid ship lock chambers

hinweisen, die sogenannten Robustheitskriterien. Sie basieren auf vorhandener Fachliteratur, die sich teilweise auf andere Bauwerkstypen bezieht und in modifizierter Form auf Schleusen übertragen wurden.

Bild 1 zeigt die zwölf Robustheitskriterien, die für massive Schiffsschleusenkammern definiert wurden. Der Fokus liegt auf der Schleusenkammer, da sie erfahrungsgemäß der vulnerabelste Teil der Anlage darstellt. Der Übersichtlichkeit halber werden die Kriterien zu fünf thematisch passenden Oberkriterien zusammengefasst: Auslastung, Lastumlagerung, Verformungsfähigkeit, Nutzung und Instandsetzung.

Als erstes Robustheitskriterium wird die in der Nachrechnung ermittelte Auslastung festgelegt (1. Auslastung), denn die Voraussetzung für eine hohe Robustheit eines Tragwerks ist das Vorhandensein von Tragfähigkeitsreserven, welches über die Auslastung der Bauteile abgebildet wird. Um die vorhandenen Reserven zu aktivieren, sind Möglichkeiten zur Lastumlagerung erforderlich (2. Lastumlagerung) [8], die deshalb mit vier weiteren Robustheitskriterien berücksichtigt werden (2.1 bis 2.4). Dazu gehört die Art des Kraftflusses, der infolge einer Belastung durch das Tragwerk erfolgt (2.1 Kraftfluss). Ein Lastabtrag mit minimaler Formänderungsenergie infolge einer kontinuierlichen Tragwerksform gilt als robustheitsfördernd während Diskontinuitätsbereiche, z. B. infolge von geometrischen Sprüngen [13], als robustheitsmindernd angesehen werden. Als weiteres Kriterium zur Sicherstellung der Lastumlagerung wird die innere statische Bestimmtheit des statischen Systems definiert (2.2 Stat. Bestimmtheit). In statisch unbestimmten Bereichen können alternative Lastpfade mobilisiert werden [8], was daher als positiv für die Robustheit angesehen wird.

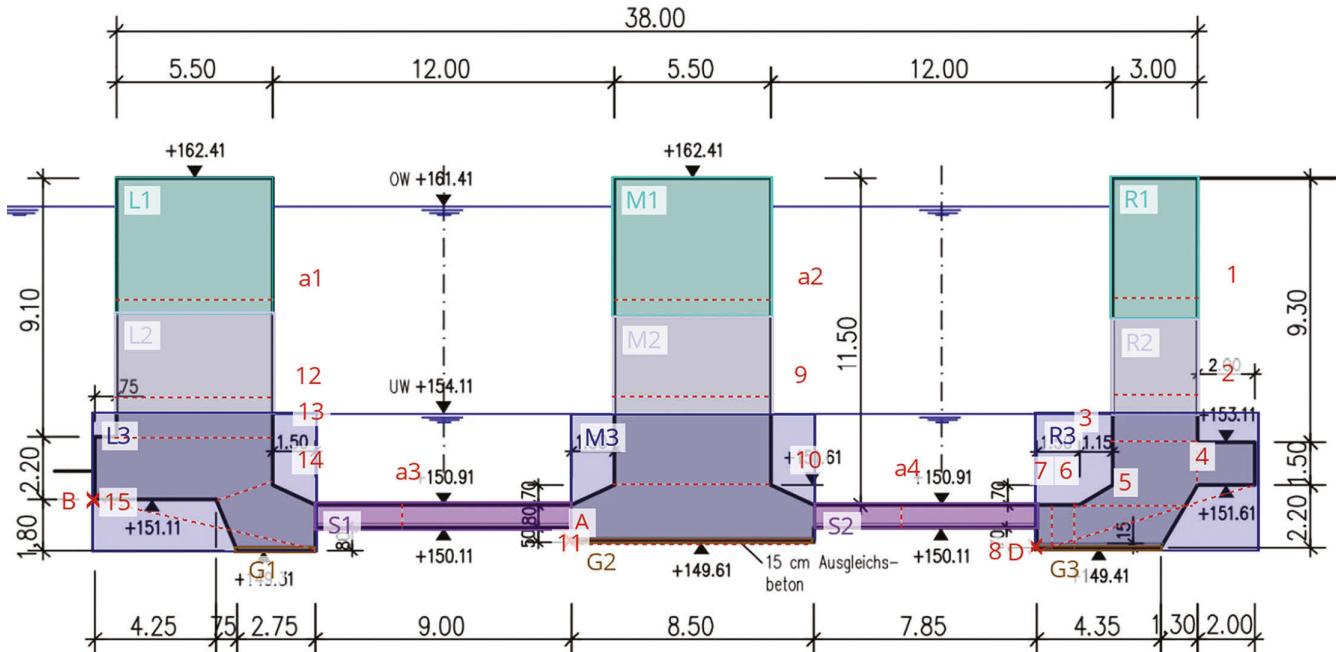
Dagegen werden innerlich statisch bestimmte Systeme oder monolithische Konstruktionen ohne Reserven zur Lastumlagerung negativ bewertet. Ein direkt angrenzender, tragfähiger Baugrund kann ebenfalls Lasten abtragen [14] und wird daher mit einem weiteren Robustheitskriterium als robustheitsfördernd berücksichtigt (2.3 Baugrund). Das vierte Kriterium der Lastumlagerung würdigt die Fähigkeiten einer günstig geführten Bewehrung mit Tragreserven zur Lastumlagerung (2.4 Bewehrung) [13].

Die Verformungsfähigkeit des Tragwerks wird aufgrund ihrer Fähigkeit, ein unangekündigtes Versagen zu verhindern, anhand von fünf weiteren Kriterien bewertet (3. Verformungsfähigkeit). Das erste Kriterium berücksichtigt, dass die Ankündigung eines nahenden Versagens nur in einsehbaren Bereichen erkannt werden kann (3.1 Ankündigung). Dies ist bei Wasserbauwerken besonders wichtig, da sie vermehrt an Wasser oder Erdreich angrenzenden Bereiche aufweisen, die nicht direkt einsehbar sind. Das zweite Kriterium honoriert die robustheitsfördernden Eigenschaften einer hochduktilen Bewehrung [4] (3.2 Duktilität). Darüber hinaus werden das Vorhandensein einer Mindestbewehrung (3.3 Mindestbewehrung), ein hohes Rotationsvermögen des Querschnitts (3.4 Rotation) und das Vorliegen einer Mindestdruckzone (3.5 Druckzone) als verformungs- und damit robustheitsfördernd angesehen [4].

Das vierte Oberkriterium ist die Nutzungsintensität der Schleuse, womit berücksichtigt wird, dass nicht nur der Widerstand, sondern auch die Beanspruchung eines Tragwerks Einfluss auf seine Robustheit hat (4. Nutzung). Dazu wird die geplante Anzahl von Schleusenzyklen mit der tatsächlichen Anzahl von Schleusenzyklen verglichen. Das letzte Robustheitskriterium berücksichtigt, dass die Funktionsfähigkeit der Schleuse je nach Ort einer potenziell notwendigen Instandsetzung unterschiedlich stark eingeschränkt wird (5. Instandsetzung). Damit wird der großen Bedeutung der Schiffsschleusenanlage für den Schiffsverkehr sowie der oft vorliegenden komplexen Geometrie der Kammern mit vielen schlecht zugänglichen Bereichen Rechnung getragen.

## 2.2 Bewertungssystematik

Für die Systematik zur Bewertung der Robustheitskriterien wird ein ähnliches Verfahren angewendet wie für die Ermittlung der Zustandsnoten von Wasserbauwerken. Damit soll sichergestellt werden, dass die verschiedenen Kennzahlen zur Beschreibung des Erhaltungsbedarfs einer ähnlichen Logik folgen. Die Zustandsnote ist eine numerische Zahl zwischen 1 und 4 mit einer Nachkommastelle. Die Vorkommastelle richtet sich nach der Bewertung des gravierendsten Schadens an der Anlage, die Nachkommastelle nach weiteren Merkmalen wie z. B. dem Schadensumfang [3]. Übertragen auf die hier entwickelte Systematik soll die Auslastung des Tragwerks (1. Kriterium) die Robustheitsbewertung bestimmen, aber durch die Bewertung



**Bild 2** Beispiel für Nachweisschnitte und -punkte aus der Nachrechnung (rot) und selbst definierte Regelbereiche (andere Farben)  
Example of verification sections and points from the recalculation (red) and self-defined control areas (other colors)

der weiteren Robustheitskriterien (2. – 5. Kriterien) leicht verändert werden können. Der Grund dafür ist, dass die Auslastung für die Robustheit entscheidend ist, aber nicht alle Robustheitseigenschaften berücksichtigt [4]. Damit wird der Auslastung eine Schlüsselrolle zugewiesen, die auch dadurch gerechtfertigt ist, da sie als einziges Kriterium quantitativ und nicht qualitativ in der Nachrechnung ermittelt wird. Die Ermittlung im Rahmen der Nachrechnung erfolgt an eigens für das Tragwerk definierten Nachweisschnitten und -punkten. Um einen einheitlichen Bewertungsmaßstab innerhalb des Verfahrens zu erreichen, sollen an diesen Stellen auch die weiteren Robustheitskriterien bewertet werden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mehrerer Anlagen zu gewährleisten, werden die Schnitte und Punkte zu Beginn des Verfahrens standardisierten Regelbereichen zugeordnet, siehe Bild 2.

Die einzelnen Schritte, die für die Robustheitsbewertung durchzuführen sind, sind in Bild 3 dargestellt. Der erste Schritt ist die Bewertung des 1. Robustheitskriteriums „Auslastung“. Dafür werden zuerst die Auslastungsgrade

der einzelnen Nachweise schnittweise aus der Nachrechnung übernommen. Danach wird aus dem maximalen Auslastungsgrad je Schnitt eine Auslastungsnote zwischen 1,0 und 5,0 berechnet, die den Vorteil eines mittleren Wertes bietet. Die Verwendung des Maximalwertes garantiert, dass die Robustheitsbewertung die höchste Auslastung des Tragwerks widerspiegelt. Für Auslastungsgrade bis 0,7 bzw. ab 1,0 wird die Note 1,0 bzw. 5,0 vergeben, für alle Werte dazwischen wird ein linearer Zusammenhang zwischen Auslastungsgrad und Note angesetzt. Die Note 1,0 wird zudem für Schnitte angenommen, für die einzelne Nachweise nicht geführt wurden. Der Grund dafür ist, dass immer die Schnitte mit der vermutlich höchsten Auslastung nachgewiesen werden. Die Benotungssystematik wurde im Forschungsprojekt beispielhaft angesetzt, sollte aber vom Infrastrukturbetreiber entsprechend seines Sicherheitsbedürfnisses final festgesetzt werden.

Im dritten Schritt beurteilt eine sachkundige Person anhand von Checklisten, ob die weiteren Robustheitskriterien 2.-5. an den Schnitten erfüllt sind. Da die Kriterien

Ein Schnitt					Alle Schnitte
<u>1. Auslastung</u> Max. Auslastungsgrad	NOTE FÜR AUSLASTUNG 1,0 – 5,0	Max. +/- 0,4 aus Summe:  2. Lastumlagerung	3. Verformungsfähigkeit	NOTE FÜR ROBUSTHEIT 1,0 – 5,0	Robustheitsbewertung ++, +, Ø, -, --
		4. Nutzung	5. Instandsetz.		

**Bild 3** Durchzuführende Schritte zur Robustheitsbewertung von massiven Schiffsschleusenanlagen  
Steps to be carried out for the robustness assessment of massive ship lock systems

Schnitt, Bereich	GZT								GZG								Max. Note
	Biege.	Druck.	Schub.	Arbfuge.	Ermü.	Drucksp.	Fugkfaf1.										
	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	[12] 0,00 0,0	
R [a]	Filter	Filter	Filter	Filter	e	Filter	Filter									f	
R1 m 1 [b]	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	c [b] 1,0	d	[b] Ar ↕ 1,0	1,0										
R2 m 2 [b]	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] 0,81	[b] 2,4	[b] Ar ↕ 1,0	[b] 0,57	[b] 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	2,4	
R3   7 [b]	[b] Ar ↕ 1,0	[b] Ar ↕ 1,0	[b] 1,72	[b] 5,0	[b] Ar ↕ 1,0	5,0											

**Bild 4** Beispielhafter Auszug zur Bewertung des ersten Kriteriums der Auslastung  
Exemplary excerpt for the evaluation of the first criterion of capacity utilization

die Robustheit in unterschiedlichem Maße beeinflussen, wird für jedes Kriterium eine unterschiedliche Punktzahl vergeben. Deren Höhe wurde im Forschungsprojekt mit der Methode des analytischen Hierarchieprozesses (engl. Analytic Hierarchy Process, AHP) [15] ermittelt, sollte aber letztlich auch vom Infrastrukturbetreiber festgelegt werden. Für den Fall, dass das Robustheitskriterium nicht zutrifft, das heißt eine robustheitsmindernde Eigenschaft vorliegt, werden positive Punkte vergeben. Denn die Punkte werden im Anschluss mit der Auslastungsnote verrechnet, bei der hohe Werte mit einer geringen Robustheit korrelieren. Vor der Verrechnung werden die Punktzahlen addiert, so dass sich robustheitsfördernde und robustheitsmindernde Eigenschaften bei gleicher Punktzahl gegenseitig aufheben können.

Im vierten Schritt wird die Robustheitsnote je Schnitt berechnet. Sie ergibt sich aus der Addition der Auslastungsnote mit der aus den weiteren Robustheitskriterien ermittelten Punktzahl. Letzteres wird auf einen möglichen Wert von  $\pm 0,4$  begrenzt, um sicherzustellen, dass die Vorkommastelle der Robustheitsnote die maximale Auslastungsnote widerspiegelt. Die Werte 1,0 und 5,0 sind als Grenzen definiert, so dass z.B. eine Auslastungsnote von 1,0 bzw. 5,0 zu einer Robustheitsnote zwischen 1,0 und 1,4 bzw. 4,6 und 5,0 führen kann. Bei Auslastungsnoten, die auf einen maximalen Auslastungsgrad größer als 1,1 zurückgehen, enthält die Robustheitsnote immer den Wert von 5,0, unabhängig von der Bewertung der weiteren Robustheitskriterien. In diesem Fall wird die Überlastung des Tragwerks als so gravierend angesehen, dass eine Veränderung der Robustheitsnote durch die Bewertung der weiteren Robustheitskriterien gänzlich ausgeschlossen werden soll.

Im fünften und letzten Schritt der Methode wird aus den Robustheitsnoten der einzelnen Schnitte eine Robustheitsbewertung für die gesamte Schleusenkammer ermittelt. Um auf der sicheren Seite zu liegen, wird immer die höchste Robustheitsnote zur Berechnung herangezogen. Sie wird, um eine klare Abgrenzung zu den übrigen Noten zu gewährleisten, auf einer sechsstufigen Skala von ++ bis -- in einen symbolischen Wert umgerechnet. Das doppelte Pluszeichen steht für eine hohe Robustheit und wird für eine maximale Robustheitsnote von 1,0 bis

1,4, während das doppelte Minuszeichen für eine geringe Robustheit mit einer maximalen Robustheitsnote von 4,6 bis 5,0 vergeben wird.

### 3 Anwendungsbeispiel

Das Vorgehen wird im Folgenden am Beispiel von drei Schnitten einer Schiffsschleusenanlage demonstriert. Dabei handelt es sich um die in Bild 2 dargestellte Zwei-Kammer-Schleuse. Bild 4 zeigt das Ergebnis des ersten Robustheitskriteriums „Auslastung“. Die Zeilen zeigen die Schnitte 1, 2 und 7 (a), die Spalten die bei der Nachrechnung geführten Nachweise (b). Die Nachweise der äußeren Tragfähigkeit sind aus Gründen der Übersichtlichkeit und weil sie in diesem Fall keinen Einfluss auf die Ergebnisse haben, ausgeblendet. In den Zellen werden die Auslastungsgrade aus der Nachrechnung (c) zu Auslastungsnoten (d) umgerechnet. Für Schnitt 1, für den aufgrund der geringeren Belastung kein Nachweis erbracht wurde, wird eine Auslastungsnote von 1,0 angenommen (e). Die maximalen Auslastungsgrade je Schnitt werden entsprechend der festgelegten Notensystematik in die Auslastungsnoten umgerechnet (f).

Bild 5 zeigt zu den gleichen Schnitten die Bewertung der weiteren Robustheitskriterien. Die Zeilen zeigen wieder die Schnitte (g), die Spalten die weiteren Robustheitskriterien (h), aus Gründen der Übersicht reduziert um die Kriterien „4. Nutzung“ und „5. Instandsetzung“. In den Zellen steht links die Bewertung, ob das Kriterium erfüllt ist oder nicht (i), rechts die daraus resultierende Punktzahl (j). Aus der Bewertung aller Kriterien wird der resultierende Zu-/Abschlag auf die Auslastungsnote (k) und anschließend die Robustheitsnote je Schnitt (l) berechnet. In diesem Beispiel wird der Schnitt 1 aufgrund einer anderen Bewehrungsführung als weniger robust eingestuft. Der daraus resultierende Zuschlag von 0,048 führt jedoch aufgrund der geringen Auslastung des Schnitts zu einer gegenüber der Auslastungsnote gleichbleibenden Robustheitsnote von 1,0. Für den Schnitt 2 wird aufgrund der höheren Robustheit ein Abschlag von -0,076 auf die Auslastungsnote vergeben, was zu einer Robustheitsnote von 2,3 führt. Schnitt 7 hat bereits eine Auslastung von über 1,1 und erhält daher analog zur Auslastungsnote eine Robustheitsnote von 5,0. Aufgrund der

Schnitt, Bereich	<b>h</b>	Kraftfl.	St. best.	Baugr.	Bewehr.	Ankünd.	Rotat.	Duktil.	Mind.	Druckz.	$\Sigma$ Zu-/Absc	Max. Note
	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R g	Filter	Filter	Filter	Filter i j	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter k l	
R1 m 1	(K) -0,062	(B) 0,055	(V) -0,033	(X) 0,044	(V) -0,033	(X) 0,051	(-) 0,018	(X) 0,044	(...) 0,0	(...) 0,0	0,048	1,0
R2 m 2	(K) -0,062	(B) 0,055	(V) -0,033	(V) -0,044	(V) -0,033	(X) 0,051	(B) -0,018	(X) 0,044	(...) 0,0	(...) 0,0	-0,076	2,3
R3 17	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	(...) 0,0	0,0	5,0

**Bild 5** Beispielhafter Auszug zur Bewertung des zweiten und dritten Kriteriums der Lastumlagerung und Verformungsfähigkeit  
Exemplary excerpt for the evaluation of the second and third criterion of load redistribution and deformability

maximalen Robustheitsnote von 5,0 wird der gesamten Schleusenkammer in Beispiel eine sehr geringe Robustheit mit einer Robustheitsbewertung von -- bescheinigt.

Das beschriebene Verfahren wurde zunächst für vierzehn Schleusen durchgeführt, für die Nachrechnungen vorlagen. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 anonymisiert für die einzelnen Schleusen aufgeführt. Wie zu erkennen ist, erhalten zwölf der vierzehn Schleusen die schlechteste Robustheitsbewertung von -- und die höchste Robustheitsnote von 5,0. Der Grund hierfür ist, dass laut Nachrechnungen an diesen Bauwerken erhöhte Tragfähigkeitsdefizite vorliegen, die sich in Auslastungsgraden größer 1,1 ausdrücken. In diesem Fall vergibt die hier vorgestellte Bewertungssystematik auf der sicheren Seite liegend eine Auslastungs- und Robustheitsnote von 5,0. Eine Differenzierung der Bauwerke hinsichtlich ihrer Robustheit könnte über weitere Kennwerte wie die durchschnittliche Robustheitsnote und die Anzahl kritischer Robustheitsnoten erreicht werden. Zum Beispiel kann aufgrund dieser Kennwerte Schleuse Nr. 14 trotz gleicher Robustheitsbewertung als robuster als die Schleusen 7 und 3 angesehen werden. In diesen Beispielen führt also die Robustheitsbewertung selbst nicht zur gewünschten Differenzierung zwischen den Bauwerken, sondern weitere Kennwerte, die im Zuge des Verfahrens ermittelt werden.

Dies liegt an den hohen errechneten Auslastungsgraden der Tragwerke, die nicht durch die hier entwickelte Systematik, sondern aus der Nachrechnung resultieren. Die hohe Zahl ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass in der Praxis Bauwerke nachgerechnet werden, für deren Überlastung bereits Hinweise vorliegen. Bei einer höheren Anzahl von nachgerechneten unauffälligen Schleusen sind andere Ergebnisse zu erwarten.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Trotz des hohen Erhaltungsbedarfs und der langen Planungszeiträume hat die WSV die Verlässlichkeit der Wasserbauwerke zu gewährleisten. Eine Möglichkeit, dies auch bei veränderten Randbedingungen zu erreichen, ist, die Robustheit der Bauwerke als ein Kriterium für die Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen zu nutzen. Hierfür fehlt ein standardisiertes Verfahren zur Robustheitsbewertung einer großen Anzahl von Wasserbauwerken, das deshalb von der Bundesanstalt für Wasserbau und der Hochschule Karlsruhe entwickelt wurde. Es handelt sich um ein qualitatives Verfahren, das in Form der Nachrechnung und weiteren Unterlagen zum Bauwerk auf bestehende Daten zurückgreift

**Tab. 1** Beispielhafte Ergebnisse der Anwendung der Robustheitsbewertung auf 14 Schiffsschleusenanlagen  
Exemplary results of the application of the robustness assessment to 14 ship lock systems

ID	Robustheit- sbewertung	Max. Robustheitsnote	$\bar{\Omega}$ Robustheitsnote	Anzahl krit. Robustheitsnoten	Max. Auslastungsnote	$\bar{\Omega}$ Auslastungsnote	Anzahl krit. Auslastungsnoten
1	--	3,7	3,50	0	3,6	3,50	0
2	--	5,0	4,10	13	5,0	4,10	0
3	--	5,0	4,60	30	5,0	4,60	31
4	--	5,0	4,10	13	5,0	4,00	13
5	--	5,0	2,90	6	5,0	2,90	6
6	--	5,0	3,20	2	5,0	3,30	2
7	--	5,0	4,60	31	5,0	4,60	31
8	--	4,6	3,40	0	4,6	3,50	0
9	--	5,0	3,30	2	5,0	3,30	2
10	--	5,0	4,10	11	5,0	4,20	11
11	--	5,0	3,80	12	5,0	3,80	12
12	--	5,0	3,20	2	5,0	3,30	2
13	--	5,0	3,70	9	5,0	3,70	9
14	--	5,0	2,70	1	5,0	2,80	1

und daher mit geringem Aufwand durchgeführt werden kann.

Beispielhaft angewendet wurde das Verfahren auf vierzehn nachgerechnete Schiffsschleusenanlagen. Die Anwendung hat gezeigt, dass das ursprüngliche Ziel, die Robustheit der Bauwerke mit nur einer Kennzahl zu beschreiben, aufgrund ihrer Auslastung nicht zu der gewünschten Differenzierung führt. Diese kann jedoch durch die Verwendung mehrerer aus dem Verfahren resultierender Kennwerte erreicht werden.

Aus diesem Grund wird ein starker Fokus auf die verständliche und transparente Darstellung des Verfahrens und seiner Ergebnisse gelegt. Zur Durchführung des Verfahrens dient eine Web-Applikation, die durch den Prozess führt und eine Vielzahl von Hilfetexten bietet. Zur Visualisierung der Ergebnisse wird ein Dashboard erstellt,

das zusätzliche interaktive Auswertungen liefert [16]. Für die endgültige Anwendung der Methode ist es jedoch unabdingbar, sie auf weitere Anlagen anzuwenden. Dies erfordert eine Vielzahl von Nachrechnungen zu wasserbaulichen Anlagen, die derzeit erstellt werden. In einem zweiten Schritt soll auf Basis dieser Validierung die angepasste Notensystematik mit dem Infrastrukturbetreiber diskutiert und final festgelegt werden.

Zu guter Letzt sei noch erwähnt, dass die Robustheit wie auch der Zustand allein die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ausfalls bzw. Versagens eines Bauwerks beschreiben. Für die Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen ist jedoch eine risikobasierte Bewertung sinnvoller, die in Ergänzung zur Eintrittswahrscheinlichkeit mögliche Konsequenzen eines Ausfalls bzw. Versagens berücksichtigt. Aus diesem Grund arbeitet die BAW auch an einer Bewertung der Umfahrungsmöglichkeiten von Schleusen und der Folgen eines Wehrverschluss-Ausfalls.

## Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019) *Masterplan Binnenschifffahrt*.
- [2] Andreas Jackmuth, Wilfried König, Gero Marzahn, Olaf Mertzsch und René Pinnel (2022) *Die neue Erhaltungsstrategie für Brücken der Bundesfernstraßen* in: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. [Hrsg.] *Beton-Kalender: Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Instandhaltung*. Berlin: Ernst & Sohn.
- [3] BAW [Hrsg.] (2010) *BAWMerkblatt Bauwerksinspektion (MBI) – Ausgabe 2010*. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.
- [4] BAW [Hrsg.] (2016) *BAWMerkblatt Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW) – Ausgabe Juli 2016*. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.
- [5] Akkermann, J. et al. (2018) *Die Bauwerksrobustheit im Kontext eines risikobasierten Erhaltungsmanagements* in: Beton- und Stahlbetonbau 113, H. 10, S. 716–726.
- [6] DIN EN 1991-1-1 2010-12 *Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009*.
- [7] Harte, R.; Krätzig, W.; Petryna, Y. (2007) *Robustheit von Tragwerken – ein vergessenes Entwurfziel?* in: Bautechnik 84, S. 225–234.
- [8] Pötzl, M. (1996) *Robuste Brücken – Vorschläge zur Erhöhung der ganzheitlichen Qualität*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- [9] Alfred Strauss, Andreas Pürgstaller, Stefano Pampanin, Panos Spyridis und Konrad Bergmeister (2022) *Robustheit von Ingenieurstrukturen* in: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. [Hrsg.] *Beton-Kalender: Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Instandhaltung*. Berlin: Ernst & Sohn.
- [10] Müllers, I. (2007) *Zur Robustheit im Hochbau – Stützenausfall als Gefährdungsbild für Stahlbetontragwerke*. ETH Zurich.
- [11] Panenka, A. (2022) *Traglastermittlung für die Robustheitsbewertung von Stahlwasserbauwerken* in: Bautechnik 99, H. 5, S. 341–349.
- [12] Vogel, T.; Kuhlmann, U.; Rölle, L. (2014) *Robustheit nach DIN EN 1991-1-7*.
- [13] Zilch, K.; Zehetmaier, G. (2010) *Bemessung im konstruktiven Betonbau – Nach DIN 1045-1 (Fassung 2008) und EN 1992-1-1 (Eurocode 2)*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [14] DIN 19702 (Februar 2013) *DIN 19702 Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit*.
- [15] Crespo Márquez, A.; González-Prida Díaz, V.; Gómez Fernández, J. F. [Hrsg.] (2018) *Advanced Maintenance Modelling for Asset Management – Techniques and Methods for Complex Industrial Systems*. Cham, s.l.: Springer International Publishing.
- [16] Seiffert, A. (2022) *Alles auf einen Blick: Das Dashboard als Informationszentrale für Entscheidungen im Erhaltungsmanagement* in: Erhaltung von Wasserbauwerken – to go 14. und 15. November 2022, S. 113–118.

## Autor:innen

Annemarie Seiffert (Korrespondenzautor:in)  
annemarie.seiffert@baw.de  
Bundesanstalt für Wasserbau  
Referat Infrastrukturmanagement  
Kußmaulstr. 17  
76187 Karlsruhe

## Zitieren Sie diesen Beitrag

Seiffert, A. (2025) *Erhaltungsmanagement von Wasserstraßen: Eine qualitative Methode zur Robustheitsbewertung*. Bautechnik 102, H. 7, S. 366–372.  
<https://doi.org/10.1002/bate.202400104>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.  
Eingereicht: 16. Dezember 2024; angenommen: 25. April 2025.

# Die Saaletalquerung bei Bad Kösen – eine außergewöhnliche Talbrücke in Hybridbauweise

Im Zuge der Ortsumgehung Bad Kösen wurde eine semi-integrale Großbrücke über das Saaletal errichtet. Mit einer Gesamtlänge von 1226 m und einer Höhe von bis zu 65 m ist das Bauwerk eine der größten Talbrücken in Deutschland. Aufgrund der besonderen Randbedingungen kam bei der Saaletalquerung eine Hybridbauweise zur Anwendung. Der Mittelteil der Brücke wurde als Spannbetonhohlkasten im Freivorbau errichtet. Die nördlichen und südlichen Überbauten wurden hingegen in Stahlverbundbauweise mittels Taktschiebeverfahren hergestellt und anschließend mit dem Spannbetonüberbau monolithisch zu einem fugenlosen Tragwerk verbunden. Im folgenden Beitrag werden die Bauwerksgestaltung und die statisch-konstruktiven Besonderheiten aus Sicht der Entwurfsverfasser erläutert. Außerdem werden die wichtigsten Etappen der Bauausführung und Montage des hybriden Tragwerks beschrieben.

**Stichworte** Brücken; semi-integrale Brücken; Hybridbauweise; Freivorbau; Taktschiebeverfahren

## 1 Einleitung

Die malerische Saale-Unstrut-Region im Süden Sachsen-Anhalts ist geprägt durch Weinberge, historische Burgen und den Naumburger Dom als UNESCO-Weltkulturerbe. Eines der touristischen Zentren ist der Kurort Bad Kösen, welcher derzeit durch den Verkehr auf der Bundesstraße B 87 erheblich belastet wird. Bereits in den 1990er-Jahren wurde deshalb mit ersten Planungen für eine Ortsumgehung begonnen. Die Trassenführung gestaltete sich äußerst schwierig, weil insbesondere die Querung des über 100 m tief eingeschnittenen Saaletals einen erheblichen Eingriff in diese Kulturlandschaft darstellt. Als Vorzugslösung der Variantenuntersuchung ergab sich eine ca. 13,5 km lange Trasse südlich von Bad Kösen, welche das Saaletal zwischen den Ortschaften Stendorf und Kleinheringen auf einer 1226 m langen Brücke quert. Für diese Vorzugslösung erging im Jahr 2010 ein Planfeststellungbeschluss, womit die baurechtlichen Grundlagen für die Entwurfsplanung und den Bau der Saaletalquerung geschaffen waren. Der ab dem Jahr 2019 ausgearbeitete Bauwerksentwurf, besondere statisch-konstruktive Aspekte sowie die wichtigsten Herstellungsphasen der seit Frühjahr 2022 laufenden Bauausführung werden nachfolgend erläutert.

**Viaduct across the Saale valley near Bad Kösen – an outstanding hybrid structure**

The semi-integral long span road bridge across the river Saale is erected in the course of the bypass Bad Kösen. Due to the overall length of 1226 m and a height up to 65 m, this bridge is one of the tallest bridges in Germany. Because of the project constraints, a hybrid structure is proposed along the longitudinal structural behaviour. A prestressed concrete box girder is planned in the middle of the bridge. In contrast, composite steel box girders including incremental launching technique are erected in north and south direction. After manufacturing all three parts of the bridges, monolithic connections between prestressed concrete and composite steel box girders are planned leading to a hybrid and jointless overall structure. The construction design, the statical and constructive characteristics are expressed in this paper from the view of the conceptual bridge design. In addition, the main steps are explained of erection and assembly of the bridge.

**Keywords** bridges; semi-integral bridges; hybrid structures; cantilever erection; incremental launching technique

## 2 Bauwerksentwurf

### 2.1 Wesentliche Randbedingungen

Die Variantenuntersuchung für die Trasse im Bereich des Saaletals ergab als Vorzugslösung eine im Grundriss stark gekrümmte Streckenführung mit einer Höhendifferenz von 60 m zwischen den beiden Widerlagern der zukünftigen Talbrücke. Als Tragwerk wurde in der Vorplanung eine 15-feldrige Deckbrücke mit einer 130 m weit gespannten Hauptöffnung und abgestuften Seitenfeldern vorgesehen. Der nördliche und mittlere Teil des Bauwerks wurden mit einer konstanten Längsneigung von 6 % konzipiert, womit die Höhe der zukünftigen Großbrücke über der Saale auf ca. 65 m begrenzt werden konnte (Bild 1). Der südliche Teil der Brücke befindet sich in einer Wannenausrundung mit dem Tiefpunkt am südlichen Widerlager. Im weiteren Verlauf folgt ein Geländeinschnitt in den Hang des Saaletals.

Im Grundriss ist die Trassierung der Brücke dreigeteilt: vom nördlichen Widerlager bis zur Saale ist auf einer Länge von 639 m ein Kreisbogen mit  $R = 550$  m vorgesehen, daran anschließend ein 114 m langer Klothoidenbereich sowie ein 473 m langer gerader Abschnitt bis zum südlichen Widerlager (Bild 2).



**Bild 1** Ansicht der Saaletalquerung  
Elevation of the Saale viaduct

Die Fahrbahnbreite auf dem Überbau beträgt insgesamt 8,0 m. Geh- oder Radwege sind auf dem Bauwerk nicht vorgesehen. Zusammen mit den Außenkappen ergibt sich eine Breite zwischen den Geländern von 11,6 m.

Die Talbrücke überführt die zukünftige Bundesstraße B 87 über eine Landesstraße sowie über zwei nebeneinander verlaufende DB-Strecken. Die im Bereich des Brückenbauwerks ca. 35 m breite Saale sowie die angrenzenden Uferhänge sind FFH-Gebiet und somit Bautabuzone.

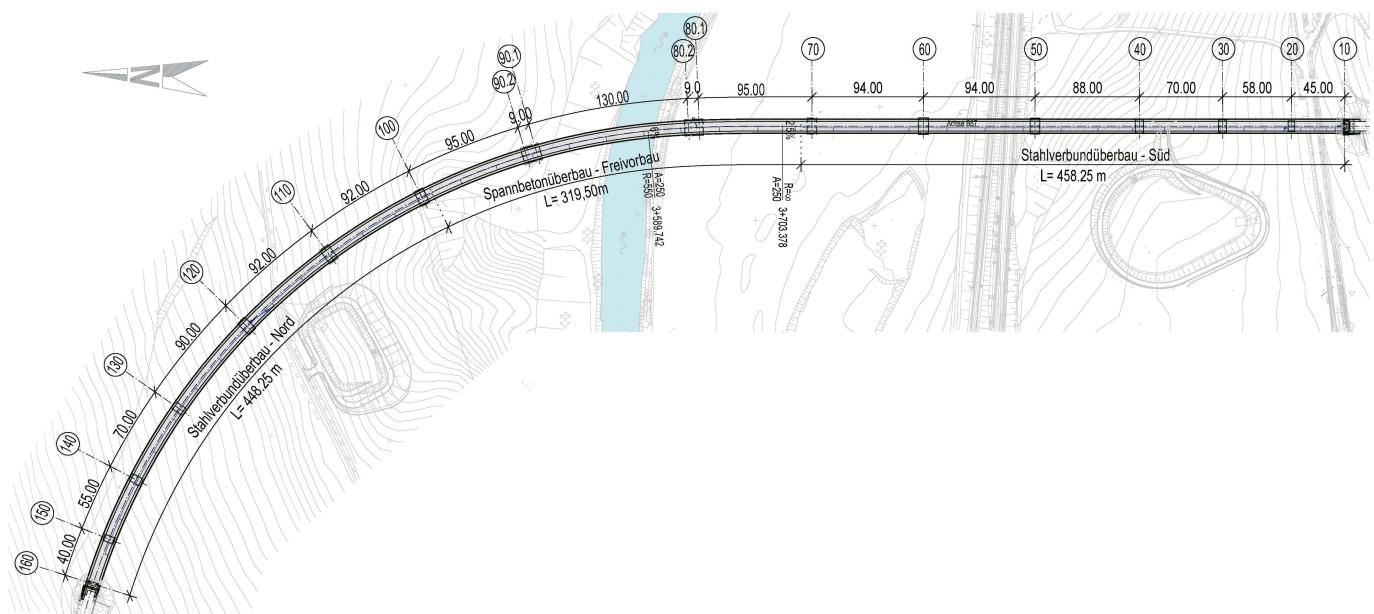
Die Baugrundverhältnisse sind als kompliziert einzustufen. Die Muschelkalkgesteine bilden hier eine Hochfläche, welche durch die Saale bis zu 120 m tief zerschnitten wird. Das Festgestein wird durch eine Lockergesteinsdecke unterschiedlicher Zusammensetzung und lokal über 30 m Mächtigkeit überdeckt. Es wurden deshalb ausschließlich Tiefgründungen auf bis zu 34 m langen Großbohrpfählen vorgesehen, die bis in den Muschelkalk reichen und für einen setzungsarmen Abtrag von hohen axialen Pfahlkräften sehr gut geeignet sind.

## 2.2 Bautechnologie

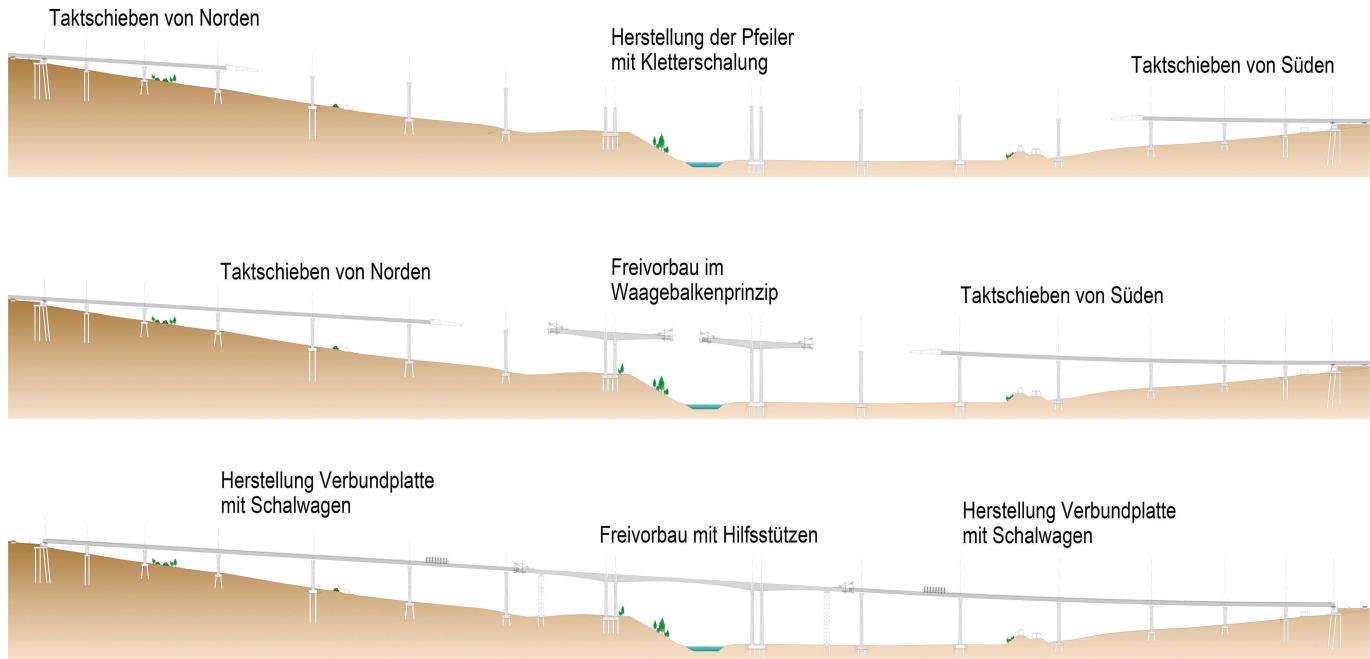
Wegen der speziellen Randbedingungen wurde die Bauwerksgestaltung erheblich durch das Herstellungsverfahren beeinflusst. Der Mittelteil über dem FFH-Gebiet musste zwingend ohne Hilfsstützen errichtet werden. Aufgrund der Lage im Bereich der Klohoide und der großen Stützweite bot sich hier die Herstellung eines

Spannbetonhohlkastens im Freivorbau an. Ein Einschub des Überbaus wäre zwar im Hauptfeld in Stahlverbundbauweise technisch noch machbar gewesen, konnte aber gestalterisch wegen der erforderlichen großen Konstruktionshöhe eines solchen parallelgurtigen Überbaus nicht überzeugen. Auch die Abtragung der immensen Horizontalkräfte, welche aus dem Verschub eines mind. 700 m langen Überbaus mit 6 % Gefälle am nördlichen Widerlager auftreten, wäre bei dieser Bautechnologie sehr problematisch.

Die beiden jeweils ca. 450 m langen nördlichen und südlichen Brückenzonen waren hingegen für das Takschieben sehr gut geeignet, da sie die geometrischen Anforderungen für dieses Bauverfahren mit  $R=550$  m und konstanter Längsneigung von 6 % im Norden sowie  $R=\infty$  und Wannenausrundung im Süden ohne Einschränkungen erfüllten. Der Verschub musste in dem 94 m weit gespannten Feld über den DB-Strecken zwingend ohne Hilfsstützen erfolgen. Außerdem war für den Verschub auf der Nordseite wegen der großen Hangabtriebskräfte eine Gewichtsbegrenzung notwendig, was einen Spannbetonüberbau für das Takschieben ausschloss. Somit ergab sich als bautechnologische Vorzugslösung ein Hybridsystem mit zwei von den Widerlagern talwärts einschiebenden Stahlverbundüberbauten und einem im Freivorbau herzustellenden Spannbetonmittelteil (Bild 3). Wegen der Grundrisskrümmung im nördlichen Brückenzonenbereich war für den Einschubvorgang des Stahlverbundüberbaus ein torsionssteifer Stahlhohlkasten erforderlich. Für den geradlinigen südlichen Brückenzonenbereich wurde



**Bild 2** Draufsicht  
Plan view



**Bild 3** Herstellungskonzept  
Sequences of manufacturing

diese Querschnittsform beibehalten, um Synergieeffekte bei der Planung und Herstellung des Stahlbaus zu nutzen.

## 2.3 Gestaltung der Talbrücke

### 2.3.1 Allgemeines

Zu Beginn der Planungsphase im Entwurf war zu klären, ob die beiden Stahlverbundüberbauten durch Bewegungsfugen vom Spannbetonüberbau getrennt werden oder stattdessen ein einteiliger Hybridüberbau auszuführen ist. Die Trennung der Überbauten wäre in statischer Hinsicht deutlich einfacher zu handhaben gewesen, hätte aber zu erheblichen Nachteilen bei der Gestaltung und Dauerhaftigkeit des Bauwerks geführt. Eine einteilige Ausbildung des Überbaus war deshalb die Vorzugslösung. Für die hybriden Koppelstellen stellte sich eine Lage annähernd in den Momentennullpunkten der beiden Spannbetonseitenfelder als statisch-konstruktive Vorzugslösung heraus. Gestalterisch sollten diese Koppelstellen möglichst unauffällig sein, damit das Bauwerk nach der Fertigstellung in seiner Ansicht wie aus einem Guss wirkt (Bild 4).

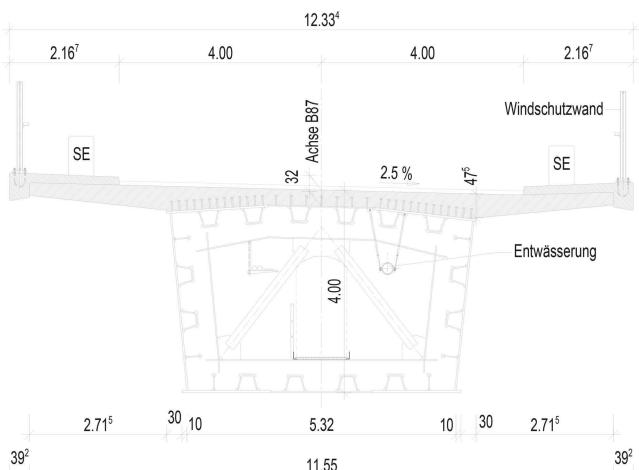
### 2.3.2 Stahlverbundüberbauten

Maßgebend für die Konstruktionshöhe der Stahlverbundüberbauten waren die bis zu 94 m weit gespannten Regelfelder. Aufgrund des Herstellungsverfahrens ergab sich für das jeweils letzte Stahlverbundregelfeld vor dem Spannbetonmittelteil eine statische Beanspruchung unter Eigenlasten ähnlich wie beim Randfeld eines Durchlaufträgers, woraus ein hohes Stützmoment in den Pfeilerachsen 60 und 110 resultierte. Um die Blehdicken in diesen Achsen in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen zu halten, wurde eine Konstruktionshöhe des Stahlverbundüberbaus von 4,0 m gewählt (Bild 5). Die max. Schlankheit ergibt sich somit zu  $L/H = 23,5$ .

Die 11,55 m breite Fahrbahnplatte der Stahlverbundüberbauten wurde als mittels Schalwagen im Pilgerschrittverfahren herzustellende Ort betonplatte konzipiert. Die derzeit bei vielen Großbrücken ausgeführte Fahrbahnherstellung mit auf Konsolen aufgelegten Halbfertigteilplatten konnte bei der Saaletalquerung gestalterisch nicht überzeugen, weil der Spannbetonüberbau bauartbedingt keine Konsolen aufweist und somit die angestrebte einheitliche Bauwerksgestaltung verfehlt worden wäre.



**Bild 4** Visualisierung der Talbrücke  
Visualisation of the viaduct



**Bild 5** Regulärschnitt Stahlverbundüberbau  
Cross section of composite steel box girder

### 2.3.3 Spannbetonüberbau

Die kleinste Bauhöhe des Spannbetonhohlkastens im 130 m langen Hauptfeld wird durch die Querschnittshöhe der Stahlverbundüberbauten mit 4,0 m vorgegeben. Um das parabolisch gevoutete Hauptfeld kräftig zu betonen, wurde im Stützbereich eine auf 8,0 m verdoppelte Bauhöhe gewählt (Bild 6). Da sich der Überbau in bis zu 60 m Höhe befindet, wirkt das Bauwerk trotz dieser großen Kastenhöhe optisch gefällig. Positive Nebeneffekte sind eine hohe Robustheit und geringe Verformungsanfälligkeit des Spannbetonhohlkastens beim Freivorbau. Für die Stege des Überbaus wurde eine konstante Neigung von 1:10 vorgesehen, womit sich im gevouteten Bereich variable Bodenplattenbreiten und eine optisch interessante Brückenundersicht ergeben.



**Bild 6** Stützquerschnitt Spannbetonüberbau  
Cross section of prestressed concrete box girder

### 2.3.4 Pfeiler

Für die Talbrücke wurden schlanke Massivpfeiler mit polygonalem Querschnitt entworfen, welche zur Erzielung eines einheitlichen Erscheinungsbilds in allen Achsen eine identische Geometrie aufweisen (Bild 7). Es handelt sich in der Grundform um einen Rechteckquerschnitt, welcher durch zwei jeweils 0,2 m tiefe Aussparungen sowie abgeschrägte Ecken gegliedert wird. An der Pfeilertaille beträgt die Querschnittsbreite 4,5 m und die kleinste Querschnittsdicke 2,0 m. Nach unten erhält der Pfeilerschaft in Brückenlängsrichtung einen linearen Anlauf unter 1:100 und in Brückenquerrichtung einen parabolischen Anlauf von 1:50 an der Pfeilertaille bis max. 1:20 am Pfeilerfuß der höchsten Pfeiler. Mit den gewählten Pfeilerabmessungen wurde sichergestellt, dass das Bauwerk eine ausreichende Steifigkeit zur Aufnahme von Horizontalkräften aufweist und dass beim Einschubvorgang max. zweilagige Pfeilerlängsbewehrungen ausreichend sind.

Um das Konzept der einheitlichen Pfeilergestaltung auch in den Freivorbauchachsen 80/90 beibehalten zu können, wurde hier eine Doppelpfeilerlösung entwickelt. Mit dem gewählten Pfeilerabstand von 9,0 m ergab sich ein ausreichend großer Hebelarm zur Stabilisierung des Freivorbaus. Maßnahmen zur zusätzlichen Stabilisierung des Waagebalkens, welche bei Freivorbaubrücken häufig notwendig werden [1–3], waren nicht erforderlich. Gleichzeitig sind die schlanken Doppelpfeiler für Beanspruchungen in Brückenlängsrichtung ausreichend nachgiebig und es entstehen wesentlich kleinere Zwangsschnittrößen im Vergleich zu einem System mit gedrungenen Einzelpfeilern. Durch die markanten Doppelpfeiler wird das Hauptfeld über der Saale auch gestalterisch stärker betont als bei einer Einzelpfeilerlösung.



**Bild 7** Ansicht Pfeiler  
View at the piers

### 2.3.5 Pfeilerköpfe

Die 7,5m hohen Pfeilerköpfe mussten bei allen Pfeilern des Stahlverbundüberbaus unter 1:10 in Längs- und Querrichtung aufgeweitet werden, um ausreichend Platz für die Lager, Pressen, Verschubwippen und Absetzstapel zu schaffen. Da der Einschubvorgang des Überbaus bauzeitlich eine längsverschiebliche Lagerung auf den Pfeilern bedingt, wurde dies auch für den Endzustand beibehalten. Eine nachträgliche Herstellung von monolithischen Pfeilverbindungen zu den Stahlverbundüberbauten konnte weder gestalterisch noch statisch-konstruktiv überzeugen und wurde deshalb nicht weiterverfolgt.

Bei den Doppelpfeilern Achse 80/90 war hingegen ein monolithischer Anschluss an den Spannbetonüberbau einfach herstellbar und somit die Vorzugslösung. Die Doppelpfeiler sind insgesamt ca. 0,8m breiter als der Hohlkasten des Überbaus und werden deshalb seitlich als Lisenen bis zur Fahrbahnplatte nach oben verlängert. Diese Pfeilerlisenen tragen zur Gliederung der großen Überbauansichtsflächen in den Stützbereichen bei und verbessern erheblich das Erscheinungsbild der Talbrücke (Bild 8).

## 3 Statisch-konstruktive Besonderheiten

### 3.1 Semi-integrale Bauweise

Aufgrund der Herstellung des Spannbetonmittelteils der Talbrücke im Freivorbau ist in den Achsen 80 und 90 ein monolithischer Pfeileranschluss problemlos realisierbar. Durch die schlanken Pfeilerscheiben werden die Zwangsschnittgrößen aus Temperatur, Kriechen und Schwinden auf einem niedrigen Niveau gehalten. Methoden zur Quantifizierung des Einflusses solchen Materialverhaltens auf das Trag- und Verformungsverhalten sind in [4–6] aufgeführt. Ein Vergleich der Berechnungsmodelle mit Messwerten an einer semi-integralen Großbrücke ist in [7–9] zu finden.



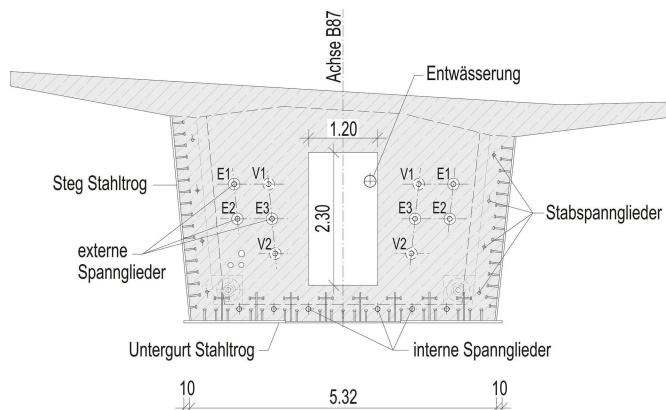
**Bild 8** Visualisierung Doppelpfeiler Achse 90  
Visualisation of the double piers at axis 90

Für die Längsstabilität der Talbrücke ist eine Festpunkt-ausbildung in den Doppelpfeilerachsen bereits ausreichend. In den restlichen Pfeiler- und Widerlagerachsen ruht der Überbau auf längsverschieblichen Kalottenlagern. Die Doppelpfeiler nehmen somit sämtliche Horizontalkräfte in Brückenlängsrichtung (Lagerreibung, Bremsen, Anfahren, Wind längs) auf. Infolge Brems- und Anfahrlasten ergibt sich nach Theorie I. Ordnung eine Längsverschiebung des Überbaus von 10mm. Unter Berücksichtigung der Theorie II. Ordnung und der Rissbildung in den Doppelpfeilern steigt dieser Wert auf max. 22mm an. Infolge Lagerreibung liegen die Längsverschiebungen in ähnlichen Größenordnungen, wobei wegen der nachgiebigen Festpfeilergruppe eine vollständige Addition von Lagerreibungskräften mit Brems- und Anfahrlasten nicht notwendig ist. Weiterführende Untersuchungen zum Tragverhalten von Pfeilern semi-integaler Brücken sind in [10] detailliert beschrieben.

Auf die gemäß RE-ING Teil 2.5 [11] durchzuführende Grenzbetrachtung mit unteren und oberen Werten für die Gründungssteifigkeiten reagiert der Überbau vergleichsweise unempfindlich. Die Streuung der Randspannungen des Überbaus beim Nachweis der Dekompression beträgt lediglich 0,1MN/m<sup>2</sup>. Unter charakteristischen Lasten ergibt sich eine Streubreite von 0,4MN/m<sup>2</sup>. Bei der Bemessung der Pfeiler und Gründungen in den beiden integralen Achsen sind die Auswirkungen der Grenzbetrachtung zwar etwas ausgeprägter, aber konstruktiv beherrschbar: für alle Bohrpahl- und Pfeilerquerschnitte ergeben sich bei der Bemessung ausschließlich einlagige Längsbewehrungen. Beim Nachweis der äußeren vertikalen Standsicherheit der Pfahlgründungen stellt die Berechnung mit harter Bettung den ungünstigsten Fall dar, weil sich durch die steifere Pfahlfußfeder ein Zuwachs der Pfahlkräfte ergibt. Für die Festlegung der erforderlichen Pfahlängen im Entwurf war diese Grenzbetrachtung deshalb maßgebend.

### 3.2 Hybridkopplungen

Die beiden Koppelstellen sind im Abstand von 9,25m von Achse 70 bzw. Achse 100 angeordnet. Dieser Punkt kennzeichnet formal die statische und konstruktive Trennlinie zwischen Stahlverbund- und Spannbetonüberbau, sowohl hinsichtlich der Bemessung als auch hinsichtlich des Herstellungsverfahrens. Da die Übertragung der Schnittkräfte in der Hybridkopplung größtenteils über Kopfbolzendübel erfolgt, ist eine Übergreifung zwischen den beiden Bauweisen auszubilden. Hierfür wurden in der Entwurfsplanung der Untergurt und die Stege des Stahlhohlkastens um 2,75m in Richtung Spannbetonüberbau verlängert und flächig mit Kopfbolzendübeln versehen. In diesen Stahltrug war die Schlusslücke des Spannbetonüberbaus einschließlich eines 2,00m dicken Querträgers hineinzubetonieren (Bild 9). Weil ein solcher Stahltrug nur eine begrenzte Tragfähigkeit hat, sollte das Betonieren der Schlusslücke mithilfe des an den Stahltrug kraftschlüssig angedrückten Freivorbauwagens



**Bild 9** Querschnitt Hybridkopplung  
Cross section of hybrid connection

erfolgen. Die Montage des Stahltrags war erst nach dem Endeinschub des Kastenträgers und Rückbau des Vorausbauabschnitts vorgesehen.

Neben der Schnittkraftübertragung über die Kopfbolzendübel können insbesondere die Zuggurtkräfte über eine durchlaufende Bewehrung in der Fahrbahnplatte (Obergurt) sowie über im Stahlhohlkasten verankerte Bodenplattenspannglieder (Untergurt) übertragen werden. Um eine hohe Robustheit der Koppelstellen zu gewährleisten, werden sechs interne Spannglieder aus dem Spannbetonüberbau am letzten Querschott des Stahlverbundüberbaus verankert.

Der Spannbetonhohlkasten ist nach aktuellen Vorschriften in Mischbauweise herzustellen, also einer Kombination aus interner und externer Vorspannung. Die externen Spannglieder der Seitenfelder sind an den Querträgern der Hybridkopplungen zu verankern. Aufgrund der relativ mittigen Lage im Kasteninneren können sich die externen Spannglieder an einer direkten Kraftübertragung über die Koppelstelle hinweg nicht beteiligen.

Um im Bereich der Stege des Hohlkastens neben den Kopfbolzendübeln noch eine Längskraftübertragung mittels Zuggliedern zu ermöglichen, werden jeweils vier kurze Stabspannglieder mit nachträglichem Verbund über die Steghöhe verteilt angeordnet und am letzten Stahlquerschott verankert.

### 3.3 Wind und aerodynamische Stabilität

Aufgrund der exponierten Lage der Talbrücke und der vorgesehenen Bauverfahren mit temporär weit auskragenden Überbauten war eine präzise Bewertung der zu erwartenden Windbeanspruchung notwendig. Im Rahmen der Entwurfsplanung wurde deshalb ein umfangreiches Windgutachten erstellt [12]. Wichtigste Thematik war die Beurteilung der Schwingungsanfälligkeit beim Verschub des Stahlhohlkastens.

Durch wechselseitigen Strömungsabriss auf Ober- und Unterseite des Querschnitts entsteht eine Wirbelerre-

gung des kastenförmigen Verschubträgers. Es ist sicherzustellen, dass im Resonanzfall die resultierenden Querschwingungsamplituden vertretbare Grenzwerte nicht überschreiten. Ferner kann auch eine Anfälligkeit zu selbsterregten Querschwingungen in der Grundbiegeigenfrequenz bestehen (Biegegalloping). Beide Nachweise konnten für die Verschubträger nicht erbracht werden, sodass aerodynamische Zusatzmaßnahmen für die Verschubzustände notwendig waren. Hierfür wurden im Windkanal der Ruhr-Universität Bochum insgesamt 25 Varianten von Stabilisierungsmaßnahmen getestet (asymmetrische Vorsatzkeile, Flügel, Störstreifen). Die Vorsatzkeile und Flügel brachten nicht die erhoffte Wirkung und wurden deshalb verworfen. Bei den Störstreifen kam es entscheidend auf die Position und Ausrichtung der Streifen an. Letztendlich stellte sich eine versetzte Anordnung von 5 m langen und 1,25 m breiten Störstreifen an den Seitenflächen und an der Oberseite des Stahlhohlkastens als wirksamste Maßnahme heraus. Die bauliche Umsetzung erfolgte in Form von Trapezblechen, welche auf leichte Stahlhohlprofilrahmen aufgeschraubt waren und über eine Länge von insgesamt 95 m am Stahlhohlkasten befestigt wurden (Bild 10).

## 4 Bauausführung

### 4.1 Reduzierung der Breite des Stahlhohlkastens

Anfang 2022 erhielt die Arbeitsgemeinschaft Saaletalquerung Bad Kösen den Zuschlag für den Bau der Talbrücke. Von der ARGE wurden verschiedene Optimierungen des ausgeschriebenen Bauwerksentwurfs vorgeschlagen, insbesondere eine Reduzierung der Breite des Stahlhohlkastens um 0,63 m. Dadurch wurde es möglich, den gesamten Kasten im Werk vorzufertigen und in insgesamt 60 Schüssen zur Baustelle zu transportieren (Bild 11). Der Umfang an Baustellenschweißarbeiten reduzierte sich durch diese Maßnahme beträchtlich. Die Breite des Spannbetonüberbaus blieb im Regelbereich unverändert und wurde nur in Nähe der Hybridkopplungen konisch auf die Breite des Stahlhohlkastens verzogen.



**Bild 10** Aerodynamische Störstreifen  
Aerodynamic deflectors



**Bild 11** Stahlhohlkasten beim Transport  
Steel box girder at transport vehicles

## 4.2 Herstellung der Stahlverbundüberbauten

Der Einschub der beiden Stahlhohlkästen erfolgte von März 2023 bis Februar 2024 annähernd synchron in jeweils sechs Takten (Bild 12). Die Taktlängen variierten zwischen 33 m und 92 m. Zur Reduzierung der Biegebeanspruchung des auskragenden Überbaus wurde jeweils ein 25 m langer Vorbauabschnabel in Stahlfachwerkbauweise montiert. Durch die gekrümmte Ausbildung der Unterseite des Vorbauabschnabels konnten die bis zu 2,9 m großen Kragarmverformungen beim Auflaufen auf die Verschubwippen problemlos kompensiert werden.

Bei jedem Takt wurden vier bis sechs Stahlbauschüsse mit einer Schusslänge von max. 21,5 m und einem Schussgewicht von bis zu 108 t verschweißt. Insgesamt waren beim Endeinschub jeweils ca. 2500 t bergauf (Südseite) oder bergab (Nordseite) zu bewegen. Aufgrund der konstanten Längsneigung von 6 % auf der Nordseite musste der Überbau hier permanent gebremst werden, weil die Reibung beim Verschub mit max. 4 % deutlich unter der Hangabtriebskraft lag. Die Längsfesthaltung erfolgte



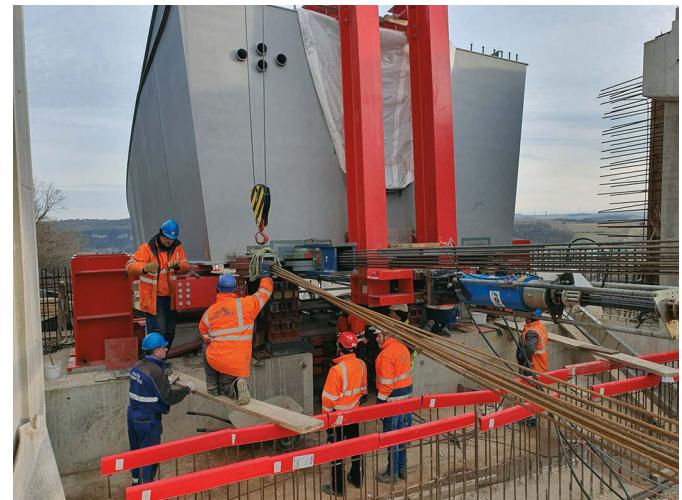
**Bild 12** Einschub der Stahlhohlkästen  
Incremental launching of steel box girder

während des Verschubs über ein Litzenbündel, welches mittels hydraulischem Litzenheber an einem pfahlgegründeten Bremsbock aus Stahlbeton am Ende des Taktellers verankert wurde. Der Verschub bergab erforderte außerdem einen am Überbauende befestigten Zugzyylinder, welcher mit dem Bremszylinder synchronisiert war (Bild 13). In den Ruhephasen zwischen den Verschubzuständen wurde der nördliche Überbau direkt am Widerlager Achse 160 mittels angeschweißter Stahllaschen fixiert.

Nach dem Endeinschub wurden die beiden Stahlhohlkästen von den Verschubwippen auf Absetzstapel umgelagert und anschließend auf die endgültigen Lager abgesenkt. Die Herstellung der Verbundplatte erfolgte im Pilgerschrittverfahren mittels Schalwagen. Es waren jeweils 20 Bauabschnitte mit Längen von max. 25 m annähernd im Wochentakt zu betonieren.

## 4.3 Freivorbau im Waagebalkenprinzip

Parallel zum Einschub der Stahlhohlkästen wurde der Spannbetonmittelteil der Talbrücke im Freivorbau errichtet. Für die Betonage der 5,0–5,75 m langen Takte kamen zwei Freivorbaugeräte zum Einsatz, mit welchen zunächst der Waagebalken in Achse 80 südlich der Saale und anschließend der Waagebalken in Achse 90 hergestellt wurde. Durch die Ausbildung mit Doppelpfeilern war eine hohe Stabilität insbesondere für einseitige Belastung gegeben, sodass keine Notwendigkeit für ein zeitgleiches Betonieren der Taktpaare bestand. Jeder Waagebalken wurde mit insgesamt 34 Spanngliedern mit nachträglichem Verbund in der Fahrbahnplatte vorgespannt. Nach dem Lückenschluss im Hauptfeld wurden zwölf Spannglieder in der Bodenplatte eingeschossen und über gestaffelte Lisenen im Hohlkasten angespannt.



**Bild 13** Brems- und Zughanlage beim Endeinschub Nord  
Brake and towing assembly at final incremental launching on the north site



**Bild 14** Freivorbau mit Hilfsstützen  
Cantilever erection with temporary supports

#### 4.4 Freivorbau der Seitenfelder mit Hilfsstützen

Nach Fertigstellung und Lückenschluss der Waagebalken im Hauptfeld mussten die 22m langen Lücken bis zum Stahlverbundüberbau in den Seitenfeldern geschlossen werden. Hierfür war die Errichtung von Hilfsstützen notwendig, da der Spannbetonhohlkasten für eine freie Auskragung von 85 m nicht nachweisbar war. Durch die Hilfsstützen wurde eine Höhenjustierung der Kragarme beim Lückenschluss im Hybridbereich ermöglicht. Die Hilfsstützen wurden als bis zu 50 m hohe Stahlfachwerkürme ausgebildet (Bild 14). Die Lagerung des Überbaus erfolgte jeweils auf vier hydraulisch gekoppelten Pressen. Zur Gewährleistung einer zentrischen Lasteinleitung in die Stege des Hohlkastens war eine Querfesthaltung der Stützen am Überbau erforderlich. Da die schlanken Hilfsstützen in horizontaler Richtung relativ nachgiebig sind, können sie den Verformungen des Überbaus infolge Wind pendelstützenartig folgen (Bild 15).

Durch die Hilfsunterstützung entsteht bauzeitlich in den Seitenfeldern des Spannbetonüberbaus ein Stützmoment, welches sich nach dem Lückenschluss und Absenken der Hilfsstützen wieder vollständig abbaut. Zur Abdeckung dieses bauzeitlichen Stützmoments dienten jeweils sechs temporäre interne Spannglieder in der Fahrbahnplatte. Die Spannglieder wurden an den Stirnseiten der Takte



**Bild 15** Verformungsfigur der Hilfsstützen infolge Wind  
Load-displacement behaviour of the temporary supports at wind loading

12–14 sowie über Lisenen oberhalb der Fahrbahnplatte gespannt und in diesem Zustand noch nicht verpresst. Erst nach Deaktivierung der Hilfsstützen wurden die Spannglieder wieder entspannt, im schlaffen Zustand verpresst und die Lisenen auf der Fahrbahnplatte rückgebaut.

#### 4.5 Lückenschluss in den Hybridbereichen

Die ausgeschriebene Geometrie der Hybridbereiche wurde von der ARGE aus bautechnologischen Gründen modifiziert. Statt des ursprünglich vorgesehenen U-Querschnitts wurde ein mehrzelliger Kastenquerschnitt ausgeführt, welcher zur Befestigung des Vorbauschnabels diente und miteingeschoben werden konnte. Durch die geschlossene Ausbildung in Kombination mit der um 0,63 m reduzierten Kastenbreite waren die Verlegung der Spannglieder und Bewehrungsseisen sowie das Einbringen des Betons jedoch sehr herausfordernd. Die Herstellung eines Hybridbereichs erfolgte jeweils in drei Bauabschnitten, wobei ab dem zweiten Bauabschnitt eine temporäre druck- und zugfeste Verspannung der Überbauenden auszubilden war. Mit der Verspannung durch stählerne Druckriegel in Kombination mit vier Bodenplattenspanngliedern und drei zusätzlichen verbundlosen Spanngliedern auf der Fahrbahnplattenoberseite wurden Relativverformungen der Überbauenden beim Erhärtungsprozess des Betons verhindert.

Nach dem Betonieren der Hybridbereiche wurden die Stabspannglieder und die restlichen Bodenplattenspannglieder in den Seitenfeldern angespannt, die temporären Spannglieder in der Fahrbahnplatte entspannt und die Hilfsstützen rückgebaut. Im letzten Arbeitsschritt erfolgte das Anspannen der externen Spannglieder im Spannbetonhohlkasten, womit der Überbau der Saaletalquerung im Februar 2025 fertiggestellt war.



**Bild 16** Ansicht der Baustelle im Oktober 2024  
General view on the viaduct at construction time 10/2024

## 5 Schlussbemerkung

Der Bau der Saaletalquerung bei Bad Kösen zeigt eindrucksvoll die konstruktiven Möglichkeiten auf, welche sich bei einer Kombination der Werkstoffe und Bauverfahren im Großbrückenbau ergeben. Die Tragstruktur der Talbrücke wurde in gestalterischer, bautechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht optimal an die besonderen Randbedingungen angepasst. Auf grenzwertige Bauteilschlankheiten wurde bewusst verzichtet und stattdessen

ein robustes, dauerhaftes und harmonisch in das Saaletal integriertes Bauwerk geschaffen (Bild 16).

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich auf diesem Wege bei allen Projektbeteiligten für die gute und konstruktive Zusammenarbeit, ohne die das Gelingen einer so anspruchsvollen Baumaßnahme nicht möglich gewesen wäre.

## Literatur

- [1] Sonnabend, S. et al. (2016) *Die Verformungsberechnung der Lahntalbrücke Limburg*. Beton- und Stahlbetonbau 111, H. 2, S. 77–89. <https://doi.org/10.1002/best.201500066>
- [2] Keuser, M. et al. (2009) *Der Entwurf der Neuen Nibelungenbrücke über den Rhein bei Worms*. Beton- und Stahlbetonbau 104, H. 3, S. 175–181. <https://doi.org/10.1002/best.200908236>
- [3] Bösche, T. et al. (2003) *Freivorbau – ein modernes Bauverfahren im historischen Bestand*. Beton- und Stahlbetonbau 98, H. 12, S. 788–793. <https://doi.org/10.1002/best.200303100>
- [4] Jung, B. et al. (2014) *Integrative Sensitivity Analysis Applied to Semi-Integral Concrete Bridges*. Journal of Bridge Engineering 19, No. 6.
- [5] Keitel, H. et al. (2014) *Quality assessment of coupled partial models considering soil – structure coupling*. Engineering structures 59, pp. 565–573.
- [6] Jung, B. et al. (2013) *Integral bridges: sensitivity of limit state modelling*. Bautechnik 90 – Sonderdruck „Modellqualitäten“, S. 32–40.
- [7] Marx, S. et al. (2010) *Die Scherkondetalbrücke, die erste semi-integrale Talbrücke der DB AG auf der Neubaustrecke Erfurt – Leipzig/Halle VDE 8.2. Beton- und Stahlbetonbau 105, H. 3, S. 134–141*. <https://doi.org/10.1002/best.201000076>
- [8] Marx, S. et al. (2015) *Structural Health Monitoring (SHM) an der Scherkondetalbrücke: eine semi-integrale Eisenbahn-Betonbrücke*. Beton- und Stahlbetonbau 110, S2, Erhaltung und Instandsetzung von Betonbauwerken, S. 2–8. <https://doi.org/10.1002/best.201500501>
- [9] Morgenthal, G. et al. (2023) *Potenziale von Monitoringdaten in einem Lebenszyklusmanagement für Brücken*. BAST-Bericht B190.
- [10] Stümpel, M. et al. (2016) *Zum Tragverhalten von Stützen semi-integraler Brücken*. Beton- und Stahlbetonbau 111, H. 8, S. 522–531. <https://doi.org/10.1002/best.201600023>
- [11] RE-ING (2023) *Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten*. Ausgabe März 2023.
- [12] Niemann Ingenieure GbR (2021) *Windtechnologisches Gutachten zur Saaletalquerung*. Bochum. Internes Dokument.

## Projektbeteiligte

Bauherr	Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt, Regionalbereich Süd, Halle (Saale)
Verkehrsplanung/Vorplanung Talbrücke	Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH, Halle (Saale)
Entwurfsplanung/Ausschreibung Talbrücke	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Erfurt und Leipzig
Baustraßenplanung	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Erfurt und Leipzig
Windgutachten	Niemann Ingenieure GbR, Bochum
Baugrundgutachten	vgs InGeo GmbH, Erfurt
Entwurfsprüfung	Dr. Thomas Klähne, Berlin
Gründungstechnische Prüfung	Prof. Dr. Karl Josef Witt, Weimar
Bauausführung	Arbeitsgemeinschaft Saaletalquerung Bad Kösen: STRABAG AG, Dresden; Plauen Stahl Technologie GmbH, Plauen
Ausführungsplanung	Ingenieurgemeinschaft: SRP Schneider & Partner Ingenieur-Consult GmbH, Kronach; W&S Beratende Ingenieure PartG mbB, Wunstorf
Stat.-konstr. Prüfung Ausführungsunterlagen	Dr. Hans-Gerd Lindlar, Prof. Dr. Richard Stroetmann, Dr. Ioannis Retzepis – c/o KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Erfurt
Bauoberleitung/Bauüberwachung	IGS Ingenieure GmbH & Co. KG, Weimar; SSF Ingenieure AG, Halle (Saale); Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH, Halle (Saale); sains Ingenieure GmbH, Leipzig

## Autor:innen

Dipl.-Ing. Toralf Zeißler (Korrespondenzautor:in)  
zeissler.toralf@kuk.de  
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH  
Weinligstraße 17  
04155 Leipzig

Dr.-Ing. Bastian Jung  
jung.bastian@kuk.de  
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH  
Weimarische Straße 46  
99099 Erfurt

Dipl.-Ing. Lars Dietz  
dietz.lars@kuk.de  
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH  
Weimarische Straße 46  
99099 Erfurt

## Zitieren Sie diesen Beitrag

Zeißler, T.; Jung, B.; Dietz, L. (2025) *Die Saaletalquerung bei Bad Kösen – eine außergewöhnliche Talbrücke in Hybridbauweise*. Bautechnik 102, H. 7, S. 373–381.  
<https://doi.org/10.1002/bate.202500010>

# PIANC: weltweites Wissensnetzwerk für Wasserstraßen- und Hafenbau

Der Beitrag beleuchtet die bedeutende Rolle von PIANC – World Association for Waterborne Transport Infrastructure bei der Weiterentwicklung der Wasserstraßen- und Hafeninfrastruktur in Deutschland. Von einer kurzen Einführung in die Geschichte und Ziele von PIANC über die Darstellung der internationalen Zusammenarbeit und ihrer positiven Auswirkungen wird die Verwendung der PIANC-Veröffentlichungen in der deutschen Fachwelt präsentiert. Aktuelle Arbeitsgruppen und deren Ergebnisberichte werden vorgestellt. Ein Fokus liegt auf der Nutzung der PIANC-Berichte für die Erarbeitung und Umsetzung des nationalen technischen Regelwerks. Abschließend wird ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben. Der Beitrag verdeutlicht, wie deutsche Ingenieure, Planer und Bauunternehmen von der internationalen Expertise profitieren und welche innovativen Lösungen dadurch für die Praxis entstehen.

**Stichworte** Regelwerke; Wasserstraßen; Häfen

## 1 Wofür steht PIANC?

PIANC – World Association for Waterborne Transport Infrastructure wurde 1885 in Brüssel gegründet. Die Abkürzung PIANC steht für die damals gewählte Bezeichnung der Vereinigung als *Permanent International Association of Navigation Congresses*, wobei heute nur noch die Kurzbezeichnung verwendet wird.

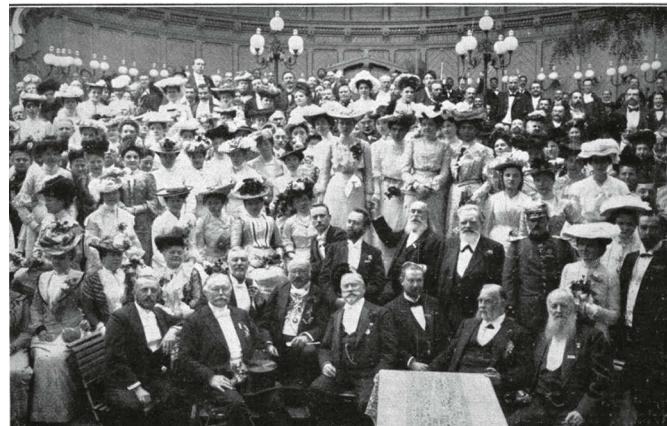
Seit der Gründung hat sich PIANC zu einem weltweit anerkannten technisch-wissenschaftlichen Verband entwickelt, der sich auf eine Vielzahl von aktuellen Themen rund um den wassergebundenen Transport, aber auch die Freizeitschifffahrt spezialisiert hat (Bild 1). PIANC beschäftigt sich allerdings nicht mit allgemeinen Fragen der See- und Binnenschifffahrt, ist also keine Schifffahrtsvereinigung.

Dem Verband mit Sitz des Generalsekretariats in Brüssel gehören derzeit neben 43 sog. qualifizierten Mitgliedern (Regierungen, Organisationen, Verbände etc.) mehr als 1700 Einzelmitglieder und rd. 520 korporative Mitglieder aus 79 Ländern an. Die Bundesregierung fördert als Gründungsmitglied und in Würdigung der Zielsetzungen des Verbands durch das BMDV seine Arbeit und entsendet oder vermittelt Fachleute der Bereiche Wasserstraßen, Häfen und Schifffahrt sowie der Technischen Universitäten, aus Bauindustrie, Wirtschaft und Consultings in die Lenkungsgremien und Arbeitsgruppen von

## PIANC: global knowledge network for waterborne transport infrastructure

The article highlights the important role of PIANC – World Association for Waterborne Transport Infrastructure in the further development of waterway and port infrastructure in Germany. From a brief introduction to the history and objectives of PIANC to a description of international cooperation and its positive effects, the use of PIANC publications in the German professional world is presented. Current working groups and their results are presented. One focus is on the use of PIANC reports for the development and implementation of national technical regulations. Finally, an outlook on future developments is given. The article illustrates how German engineers, planners and construction companies benefit from international expertise and which innovative solutions are created in practice as a result.

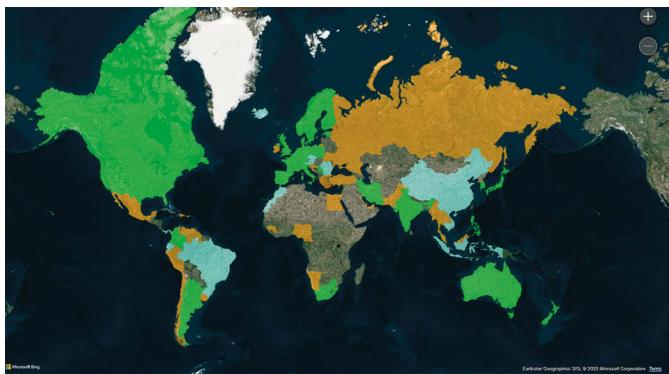
**Keywords** Regulations; waterways; harbours



**Bild 1** Teilnehmer des 9. PIANC-Schifffahrtskongresses 1902 in Düsseldorf (über 2000 Teilnehmende aus 27 Ländern) (Quelle: PIANC Int.)  
Participants of the 9th PIANC Shipping Congress 1902 in Düsseldorf (over 2000 participants from 27 countries)

PIANC. Von den 43 qualifizierten Mitgliedern haben 28, darunter Deutschland, eine nationale Sektion gegründet, wie in Bild 2 dargestellt.

Bild 2 zeigt zudem, dass ein weitverzweigtes und belastbares Netz für den internationalen und interdisziplinären Erfahrungsaustausch geboten wird. Auf dieser Basis kann PIANC weltweit die technische Entwicklung von Wasserstraßen, Häfen und Schifffahrt fördern.



**Bild 2** Überblick über die PIANC-Mitglieder, Stand 2022 (grün: qualifizierte Mitglieder mit nationalen Sektionen, hellblau: qualifizierte Mitglieder, orange: Einzelmitglieder) (Quelle: PIANC int.)  
Overview of PIANC members, status 2022 (green: qualified members with national sections, light blue: qualified members, orange: individual members)

Um die technisch-wissenschaftliche Expertise zu bündeln, hat PIANC verschiedene Kommissionen eingerichtet. Die Kommissionen entwickeln die strategischen Zielsetzungen und koordinieren die Tätigkeit der von ihnen eingerichteten internationalen Arbeitsgruppen. In die Kommissionen werden fachlich qualifizierte Mitglieder aus jedem Mitgliedsland entsandt.

Die technisch-wissenschaftlichen Aktivitäten werden von vier Kommissionen betreut, die sich schwerpunktmäßig mit

- Binnenschifffahrt und deren Infrastruktur (Inland Navigation Commission – InCom),
- Seehäfen und Seewasserstraßen (Maritime Navigation Commission – MarCom),
- Sport- und Freizeitschifffahrt und deren Infrastruktur (Recreational Navigation Commission – RecCom) sowie
- Umweltfragen an Wasserstraßen, in Häfen und bei der Schifffahrt (Environmental Commission – EnviCom)

befassen. Daneben gibt es Kommissionen, die sich auf internationale Zusammenarbeit in Schwellenländern (Co-Com), junge Fachkräfte (YP-Com), Finanzen (FinCom) und Marketing (ProCom) konzentrieren.

Zusätzlich gibt es seit 2019 eine ständige Arbeitsgruppe zum Thema Klimawandel. Diese Arbeitsgruppe setzt sich kommissionsübergreifend mit den Folgen des Klimawandels für Wasserstraßen, Schifffahrt und Häfen auseinander. Aktuelle Informationen zu den Ergebnissen dieser Arbeitsgruppe sind unter [1] zu finden.

## 2 Was bringt PIANC?

Eine Kernaufgabe von PIANC ist, das weltweite Fach- und Praxiswissen seines Netzwerks in Arbeitsgruppen (Working Groups WG) zusammenzubringen. Hierbei behandeln diese international zusammengesetzten Arbeitsgruppen aktuelle Themen und Entwicklungen in einem offenen Diskurs. Zum Abschluss dieses Wissens- und Er-

fahrungsaustauschs steht eine Zusammenfassung der Ergebnisse in Berichtsform.

Diese Berichte sind Handlungsempfehlungen für den internationalen Seeverkehrs- und Binnenschifffahrtssektor sowie eine renommierte Quelle für Regierungen, Unternehmen und Industrieverbände und fließen in politische Konzepte, Vorschriften und betriebliche Abläufe ein. PIANC hat allerdings nicht den Anspruch, mit seinen technischen Berichten die Aktivitäten nationaler oder internationaler Normungsorganisationen (DIN, ISO etc.) zu ersetzen. Die Berichte oder auch deren Zwischenstände werden u. a. auf von PIANC organisierten internationalen Kongressen und Fachkonferenzen vorgestellt und diskutiert.

In Deutschland, aber auch im europäischen Maßstab sind die Ergebnisse von PIANC-Berichten vielfach entscheidende Grundlagen für die Erstellung und Einführung nationaler bzw. europäischer Regelwerke. Hier einige Beispiele aus der Vergangenheit bzw. aktuelle Vorhaben:

- Das von der Europäischen Verkehrsministerkonferenz 1992 eingeführte System der Klassifizierung der europäischen Binnenwasserstraßen beruhte auf dem Vorschlag einer PIANC-Arbeitsgruppe.
- Die Arbeitsgruppe WG 24 des Inland Navigation Committees (InCom) hat 2002 Richtlinien und Empfehlungen für Binnenschifffahrtsinformationsdienste (RIS) ausgearbeitet. Diese RIS-Richtlinie ist u. a. von der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt angenommen worden und stellt somit für den gesamten Rhein einen einheitlichen Standard sicher, der regelmäßig fortgeschrieben wird [2]. Gleichzeitig ist sie als Richtlinie 2005/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 07. September 2005 über harmonisierte Binnenschifffahrtsinformationsdienste (RIS) veröffentlicht.
- Die Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2020 der Hafentechnische Gesellschaft e.V. (HTG) und der Deutschen Geotechnischen Gesellschaft e.V. (DGGS) referenzieren in vielen Kapiteln auf die Expertise der PIANC-Berichte. In der aktuellen Ausgabe der EAU 2020 werden insgesamt 19 Verweise auf PIANC-Berichte vorgenommen. Um welche Berichte es sich handelt, ist Bild 3 zu entnehmen.
- Basierend auf dem Bericht der InCom Arbeitsgruppe 166, in dem der weltweite Wissenstand über Planung, Bau und Betrieb von sog. Schlauchwehren umfassend zusammengestellt ist und der gleichfalls in Japan als Baustandard veröffentlicht ist, hat die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) das derzeit im Entwurf vorliegende Merkblatt Schlauchwehre (MSW) [3] entwickelt, das für bestimmte Bauwerke der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) bereits bauaufsichtlich eingeführt wurde.

Vielfach werden die PIANC-Berichte auch aufgegriffen und national weiterentwickelt. Zu nennen ist hier die Ar-

Kapitel der EAU 2020	In Bezug genommene PIANC Berichte
<b>3 Geotechnische Grundlagen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MarCom WG 34 Report „Effect of Earthquakes on Port Structures“, PIANC (2001)</li> </ul>
<b>4 Belastungen und Ufereinfassungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>List of Sea State Parameters. Supplement to Bulletin No. 52, PIANC (1986)</li> <li>Report of WG II-9 „Development of Modern Marine Terminals“. Supplement to Bulletin No. 56, PIANC (1987)</li> <li>MarCom, WG 33 Report „Guidelines for the Design of Fender Systems: 2002“, PIANC (2002)</li> <li>MarCom WG 186 Report „Mooring of Large Ships at Quay Walls“, PIANC (2019)</li> </ul>
<b>5 Erdarbeiten und Baggerungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Report of the 3rd International Wave Commission. Supplement of the Bulletin No. 36, PIANC (1980)</li> </ul>
<b>6 Schutz- und Sicherungsbauwerke</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Report of the International Waves Commission, PIANC Bulletin No. 15, PIANC (1973)</li> <li>Report of the International Waves Commission, PIANC Bulletin No. 25, PIANC (1976)</li> <li>Report of WG II-9 „Development of Modern Marine Terminals“. Supplement to Bulletin No. 56, PIANC (1987a)</li> <li>Report of WG I-4 „Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles for inland waterways“. Supplement to Bulletin No. 57, PIANC (1987b)</li> <li>Report of WG II-21 Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles in marine environment“. Supplement to Bulletin No. 78/79, PIANC (1992a)</li> <li>MarCom WG 12 Report, Analysis of rubble mound breakwaters, PIANC (1993)</li> </ul>
<b>7 Ausführung von Ufereinfassungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MarCom WG 11 Report, Port Facilities for Ferries – Practical Guide, PIANC (1995)</li> <li>Report of MarCom, WG 33, „Guidelines for the Design of Fender Systems“. PIANC (2002)</li> <li>Report of MarCom WG 167 „Entwurf von Terminals für RoRo- und RoPax-Schiffe“, PIANC (2002)</li> <li>Report of MarCom WG 145 „Berthing Velocities and Fender Design“, PIANC (2013)</li> </ul>
<b>13 Betrieb, Unterhaltung und Instandsetzung von Ufereinfassungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>„Life cycle management of port structures – General principles, Bulletin No. 99, PIANC (1998)</li> <li>MarCom WG 17 Report „Inspection, maintenance and repair of maritime structures exposed to material degradation caused by a salt water environment“, PIANC (1990)</li> <li>Report of InCom WG 25, „Maintenance and renovation of navigation infrastructure“, PIANC (2006)</li> </ul>

**Bild 3** Zusammenstellung EAU-Referenzierungen (Quelle: PIANC D)  
Compilation of EAU references

beit der EnviCom-Arbeitsgruppe 178 zur Anpassung von Seehäfen und Binnenwasserstraßen an den Klimawandel. 2020 wurde dieser Bericht von PIANC veröffentlicht und für die deutschen Seehäfen weiterentwickelt [4]. Weitergeführt wird diese wichtige Arbeit nun über die Arbeitsgruppe Klimawandelanpassung von See- und Binnenhäfen der Hafentechnischen Gesellschaft (HTG) [5].

Im Januar 2025 ist ein umfassender Bericht der InCom-Arbeitsgruppe 128 zu Planung, Gestaltung und Bemessung von technisch-biologischen Ufersicherungen an Wasserstraßen erschienen, der über Best-Practice-Ansätze, Beispiele ausgeführter Maßnahmen und Entscheidungsmodelle Empfehlungen für die Praxis aufbereitet und wertvolle Hilfestellungen für planende Ingenieure gibt. Dieser Bericht wird sicherlich auch zeitnah für die nationale Anwendung adaptiert.

### 3 Was waren die Bestseller unter den PIANC-Berichten?

Auf der Webseite von PIANC International stehen unter [6] zu jeder Kommission die zugehörigen Reports mit einer kurzen Inhaltsangabe zum kostenpflichtigen Download bereit. Für PIANC-Mitglieder fallen keine Kosten an.

Eine Auswertung der weltweiten Verkäufe und Downloads über die letzten zehn Jahre zeigt, dass für Seehäfen und deren Zufahrten die Themen:

- Schiffsabmessungen und die damit verbundenen Daten für die Bemessung (MarCom WG 235 Report, 2022 Ship Dimensions and Data for Design of Marine Infrastructure) sowie
- die Dimensionierung von Seehafenzufahrten (MarCom 121, 2014 Harbour Approach Channels – Design Guidelines)

von besonderem Interesse waren.

Für die Binnenwasserstraßen hat sich der Bericht der InCom WG 141, Report 2019 Design Guidelines for Inland Waterway Dimension als ein Bestseller erwiesen, der sich mit den Entwurfsgrundsätzen für Binnenwasserstraßen beschäftigt.

Ein weiterer, für die Binnenwasserstraßen regelmäßig heruntergeladener Bericht ist der Bericht der Arbeitsgruppe 199 Health Monitoring of Port and Waterways Structures, veröffentlicht 2023. In diesem Bericht geht es insbesondere darum, die Bauwerksprüfung bzw. -inspektion für schwer zugängliche Bauwerksteile durch ein sensorgestütztes Monitoring zu unterstützen. Das Structural Health Monitoring – SHM wird definiert als Verfahren zur Erkennung von Schäden eines Bauwerks durch regelmäßige Beobachtung mittels installierter Sensorsysteme zur Charakterisierung des Zustands (Bild 4).

Folgende Fragen werden dabei aufgegriffen:

1. Liegt ein Schaden vor?
2. Wo ist der Schaden?
3. Wie groß ist der Schaden?
4. Wie lange kann das Bauwerk noch sicher genutzt werden?

Die Ziele des SHM stellen sich wie folgt dar – die kursiv gedruckten Teile sind für die deutschen Verkehrswasserbauwerke von besonderem Interesse:

- Bestimmung des aktuellen Zustands
  - auch in schwer zugänglichen Bereichen
  - *ständige Bewertung*
  - Reduzierung von Ortsbegehungen
  - Auswirkung und Nutzen von Instandhaltungen messbar machen
- Vorhersage des künftigen Zustands bestehender Wasserbauwerke
- Bestimmung der Funktionalität eines Bauwerks

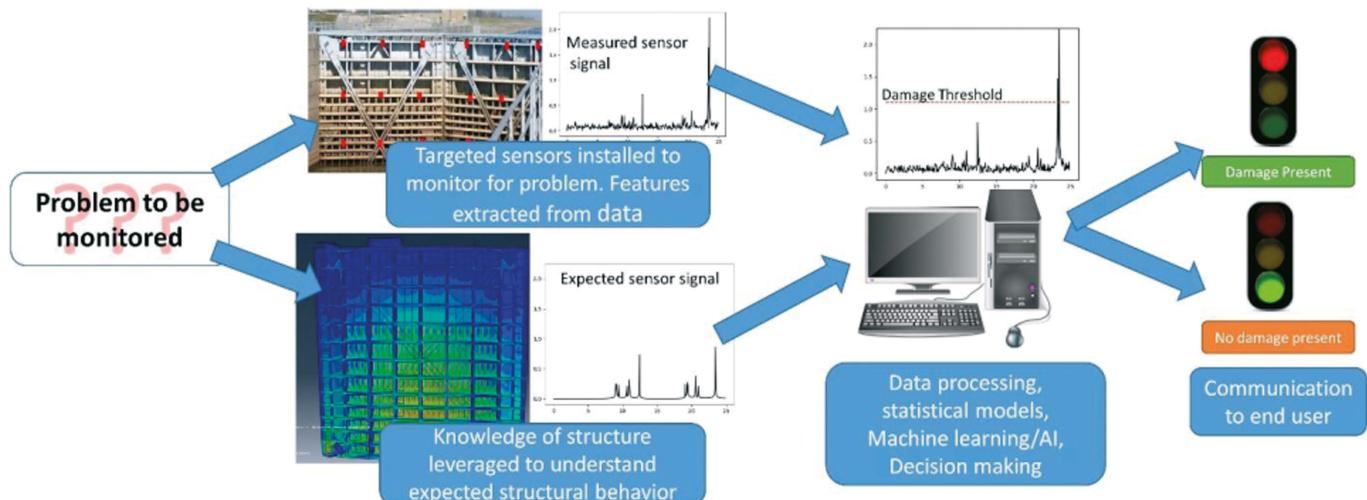
- *Kompensation normativer Nachweisdefizite bei Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit*
- Überprüfung von Lasten oder Randbedingungen vor dem Bau
- *Überwachung in der Bauphase, um potenzielle Schäden auf benachbarte Bauwerke zu erkennen*
- Bestandsmanagement verbessern
- Verbesserung künftiger Konstruktionen

## 4 Was sind die aktuellen Fragestellungen und Ergebnisse?

### 4.1 Aktuelle Berichte

Um diese Frage zu beantworten, wird zunächst ein Blick auf die mit deutscher Beteiligung erarbeiteten Berichte geworfen, die 2024 und Anfang 2025 veröffentlicht wurden. Insgesamt veröffentlicht PIANC jedes Jahr rd. zehn Arbeitsgruppenberichte. Bei den Veröffentlichungen von 2024 und Januar 2025 waren deutsche Experten an den folgenden sieben Berichten beteiligt:

- Crisis Management of accidents in Navigation Hydraulic Structures, InCom WG 241
- Guidelines for Air Pollutants and Carbon Emissions Performance Indicators for Inland Waterways, InCom WG 229
- PIANC Fender Guidelines 2024, MarCom WG 211
- Coating Based Corrosion Mitigation for Hydraulic Steel Gates, InCom WG 190
- Sustainable Management of the Navigability of Natural Rivers, InCom/EnviCom WG 236
- Technical-Biological Bank Protection Methods for Inland Waterways, InCom WG 128
- Climate Change Costs to Ports and Waterways: Scoping the Business Case Assessment for Investment in Adaptation, PTGCC



**Bild 4** Überblick über das Structural Health Monitoring – SHM (Quelle: PIANC WG199, 2023)  
Overview of Structural Health Monitoring – SHM

Vier dieser Berichte werden – wie in jedem Jahr – den deutschen PIANC-Mitgliedern in einstündigen Webinaren vorgestellt.

## 4.2 Aktuelle Arbeitsgruppen

Derzeit existieren 52 aktive Arbeitsgruppen, die sich mit aktuellen Fragestellungen auseinandersetzen. Dabei haben die MarCom-Arbeitsgruppen mit 24 Themen den größten Anteil. Vonseiten der InCom sind 13 Arbeitsgruppen aktiv (s.o.). Bei EnviCom sind aktuell vier Arbeitsgruppen und bei RecCom elf Arbeitsgruppen aktiv. Ziel ist es, dass die Arbeitsgruppen ihre Berichte innerhalb von zwei Jahren veröffentlichen. Auf der Webseite der deutschen PIANC-Sektion sind alle Expertinnen und Experten zu finden, die von PIANC D in Arbeitsgruppen entsandt wurden [7]. Dies hat den Zweck, dass sich Mitglieder bei Fragen zu den betrachteten Themen schon vorab mit den deutschen Vertreterinnen und Vertretern austauschen und das internationale Wissen abfragen können.

Beispielhaft soll an dieser Stelle die InCom Arbeitsgruppe WG 255 Structural reassessment of existing (IW) hydraulic structures vorgestellt werden. Sie behandelt seit Herbst 2024 die Nachweisführung für bestehende Wasserbauwerke.

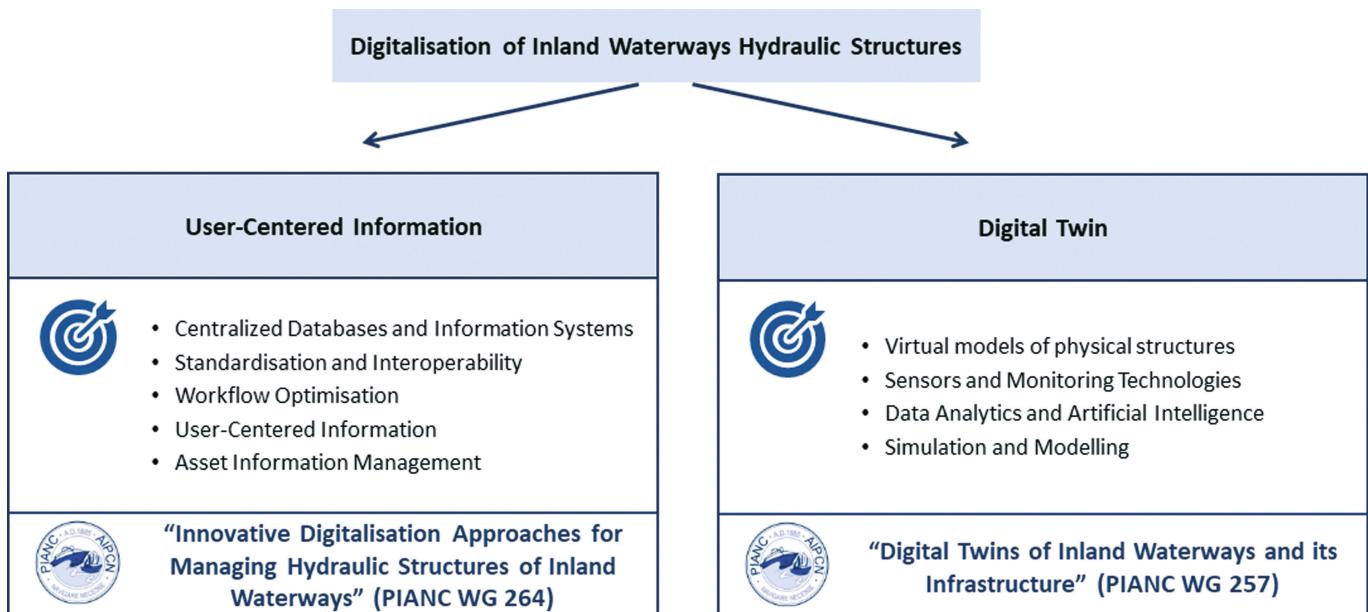
Wasserbauwerke sind für lange Nutzungsdauern ausgelegt. Viele haben ihre geplante Nutzungsdauer von 100 Jahren überschritten, zeigen aber keine großen Auffälligkeiten und Schäden. Nachrechnungen sind jedoch erforderlich, wenn sich Belastungen ändern, Schäden aufgetreten sind oder eine Neubewertung und Restnutzungsdauerbestimmung ansteht.

In vielen Fällen kann die normative Sicherheit dieser (alten) Bestandsbauwerke nicht mehr mit den aktuellen, für Neubauten entwickelten Normen nachgewiesen werden. Aus dieser Diskrepanz, dass Bauwerke numerisch nicht mehr nachweisbar, d.h. unsicher sind, und der Tatsache, dass sie z.T. seit Jahrzehnten sicher betrieben werden, ergibt sich die Notwendigkeit, Verfahren zur Neubewertung bestehender Wasserbauwerke einzusetzen. Die Erhaltung von Bauwerken und die Bewahrung der in ihnen enthaltenen grauen Energie liefern im Übrigen einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz.

Ziel der Arbeitsgruppe ist es, Konzepte und Ideen für eine Nachweismethode für bestehende Wasserbauwerke als Best Practice zu sammeln – unabhängig davon, welches Nachweiskonzept (global, semiprobabilistisch, probabilistisch) erfüllt wird.

Eine weitere Arbeitsgruppe, die für die deutsche Fachöffentlichkeit von besonderem Interesse ist, ist die InCom Arbeitsgruppe 264 Innovative Digitalisation Approaches for Managing Hydraulic Structures of Inland Waterways. Sie befindet sich gerade im Aufbau. Die Ziele finden sich in Bild 5.

Diese und weitere Arbeitsgruppen zeigen eine Aufweitung der Themen hin zu innovativen und digitalen Technologien. So startete bspw. im April 2025 die InCom Arbeitsgruppe 262 zum Thema Remote Operated IW Navigation, d.h. der Fernsteuerung in der Binnenschifffahrt. Die Arbeitsgruppe 257 wird sich mit Digitalen Zwillingen der Wasserstraßeninfrastruktur beschäftigen: Digital Twins for Operation and Monitoring of Inland Waterways and Infrastructure. Zu Letzterer werden aktuell noch Expertinnen und Experten gesucht.



**Bild 5** Digitalisierung von Verkehrswasserbauwerken, Abgrenzung WG 264/257 (Quelle: PIANC Int.)  
Digitisation of hydraulic engineering structures, delimitation WG 264/257

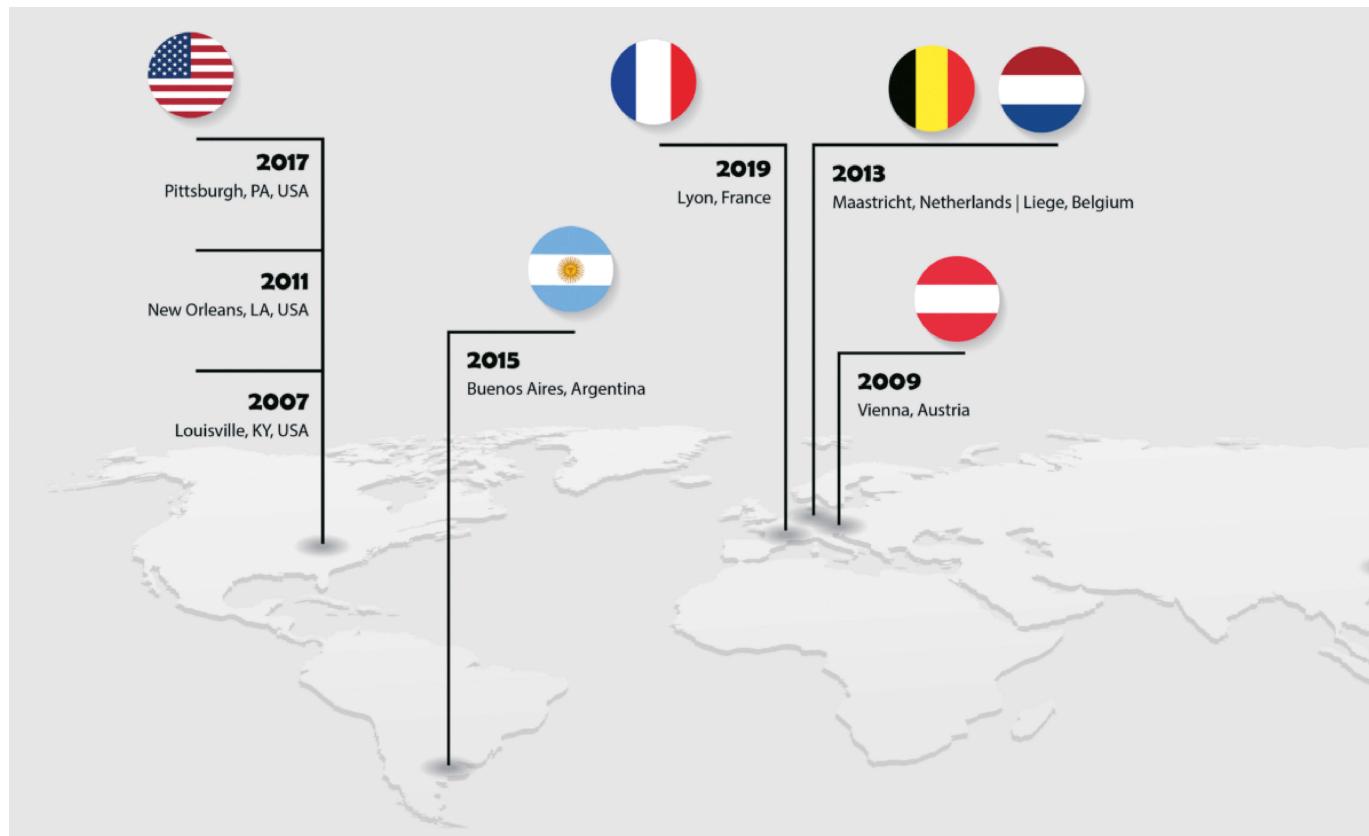
## 5 Was bietet das PIANC-Netzwerk?

Wie eingangs erwähnt, sind es nicht nur die Arbeitsgruppen, in denen sich die Experten zu einem Thema vernetzen und Wissen austauschen. Der Nucleus von PIANC sind nach wie vor die Weltkongresse, die als Herzstück des PIANC-Netzwerks zur Vernetzung und zum Wissenaustausch einladen. Sie dienen dem weltweiten Fachaus tausch, nicht nur innerhalb der PIANC-Community.

Beim 35. PIANC Weltkongress 2024 in Kapstadt wurden bspw. über 280 Beiträge von Autoren aus 41 Ländern eingereicht und ausgewählt. Ein Eindruck über die Vielfalt der Vortragsthemen findet sich in [8]. Von deutscher Seite waren rd. 25 Expertinnen und Experten angereist. Die 15 deutschen Vortragsthemen konzentrierten sich auf die



**Bild 6** Deutsche Beteiligung beim 35. PIANC Weltkongress 2024  
(Quelle: PIANC D)  
German participation in the 35th PIANC World Congress 2024



**Bild 7** Overview of previous PIANC Smart Rivers conferences (Quelle: www.pianc.org)  
Übersicht über bisherige PIANC-Smart-Rivers-Konferenzen

in Bild 6 dargestellten Themenfelder. Die einzelnen Vorträge können bei Interesse von der Geschäftsstelle PIANC D zur Verfügung gestellt werden. Der nächste Weltkongress wird turnusmäßig 2028 in Antwerpen, Belgien stattfinden.

Ein weiterer Baustein sind die PIANC-Smart-Rivers-Konferenzen. Sie entstanden 2007 aus der Notwendigkeit heraus, einen Austausch für Best Practice und innovative Technologien unter Praktikern und Forschern zu Binnenschiffahrt und Binnenwasserstraßen zu ermöglichen. Mittlerweile haben neun Smart-Rivers-Konferenzen stattgefunden (Bild 7).

Smart Rivers behandelt Themen wie die Wasserstraßeninfrastruktur, Flüsse und Flusssystemmanagement, intelligente Schiffahrt und Wasserstraßen, Logistik um die Schifffahrt, den Klimawandel sowie weitere Spezialthemen. Die nächste Smart-Rivers-Konferenz findet im September 2025 in Memphis, USA statt.

Verschiedene regionale Veranstaltungen wie z.B. die regelmäßigen Veranstaltungen im Mittelmeerraum Mediterranean Days of Coastal and Port Engineering oder der Nordischen Länder NordPIANC ergänzen die fachlichen Austauschmöglichkeiten [9].

## 6 Wie unterstützt PIANC junge Fachkräfte?

Um einer Überalterung von PIANC entgegenzuwirken sowie einen generationenübergreifenden Wissenstransfer sicherzustellen, wurde bereits 2006 die Gründung der PIANC Young Professional Commission (YPCoM) beschlossen. Zielsetzung dieser Kommission ist es, neben dem regelmäßigen Austausch unter den YP-Delegierten, der Stimme junger Fachkräfte innerhalb der Organisation Gehör zu verschaffen. So können sie zusätzlich zu den Experten mit langjähriger Berufserfahrung in den Kommissionen und Arbeitsgruppen mitwirken.

Neben dem jährlich von der PIANC ausgelobten DePape Williams Award zur Förderung junger Talente verantwortet die YPCoM den im Rahmen des Weltkongresses vergebenen YPAward für die drei besten Konferenzbeiträge von Young Professionals.

Um in einen fachlichen und länderübergreifenden Austausch untereinander und mit den weltweiten Expertinnen und Experten der technischen Kommissionen einzutreten, werden verschiedenste Formate organisiert. Diese sind gemeinsame nationale bzw. regionale Exkursionen, Webinare und andere digitale Austausch- und Informationsveranstaltungen sowie die Organisation von kleinen, eher lockeren Netzwerkveranstaltungen im Rahmen von größeren PIANC-Treffen [10].

Die wohl für alle Young Professionals herausragende Veranstaltung (unabhängig von einer bestehenden Mitgliedschaft) ist der mehrtägige Biennal Technical Visit (BTW), welcher alle zwei Jahre stattfindet und dessen Teilnahme kostenfrei ist. Er findet in diesem Jahr in Busan, Südkorea statt [11].

Da es in Deutschland, wie auch in anderen Ländern, nationale und thematisch übergreifende Berufsverbände mit eigenen Netzwerken für junge Fachkräfte gibt, sind hier die Kooperationen mit der Jungen HTG und der Jungen DGTT hervorzuheben.

## Literatur

- [1] PIANC [eds.] *PTGCC Webinar on “Investing in Climate Change Resilience”* [online]. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. <https://www.pianc.org/permanent-task-group-on-climate-change>
- [2] Zentralkommission für die Rheinschiffahrt (2011) *Richtlinien und Empfehlungen für Binnenschiffahrtsinformationsdienste*. Strasbourg: ZKR. [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/ris/guidelines30\\_d.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/ris/guidelines30_d.pdf)
- [3] ZW – Infozentrum Wasserbau [Hrsg.]. *Gelbdruckverfahren* [online]. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. <https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/gelbdruckverfahren>
- [4] HSB [Hrsg.]. *DAS: Seehäfen und Klimawandel – Entwicklung und pilothafte Umsetzung von Bildungsmodulen zur Einbindung der Anpassung an den Klimawandel in Planung, Bau und Betrieb von Seehäfen in Deutschland* [online]. Bremen: Hochschule Bremen. <https://www.hs-bremen.de/forschen/forschungs-und-transferprofil/forschungsprojekt/das-seehafen-und-klimawandel-entwicklung-und-pilothafte-umsetzung-von-bildungsmodulen-zur-einbindung-der-anpassung-an-den-klimawandel-in-planung-bau-und-betrieb-von-seehaeften-in-deutschland>
- [5] HTG [Hrsg.]. *Fachgremien Arbeitsgruppe Klimawandelanpassung von See- und Binnenhäfen* [online]. Hamburg: Hafentechnische Gesellschaft e. V. <https://www.htg-online.de/fachgremien/arbeitsgruppen/klimawandelanpassung-von-see-und-binnenhaeften>
- [6] PIANC [eds.]. *Commissions & Working Groups* [online]. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. <https://www.pianc.org/commissions-working-groups>
- [7] PIANC Sektion Deutschland [Hrsg.]. *Working Groups* [online]. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. <https://pianc.baw.de/working-groups>
- [8] PIANC (2024). *35th PIANC World Congress –Third Announcement*. Cape Town, Apr. 29–May 03, 2024. <https://www.pianc.org/35th-world-congress-third-announcement>

## 7 Was sind die zukünftigen Entwicklungen bei PIANC D?

PIANC hat sich u.a. zum Ziel gesetzt, die Formate für den fachlichen Austausch zu modernisieren. Zukünftig soll es daher verstärkt Online-Veranstaltungen in Form von Webinaren zu den jeweiligen Arbeitsgruppenberichten geben. PIANC Deutschland bietet schon seit einigen Jahren regelmäßige Online-Treffen an, bei denen aktuelle Arbeitsgruppenberichte vorgestellt werden.

Des Weiteren wird PIANC D die Zusammenarbeit mit der Hafentechnischen Gesellschaft (HTG) weiter intensivieren. Die HTG stellt auf nationaler Ebene viele Felder dar, die die PIANC international vertritt. Aus diesem Grund gibt es zwischen den beiden Organisationen eine enge Verbindung. Diese wurde 2022 durch eine Vereinbarung zur gegenseitigen Mitgliedschaft noch einmal verstärkt. Seit 2023 gibt es bspw. einmal im Jahr ein gemeinsames Forum zu einem ausgewählten Fachthema. HTG-Mitglieder können bei PIANC eine vergünstigte Mitgliedschaft erwerben, wie auch umgekehrt.

Das PIANC-Netzwerk lebt von seinen Mitgliedern, die über die dargestellten Gremien und Veranstaltungen ihr Wissen, aber auch ihre Fragestellungen einbringen können. Dabei stellt das PIANC-Netzwerk eine niederschwellige Gelegenheit dar, den Blick über den Tellerrand in die internationale Fachwelt zu wagen. Alle Informationen rund um die PIANC-Mitgliedschaft sind unter [12] zu finden.

## Danksagung

Dieser Beitrag wurde verfasst mit Unterstützung von Dipl.-Ing. Uwe Fischer, Euskirchen (ehem. Geschäftsführer PIANC D), Dipl.-Ing. Claus Kunz, Karlsruhe sowie Dipl.-Ing. Anja Brüning (Leitung Technisches Büro – Prokuristin SEE-Ingenieure GmbH & Co. KG), Emden.

- [org/wp-content/uploads/2024/03/PIANC-WORLD-CONGRESS-2024-THIRD-ANNOUNCEMENT\\_final.pdf](http://org/wp-content/uploads/2024/03/PIANC-WORLD-CONGRESS-2024-THIRD-ANNOUNCEMENT_final.pdf)
- [9] PIANC [eds.] *PIANC Events* [online]. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. <https://www.pianc.org/events>
- [10] PIANC [eds.] *YP-Com Activities* [online]. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. <https://www.pianc.org/yp-com-activities>

- [11] PIANC AGA Busan 2025 (2025) *Young Professionals BTW* [online]. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. <https://www.pianc-aga2025.kr/sub5/sub51.asp>
- [12] PIANC Sektion Deutschland [Hrsg.] *Mitgliedschaft* [online]. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. <https://pianc.baw.de/mitgliedschaft>

**Autor:innen**

Dipl.-Ing. Gabriele Peschken (Korrespondenzautor:in)  
gabriele.peschken@bmdv.bund.de  
Chefdelegierte PIANC Deutschland  
Bundesministerium für Digitales und Verkehr  
Referat WS 12 – Technik der Wasserstraßeninfrastruktur  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn

Dipl.-Ing. Nicole Langrock  
nicole.langrock@bmdv.bund.de  
Geschäftsführerin PIANC Deutschland  
Bundesministerium für Digitales und Verkehr  
Referat WS 12 – Technik der Wasserstraßeninfrastruktur  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn

**Zitieren Sie diesen Beitrag**

Peschken, G.; Langrock, N. (2025) *PIANC: weltweites Wissensnetzwerk für Wasserstraßen- und Hafenbau*. Bautechnik 102, H. 7, S. 382–389.  
<https://doi.org/10.1002/bate.202500020>

Liebherr-Werk Nenzing GmbH (Hrsg.)

# Kompendium Spezialtiefbau, Teil 2: Baugrundverbesserung

## Verfahren, Geräte, Anwendungen, IT-Lösungen

- umfassende Übersicht über die verschiedenen Baugrundverbesserungsverfahren
- Hilfe bei Planung und Ausführung
- anschauliche Illustrationen und hochwertige Renderings

Das Kompendium gibt in eine umfassende Übersicht über Verfahren, Geräte und Anwendungen im Spezialtiefbau. Es ist als Hilfe für Planung und Ausführung gedacht und soll Praktiker, Behörden und Ingenieurbüros unterstützen. Teil 2 behandelt die Baugrundverbesserung.

**BESTELLEN**  
+49 (0)30 470 31-236  
marketing@ernst-und-sohn.de  
[www.ernst-und-sohn.de/3281](http://www.ernst-und-sohn.de/3281)

\* Der € Preis gilt ausschließlich für Deutschland. Inkl. MwSt.

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand



2022 · 312 Seiten · 150 Abbildungen ·

86 Tabellen ·

Hardcover ·

ISBN 978-3-433-03281-7

€ 98\*

# Neue Berliner Brücke in Duisburg auf der BAB 59

Die Berliner Brücke in Duisburg (BAB 59) zählt zu den größten Brücken Deutschlands – und zu den anspruchsvollsten Sanierungsfällen im Fernstraßennetz. Ihre Geschichte ist geprägt von bergbaubedingten Bewegungen, komplexen Randbedingungen und stetigem Instandhaltungsbedarf. Nun steht der Ersatzneubau an – eingebettet in eines der größten Autobahnprojekte der kommenden Jahre. Es geht um weit mehr als einen bloßen Ersatz. Mitten im urbanen Raum, unter Verkehr, an einem der verkehrsreichsten Knotenpunkte des Ruhrgebiets (bis zu 123.000 DTVw, Schwerlastanteil bis 8 %). Die neue Brücke führt durch Stadtpark, Wohn- und Industriegebiete, überquert Gleisanlagen, Hafen-, Schleusenanlagen und Wasserstraßen – und bindet direkt in das Autobahnkreuz BAB 40 ein. Neun Teilbauwerke mit bis zu 70 m Breite, über 2,1 km Gesamtlänge, darunter vier zentrale Großbrücken – Ruhr-, Hafen-, Schleusen- und Bahnhofbrücke – sind als „Brückenfamilie“ mit gemeinsamen, ganzheitlichen Baukonzept geplant. Schiefwinkelige Gleisquerungen, enge Pfeilerstandorte, teils schwacher Baugrund und kurze Bauzeiten erfordern maßgeschneiderte Lösungen. Taktgenaue Abläufe, das Einschwimmen 100 m langer Teile – alles unter laufendem Verkehr. Auch die strategische Planung ist besonders: Das Projekt lebt von interdisziplinärer Zusammenarbeit und frühzeitiger Markteinbindung. Planung und Ausführung zielen auf Nachhaltigkeit, Instandhaltung und Ausführungssicherheit.

**Stichworte** Entwurf; Brückenbau; Verbundbau; Berliner Brücke

## 1 Einleitung und Ausgangssituation

Die BAB 59 besteht aus drei voneinander unabhängigen Abschnitten in Nordrhein-Westfalen. Im betrachteten Planungsabschnitt verläuft die A 59 durch Duisburg und ist in diesem Abschnitt eine wichtige und stark frequentierte Nord-Süd-Achse im westlichen Ruhrgebiet.

Das größte Autobahnprojekt Deutschlands in den nächsten 10 Jahren ist von entscheidender Bedeutung für die Erschließungsinfrastruktur des Duisburger Hafens, der als weltweit größter Binnenhafen sowie als Pendlerstrecke gilt. Ursprünglich in den 1960er Jahren als Stadtautobahn erbaut, hat die A 59 seitdem an regionaler Bedeutung gewonnen und ist heute ein wesentlicher Teil des Autobahnnetzes im Ruhrgebiet, zu denen v. a. die A 3, A 40, A 42 und A 57 gehören (Bild 1).

Bereits heute ist die A 59 in Stoßzeiten überlastet – Staus und stockender Verkehr sind die Folge. Viele

## The new Berliner Brücke in Duisburg

The Berliner Brücke in Duisburg (BAB 59) is one of Germany's largest bridges – and one of the most challenging rehabilitation cases in the federal highway network. Its history is shaped by mining-related ground movements, complex constraints, and ongoing maintenance needs. A replacement is now underway – part of one of the largest motorway projects of the coming years. This is about much more than just replacing an old structure. Located in a dense urban environment, under live traffic, at one of the busiest junctions in the Ruhr area (up to 123,000 AADT, with a heavy traffic share of up to 8 %). The new bridge runs through the city park, residential and industrial areas, crossing railway lines, port and lock facilities, and waterways – and connects directly to the BAB 40 motorway interchange. Nine structures, up to 70 m wide and over 2.1 km long, including four key bridges – Ruhr, Port, Lock, and Station – designed as a “bridge family” with a common architectural language. Skewed railway crossings, tight pier locations, weak soil conditions, and high levels of prefabrication demand tailored solutions. Precisely timed operations, floating in 100 m bridge sections – all under ongoing traffic. Strategic planning is key: the project relies on interdisciplinary cooperation and early market involvement. Planning and execution aim at sustainability, maintainability, and execution reliability.

**Keywords** Design; Bridge; Composite construction; Berliner Brücke

Brücken, allen voran die Berliner Brücke, haben das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. Um den verkehrlichen und baulichen Anforderungen gerecht zu werden, soll die A 59 zwischen der Anschlussstelle DU-Marxloh und dem Kreuz Duisburg auf sechs Fahrstreifen erweitert und alle Brücken durch Ersatzneubauten ersetzt werden.

Im Zuge dessen werden auch die Autobahnkreuze Duisburg (A 59/A 40) und Duisburg-Nord (A 59/A 42) neu strukturiert, um die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Dabei müssen alle Autobahnen und Verkehrsbeziehungen erhalten und während der Bauzeit betriebsfähig bleiben.

Regelmäßige Prüfungen und Nachrechnungen bestätigen den dringenden Erneuerungsbedarf. Mehrere Großbrücken erreichen in der ersten Hälfte der 2030er Jahre das Ende ihrer Nutzungsdauer – die Berliner Brücke bereits 2029. Ihre sieben Teilbauwerke stehen heute schon unter ständiger Kontrolle, Sanierung und Reparatur.



**Bild 1** Karte des Projektgebiets (Quelle: INGE A59)  
Map of the project area

Dieser Bericht beleuchtet den Südabschnitt des Projekts – mit Fokus auf die besonderen Herausforderungen und technischen Lösungen beim Ersatzneubau der Berliner Brücke (Bild 2).

## 2 Die Berliner Brücke im Bestand

### 2.1 Historische Einordnung

Schon vor dem Ersten Weltkrieg gab es Pläne, Meiderich und Hamborn besser an das Duisburger Zentrum anzubinden – u. a. über eine Stadtschnellbahn von Köln nach Dortmund mit Abzweig nach Dinslaken. Nach Kriegsende wurde die Planung wieder aufgenommen. Von 1931 bis 1934 entstand die erste Brücke über die heutige Nord-Süd-Straße. Duisburg gehörte damit zu den ersten Städten Deutschlands mit dem Bau einer innerstädtischen Schnellstraße.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde das Projekt weiterverfolgt. Kernstück ist die Berliner Brücke, deren Bau 1960 begann. Mit 1824 m Länge gehört sie zu den größten

Brücken Deutschlands – sie überquert Ruhr, Rhein-Herne-Kanal und den Duisburger Hafen. Die sieben unabhängigen Abschnitte (Bild 3) werden durch Gruppenpfiler voneinander getrennt: Deichbrücke (26,72 m), Ruhrbrücke (347,05 m), Kanalbrücke (290,03 m), Industriebrücke (316,18 m), Brücke über Hafenbecken C (274,14 m), Brücke Bahnhof Ruhrtort Hafen (314,4 m) und Stadtparkbrücke (326,95 m).

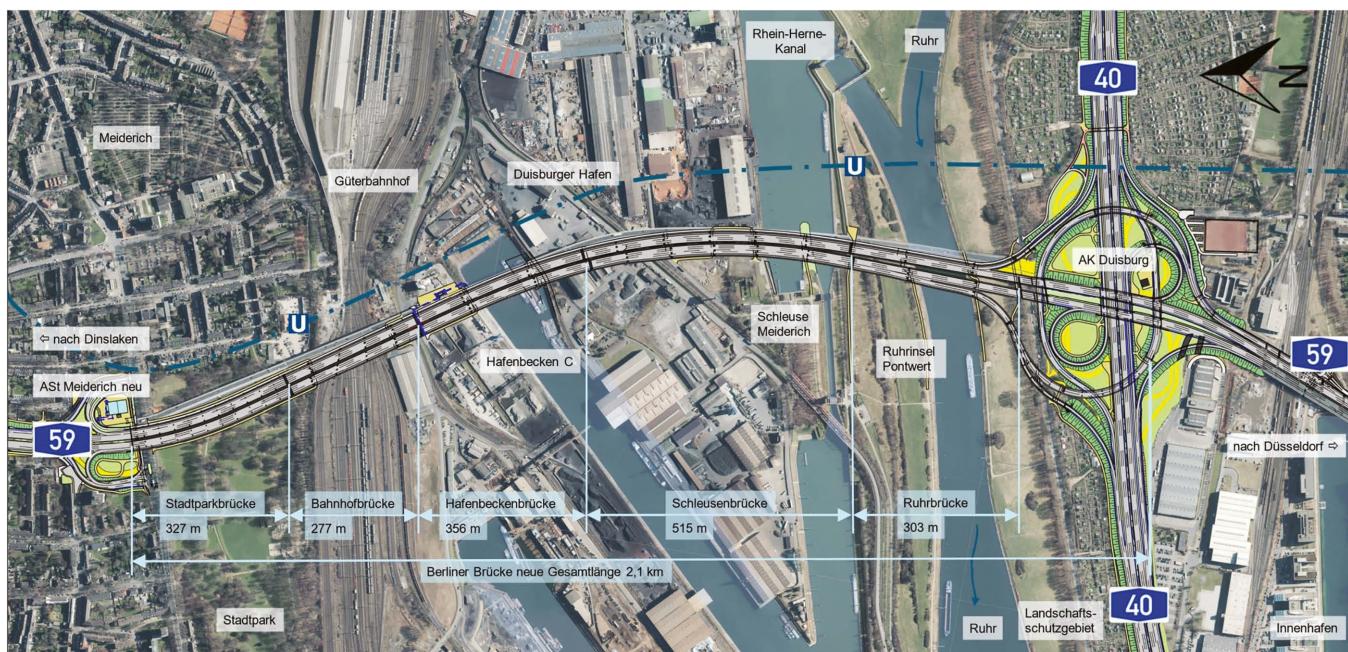
### 2.2 Brückenbau bei gleichzeitigem Bergbau

Der Bau in den 1960er Jahren stellte die Ingenieure vor besondere Herausforderungen – v. a. durch Bodenbewegungen infolge Bergbaus [1]. Durch die stetige Erosion der Rheinsohle und die damit verbundene Absenkung des Wasserspiegels (ca. 4 cm/Jahr) mussten die Hafenbecken abgesenkt werden, um den Wasserstand in Einklang mit dem Rhein zu halten. Dazu wurde das Gelände durch gezielten Kohleabbau abgesenkt.

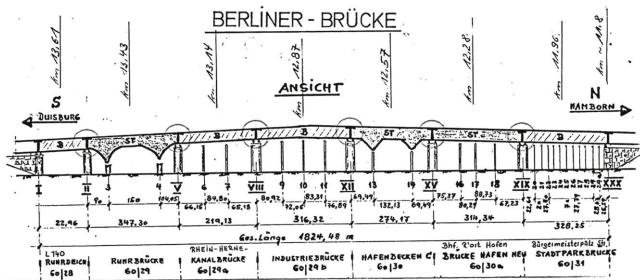
Bereits ab 1955 wurde im Hafenfeld unter Schonung der Oberfläche Kohle gefördert. Die Abbauarbeiten wurden laufend an Brücken- und Schleusenbauwerke angepasst, um Schäden zu vermeiden.

Der Brückenzug der Berliner Brücke liegt vollständig im Abaugebiet und erfuhr in den ersten zehn Jahren vertikale Bewegungen von über 1 m (Bild 4, [2]). Das Bauwerk musste diese Bewegungen konstruktiv aufnehmen – durch statische Auslegung oder anpassbare Auflagerpunkte.

Die Brücke wurde als Ensemble aus Einzelbauwerken konstruiert, um vertikale Bewegungen, horizontale Pressungen und Zerrungen, Schiefstellungen sowie dynamische Veränderungen aufzunehmen.



**Bild 2** Übersicht des Projektgebiets Südabschnitt: (Quelle: INGE A59)  
Overview of the project area, southern section



**Bild 3** Längsschnitt der bestehenden Berliner Brücke [1]  
Longitudinal section of the existing Berliner Brücke [1]

Zwischen benachbarten Pfeilern konnten vertikale Bewegungen bis zu 80 cm und horizontale Bewegungen in Längsrichtung bis zu  $\pm 1,10$  m auftreten. Zusätzlich konnten sich einzelne Brückenabschnitte um  $\pm 25$  cm verschieben, quer zur Achse traten Bewegungen bis  $\pm 30$  cm auf, Pfeilerschiefstellungen bis 0,5 %.

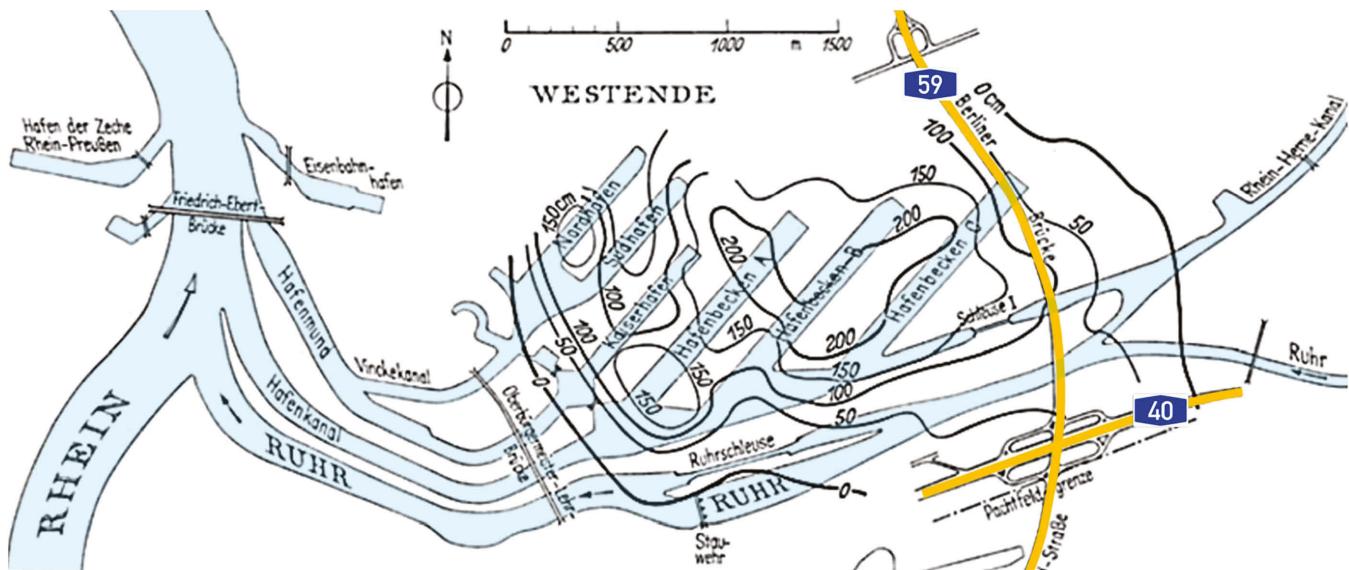
Querträger und Traversen waren so breit ausgelegt, dass sie in jeder Lage gehoben oder abgesenkt werden konnten.

Die bergbaubedingten Bodenbewegungen sind seit Langem abgeklungen und müssen beim aktuellen Bau nicht mehr berücksichtigt werden.

## 2.3 Einzelbauwerke

Der gesamte Brückenzug ist – bedingt durch Umfeld und bergbauliche Randbedingungen – in Einzelbauwerke unterteilt. Die größten Spannweiten über Ruhr, Rhein-Herne-Kanal und den Güterbahnhof wurden als Stahlkonstruktionen ausgeführt. Über Industrieflächen und Kanal kommen Spannbetonhohlkästen zum Einsatz.

Die Stadtparkbrücke liegt flach über dem Park und unterscheidet sich deutlich von den übrigen Großbrücken. Die kurze Deichbrücke im Süden spielt eine untergeordnete Rolle.



**Bild 4** Absenkung des Duisburger Hafens [2]  
Subsidence of the Duisburg Harbor [2]

### 2.3.1 Stahlbrücken über Ruhr, Hafenbecken und Güterbahnhof

Drei der sieben Abschnitte der Berliner Brücke mit den größten Spannweiten bestehen aus Stahlkonstruktionen mit drei bzw. vier Feldern. Sie sind konstruktiv weitgehend identisch. Der Bergbau beeinflusste die Querschnittswahl: geringe Bauhöhe, getrennte Richtungsfahrbahnen, reduzierte Steifigkeit durch offene Untergurte. Die Steghöhen lagen je nach Erfordernis zwischen 3 und 6 m. Die Fahrbahn besteht aus einer isotropen Platte.

Die Ruhrbrücke (Bild 5) weist Besonderheiten auf – v.a. die Aufweitung Richtung Autobahnknoten Duisburg: von ca. 25 m Regelbreite auf 45 m am Widerlager. Unterschiedliche Spannweiten resultieren aus der Schiefstellung des Endwiderlagers. Aus gestalterischen Gründen erhielt das Tragwerk eine sanft gebogene Voute.

Auch die Hafenbeckenbrücke besitzt über den Innenstützen eine Voute. Nach Analyse verschiedener Varianten entschied man sich für klare, geradlinige Vouten – passend zur nüchternen Hafenumgebung. Zur Stabilisierung der kurzen Randfelder wurde Ballastbeton mit Schwertspat eingesetzt.

Die Bahnhofbrücke hat aufgrund geringer Durchfahrts höhen die niedrigste Konstruktion. Sie überspannt das Gleisfeld des Ruhrorter Güterbahnhofs in mehreren schiefwinkligen Feldern. Aufgrund von Rissen in der Stahlkonstruktion ist sie seit Jahren eingerüstet und muss laufend instandgesetzt werden.

### 2.3.2 Spannbetonbauwerke der Kanal- und Industriebrücke

Die Kanal- und Industriebrücke (Bild 6) stellten im Massivbrückenbau eine besondere Herausforderung dar.



**Bild 5** Ruhrbrücke heute (Quelle: INGE A59)  
Ruhr Bridge today

Beide wurden als Hohlkästen konstanter Höhe (3,5 m) mit Spannweiten bis 85 m ausgeführt, jeweils mit getrennten Überbauten pro Richtungsfahrbahn.

Neben der schwierigen Herstellung im Gelände war die bergbautaugliche Ausrüstung entscheidend. Die Lage wurde durch Wasserläufe, Verkehrswege und Freiflächen bestimmt. Um Senkungen, Krümmungen und Verformungen schadlos aufzunehmen, erhielten die Lager entsprechende Korrekturspielräume.

Der Bau erfolgte überwiegend im Freivorbau, da Kanal, Gleise und Gebäude nicht beeinträchtigt werden durften. Tägliche Setzungen von 4–6 mm erforderten statisch bestimmte Bauzustände, um mit minimalem Aufwand regulieren zu können – eine vermessungstechnisch geprägte Aufgabe.

Trasse und Gradienten bestimmten die Endform, während Eigengewicht, Vorspannung, Kriechen, Schwinden und die Vorbaukonstruktion den Bauverlauf beeinflussten. Zur Berechnung wurden bereits damals „elektronische Maschinen“ eingesetzt.

### 2.3.3 Stadtparkbrücke

Die Stadtparkbrücke in Meiderich nimmt durch ihre Konstruktion eine Sonderstellung ein. Sie wurde als 12-



**Bild 6** Kanalbrücke heute (Quelle: INGE A59)  
Canal Bridge today



**Bild 7** Stützenfuß der Stadtparkbrücke mit Ausgleichsvorrichtung für große Setzungen (Quelle: INGE A59)  
Pier base of the Stadtpark Bridge with compensation device for major settlements

Feld-Tragwerk mit Mittelfeldspannweiten von 27,8 m und einer Konstruktionshöhe von 1,3 m ausgeführt. Beide Richtungsfahrbahnen teilen sich einen Überbauquerschnitt und sind quer als Einfeldträger mit Kragarmen ausgebildet – pro RiFa nur eine Stütze.

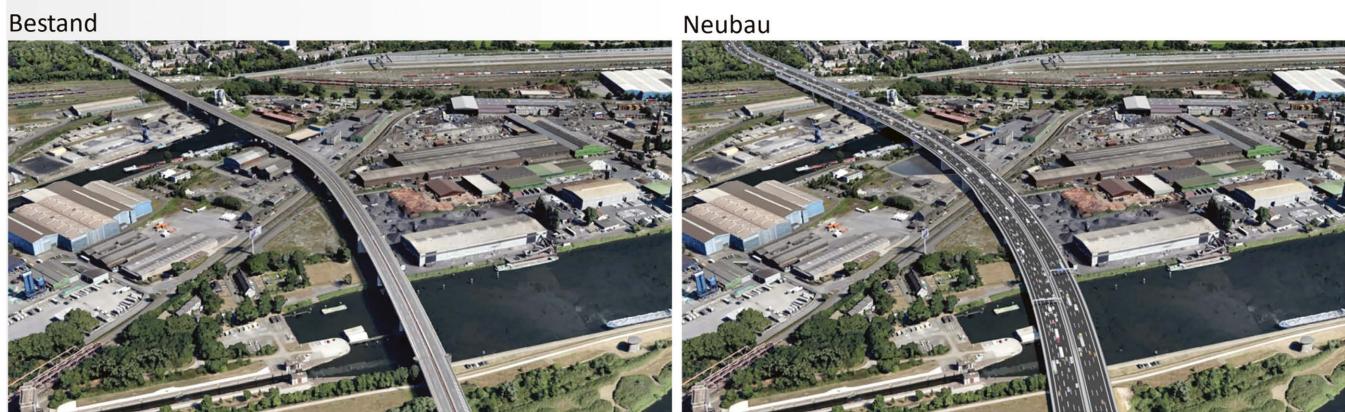
Zwischen benachbarten Stützen konnten vertikale Bewegungen bis 80 cm auftreten. Massive Konstruktionen am Stützenkopf hätten die schlanken Stützen gestalterisch beeinträchtigt – daher wurden die Lager an den Fußpunkten der insgesamt 22 Stützen angeordnet (Bild 7).

## 3 Die neue Berliner Brücke

### 3.1 Übersicht

Die Berliner Brücke verläuft von Norden über den Meidericher Stadtpark, das breite Gleisfeld des Güterbahnhofs Ruhrort, Industrieflächen des Duisburger Hafens mit Hafenbecken, Straßen- und Bahntrassen, die Schleusenanlage des Rhein-Herne-Kanals, die Ruhr und das Landschaftsschutzgebiet der Ruhrauen (Bild 8).

Das Projekt ist eine erhebliche logistische Herausforderung – insbesondere hinsichtlich Bauzeit, innerstädtischer Erreichbarkeit, großer Baulöse unter Verkehr und der Koordination mit Deutscher Bahn, Stadt Duisburg, der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung



**Bild 8** Luftbild der Berliner Brücke heute und Visualisierung (Quelle: INGE A59)  
Berliner Brücke today and visualization

sowie der Duisburger Hafen AG (duisport) und deren Pächtern.

Die neue Berliner Brücke verläuft westlich des Bestands. Zunächst wird die Richtungsfahrbahn Düsseldorf (RiFa D'dorf) mit optimierter, richlinienkonformer Gradiente errichtet. Diese verläuft in einer langen Kuppe mit  $R = 30.000\text{ m}$  in der Mitte und einem Bogen mit bis zu  $R = 1120\text{ m}$ .

In der ersten Bauphase bleibt der Verkehr auf der Bestandsbrücke uneingeschränkt. Nach Fertigstellung der RiFa D'dorf wird der Verkehr umgelegt und zwischen AK Duisburg und ASt Ruhrort auf das neue Bauwerk geführt – mit nur kurzen Unterbrechungen aller Verkehrsbeziehungen. Anschließend wird das Bestandsbauwerk zurückgebaut und die neue RiFa Dinslaken errichtet.

Variantenstudien bestätigten die Vorteile dieses Konzepts:

- Ein Neubau nach Osten hätte den U-Bahn-Tunnel beeinträchtigt.
- Ein symmetrischer Ausbau hätte den teilweisen Rückbau des Bestands erfordert – mit zu geringer Breite für eine 4+0-Verkehrsführung.

Die Verschiebung nach Westen beeinflusst das Baufeld und mögliche Pfeilerstandorte – mit Auswirkungen auf Statik und Bauabläufe. Diese Aspekte wurden frühzeitig mit allen Beteiligten abgestimmt: Planer, Bauherr, Wasserstraßenverwaltung, Duisburger Hafen und Bahn.

Wie das Bestandsbauwerk ist auch der Neubau in mehrere Teilbauwerke gegliedert, allerdings mit geänderten Pfeiler- und Trennstellen. Der Neubau umfasst neun Einzelbauwerke, jeweils mit getrennten Überbauten je Fahrtrichtung:

Teilbauwerke (Längen jeweils für RiFa D'dorf):

- Stadtparkbrücke – ca. 327 m, vorgespannter mehrstegiger Plattenbalken
- Bahnhofbrücke – ca. 277 m, Stahlverbundbau mit je drei Stahlhohlkästen

- Hafenbeckenbrücke – ca. 356 m, Stahlverbundbau mit je drei Stahlhohlkästen
- Schleusenbrücke – ca. 515 m, Stahlverbundbau mit je drei Stahlhohlkästen
- Ruhrbrücke – ca. 330 m, Stahlverbundbau mit je bis zu vier Stahlhohlkästen
- Ruhrdeichbrücke – ca. 54 m, vorgespannte Platte
- Rampenbrücke (abzweigend nach Essen/Venlo) – ca. 178 m, vorgespannter mehrstegiger Plattenbalken
- Rampenbrücke über A 40 (nach Essen) – ca. 192 m, vorgespannter zweistegiger Plattenbalken
- Rampenbrücke von Essen – ca. 35 m, vorgespannter zweistegiger Plattenbalken

### 3.2 Querschnitt

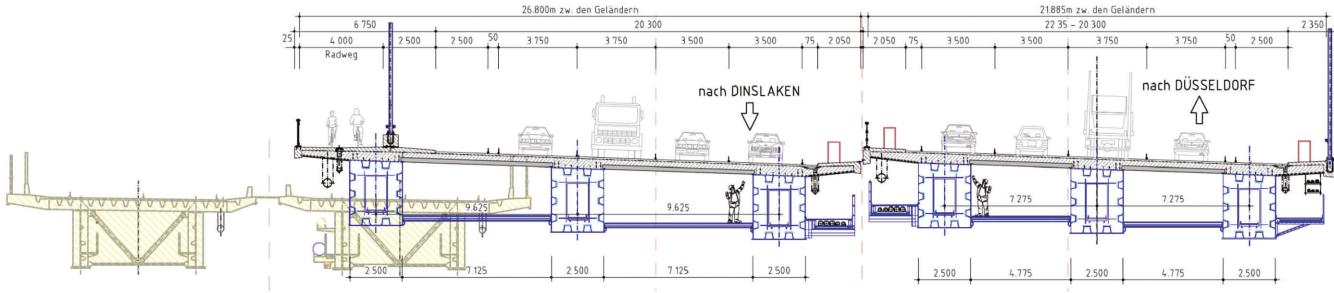
Ziel des Gesamtprojekts ist der 6-streifige Ausbau der A 59 (derzeit zwei Fahrstreifen je Richtung) zur deutlichen Steigerung der Leistungsfähigkeit. Auch Anschlussstellen und Autobahnknoten mit Ein- und Ausfädelstreifen sind dabei gesondert zu betrachten.

Da der Abschnitt zwischen dem AK Duisburg und der Anschlussstelle Ruhrort kurz ist und vollständig von der Berliner Brücke überspannt wird, bestimmen die Ein- und Ausfädelstreifen maßgeblich den Brückenquerschnitt.

Konkret heißt das:

- Über die gesamte Länge ist ein vierter Fahrstreifen je Richtung erforderlich.
- In Teilbereichen kommt ein fünfter Fahrstreifen hinzu.
- Zusätzlich ist je Richtung ein Standstreifen vorgesehen.
- Auf der Ostseite verläuft ein Begleitweg für Fuß- und Radverkehr.

Der Regelquerschnitt (Bild 9) zeigt eine Mindestbreite von 49,5 m. Durch den zusätzlichen fünften Fahrstreifen sowie die Aufweitung und Gabelung der Ruhrbrücke nahe dem AK Duisburg erreicht der Querschnitt stellenweise über 70 m – die RiFas rücken dort um ca. 8 m auseinander.



**Bild 9** Regelquerschnitt auf Höhe der Bahnhofbrücke (Quelle: INGE A59)  
Standard cross-section at the level of the Bahnhofbrücke

### 3.3 Als Brückenfamilie über den Duisburger Hafen

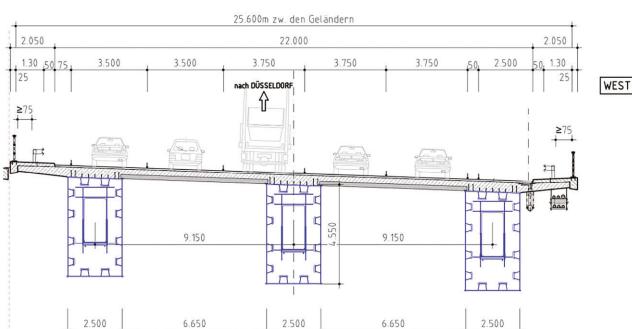
#### 3.3.1 Allgemeines

Für jedes Teilbauwerk der neuen Berliner Brücke wurden Variantenuntersuchungen durchgeführt – mit Fokus auf Bauzeit, Bauablauf, Kosten, Instandhaltung und Dauerhaftigkeit. Ziel war jeweils die optimale Konstruktionslösung. Zusätzlich wurde auf klare, einheitliche Lösungen geachtet, um einen zügigen Baufortschritt zu ermöglichen.

Zunächst wurden mögliche Pfeilerstandorte im stark beanspruchten Umfeld ermittelt. Darauf basierte ein übergeordnetes Brückenkonzept, das wiederum die Randbedingungen der einzelnen Bauwerke beeinflusste.

Für den Kernbereich der Berliner Brücke entstand so eine „Brückenfamilie“ mit einheitlichem Querschnitt und ähnlicher Fertigung. Die Bahnhof-, Hafenbecken-, Schleusen- und Ruhrbrücke – zusammen fast 1,5 km lang – folgen einem gemeinsamen Konzept: Stahlverbundbauweise mit je RiFa drei schmalen Hohlkästen als Hauptträger (Bild 10). Die Fahrbahnplatte wird aus Fertigteilen mit Ortbetonergänzung hergestellt.

Die schmalen Hohlkästen bieten den Vorteil, dass sie – abgesehen von gevouteten Bereichen – werkseitig inklusive Korrosionsschutz vorgefertigt und liegend in einzelnen Schüssen angeliefert werden können. Auf der Baustelle sind dann lediglich Querstöße zwischen den Elementen herzustellen. Der hohe Vorfertigungsgrad verkürzt die Bauzeit und verbessert die Ausführungsqualität.



**Bild 10** Konstruktionsquerschnitt im Bereich der Schleusenbrücke (Quelle: INGE A59)  
Construction cross-section in the area of the Schleusenbrücke, direction Düsseldorf

Im frühen Planungsstadium wurden die geschlossenen Stahlhohlkästen – orientiert an erprobten Referenzprojekten mit ähnlicher Geometrie – zunächst als luftdicht verschweißte Konstruktionen konzipiert. Vergleichbare Bauweisen wurden etwa bei der Werratalbrücke Einhausen (BAB 71, 2003), der Schleusetalbrücke (BAB 73, 2007), der Sinttalbrücke (BAB 7, 2013) oder der Petersdorfer See-Brücke (BAB 19, 2020) realisiert. Zustiegsmöglichkeiten für Inspektionen waren über definierte, verschweißte Öffnungen vorgesehen.

Trotz klarer Vorteile hinsichtlich Bauzeit und Kosten entspricht die luftdicht verschweißte Ausführung bei den vorherrschenden Kastengrößen derzeit nicht dem Stand der Regelwerke. Die Entwurfsplanung sieht daher nun begehbarer Hohlkästen nach RE-ING und ZTV-ING vor – ausgestattet auf über 10.000 lfm mit durchgehenden Wartungsgängen, Belüftung, Beleuchtung und dauerhaftem Korrosionsschutz im Innenraum.

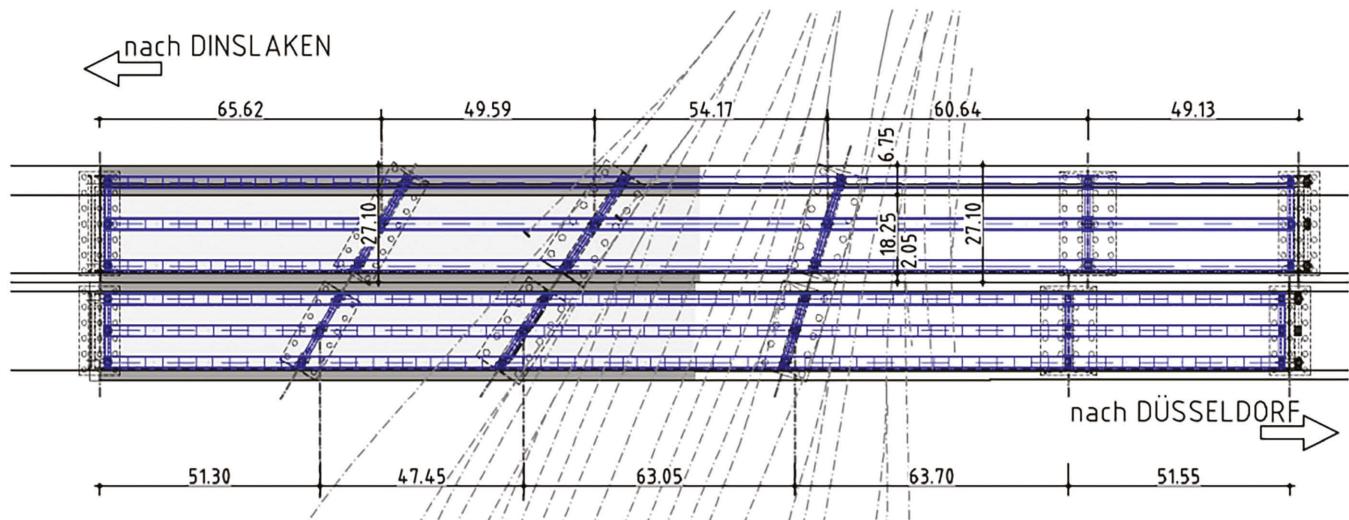
Jede der vier Brücken der „Kernfamilie“ hat eigene Besonderheiten und Herausforderungen, die im Folgenden dargestellt werden.

#### 3.3.2 Bahnhofbrücke

Die Bahnhofbrücke (Gesamtstützweite:  $49 \text{ m} + 47 \text{ m} + 63 \text{ m} + 64 \text{ m} + 50 \text{ m} = 273 \text{ m}$  in RiFa D'dorf) ist nach dem darunterliegenden Güterbahnhof Ruhort benannt, der maßgeblich Entwurf und Bau beeinflusst. Die Gradiente der A 59 wird in diesem Abschnitt durch die vorgegebene lichte Höhe der Bahnanlagen und die nahe Anschlussstelle Ruhort bestimmt, zu der die Trasse abfallen muss.

Daher war die Bauhöhe begrenzt und große Spannweiten nicht möglich. Es ergeben sich zwei Pfeilerachsen zwischen den Gleisen. Die komplexe Gleisharfe mit zahlreichen Weichen kreuzt die A 59 teils sehr schief – mit Stützachsen bis zu  $56^\circ$  Schiefe (Bild 11).

Um den für den Duisburger Hafen wirtschaftlich wichtigen Bahnbetrieb möglichst wenig zu stören, wird der Überbau der Bahnhofbrücke von Norden über das Gleisfeld verschoben. Dabei sind Verformungen und Zwänge im Trägerrost der drei Hohlkästen und Querträger besonders zu beachten – v. a. durch den Längsverschub über schräg stehende Zwischenpfeiler.



**Bild 11** Grundriss Bahnhofbrücke; (Quelle: INGE A59)  
Plan view of the Bahnhofbrücke

Der südliche Teil der Brücke wird über die dort verlaufenden Verkehrswege eingehoben. Die anschließende Stadtparkbrücke überschneidet sich mit der Taktanlage der Bahnhofbrücke und muss konstruktiv sowie zeitlich darauf Rücksicht nehmen.

Um spätere Betriebseinschränkungen durch Korrosionsschutz zu vermeiden, wird der Stahlbau aus witterfestem Stahl gefertigt.

### 3.3.3 Hafenbeckenbrücke

Südlich schließt die Hafenbeckenbrücke an (Gesamtstützweite:  $104\text{ m} + 136\text{ m} + 112\text{ m} = 352\text{ m}$  in RiFa D'dorf). Sie besteht – wie im Bestand – aus drei Feldern, mit einem 136 m-Mittelfeld über das Hafenbecken C. Die Pfeileranordnung richtet sich nach den angrenzenden Industriebetrieben.

Um die sensible Uferbefestigung nicht zu beeinträchtigen, wurde ein Mittelpfeiler hinter die Verankerung, der gegenüberliegende ins Hafenbecken vor die südliche Uferlinie gesetzt. Die Beeinträchtigung des Schiffsverkehrs ist laut Betreiber Duisport vertretbar.

Zur Herstellung der Pfeilerachse wird eine Rampe ins Hafenbecken gebaut, die auch dauerhaft für Wartungs-zwecke bleibt. Die Zufahrt erfolgt über Industriegelände Dritter und ein Betriebsgleis, zusätzlich ist eine wassersei-tige Andienung möglich.

Die Randfelder werden auf Hilfsjochen eingehoben. Das große Mittelfeld wird mit drei rund 100 m langen Stahl-kästen geschlossen, die einzeln eingeschwommen und per Litzenhebern eingehoben werden. Zum Mittelpfeiler hin ist der Überbau parabelförmig gevoutet.

### 3.3.4 Schleusenbrücke

Die Schleusenbrücke (Gesamtstützweite:  $70\text{ m} + 87\text{ m} + 83\text{ m} + 83\text{ m} + 99\text{ m} + 86\text{ m} = 508\text{ m}$  in RiFa D'dorf) ist der

längste Einzelabschnitt der neuen Berliner Brücke. Sie überquert Industrieflächen, Verkehrswege (Straße und Bahn) sowie den Rhein-Herne-Kanal mit der Schleusenanlage Meiderich.

Die Schleusenanlage wurde nach dem Bau der alten Brücke verlegt, sodass alte und neue Pfeiler nun unmittelbar an der Schleusenzufahrt zwischen Einlauf- und Wartebecken stehen. Daraus ergibt sich eine Inselbaustelle für den Pfeiler, die so gestaltet wird, dass die Überbauteile dort per Schwerlastkran von unten montiert werden können. Die Mittelteile über dem Wasser werden – wie bei der Hafenbeckenbrücke – eingeschwommen und eingehoben.

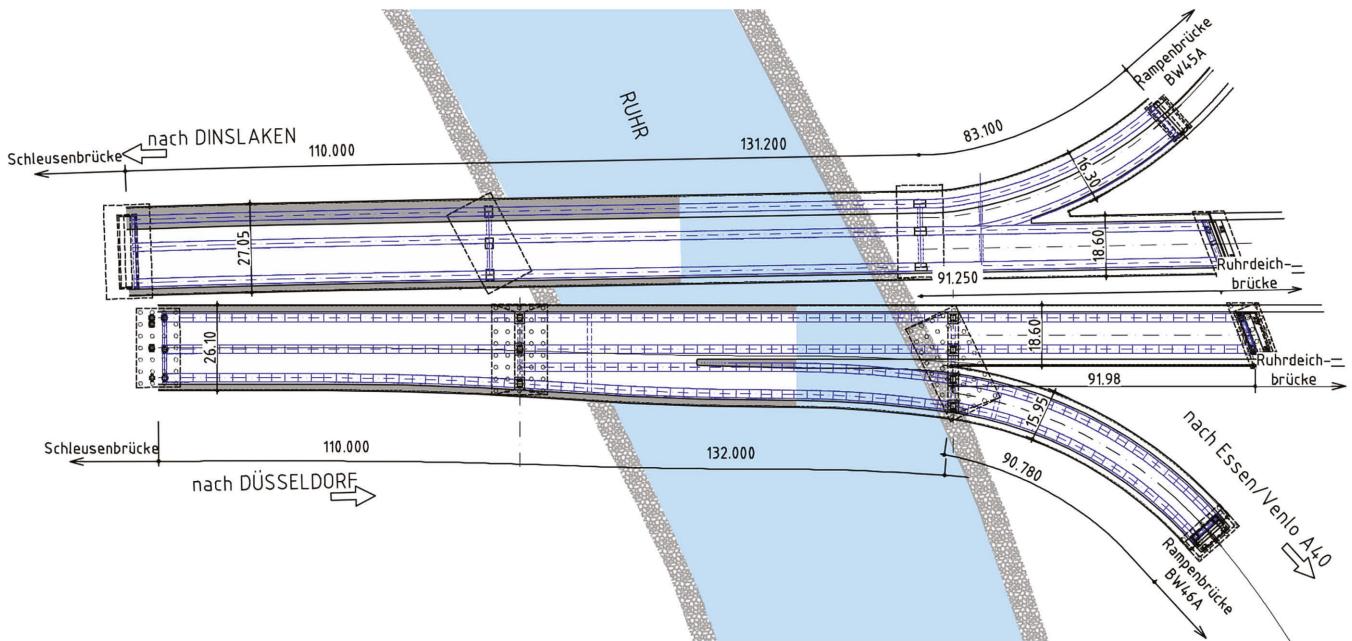
In diesem Bereich weitet sich die RiFa D'dorf um einen fünften Fahrstreifen (3,75 m) auf. Die Hauptträger verlaufen daher nicht parallel, sondern mit variablen Abständen in Längsrichtung. So können die Mittelfelder der Fahrbahnplatte aufgenommen werden, während die Kragplatten eine konstante Querschnittsgeometrie behalten – sie werden per Systemschalung in Ortbeton hergestellt.

Der Querschnitt entspricht dem der Bahnhofbrücke: Hohlkästen konstanter Höhe, ohne Vouten. Auf der Baustelle sind dadurch nur Querstöße zwischen den Fertigungsschüssen herzustellen.

### 3.3.5 Ruhrbrücke

Die Ruhrbrücke – viertes Element der Stahlverbund-Brückenfamilie – hat eine Gesamtstützweite von  $108\text{ m} + 132\text{ m} + 90\text{ m} = 330\text{ m}$  in RiFa D'dorf. Sie ähnelt im Aufbau der Hafenbeckenbrücke: vergleichbare Mittelfeldlänge, parabelförmig gevoutet zum Mittelpfeiler, und gestalterische Anlehnung an das Bestandsbauwerk.

Gleichzeitig hat sie eine besondere Eigenschaft: Aufgrund der Nähe zum AK Duisburg müssen bereits hier die Rampenabsprünge aufgenommen werden. Die Rampen verlaufen in großen Radien, um die geforderte Leistungsfähigkeit zu gewährleisten, und reichen weit in die



**Bild 12** Grundriss Ruhrbrücke (Quelle: INGE A59)  
Plan view of the Ruhr Bridge

Ruhrbrücke hinein. Daraus ergibt sich ein aufgegabeltes Tragwerk.

Diese spezielle Grundrissform in Kombination mit großen Spannweiten über Ruhr und Landschaftsschutzgebiet sowie einem besonders breiten Querschnitt (allein eines des westlichen Teilbauwerks an der Absprungwurzel: ca. 35,5 m) macht die Ruhrbrücke einzigartig im mitteleuropäischen Raum (Bild 12).

Im Norden der RiFa D'dorf verlaufen fünf Fahrstreifen plus Standstreifen. Am südlichen Ende werden drei Fahrstreifen mit Standstreifen durch das AK Duisburg geführt, zwei weitere Fahrstreifen mit Standstreifen zweigen seitlich ab. Diese werden im anschließenden Rampenbauwerk um einen weiteren Fahrstreifen ergänzt – für zwei Fahrstreifen Richtung Essen und einen nach Venlo. Die RiFa Dinslaken erhält eine vergleichbare Gabelung.

Die Gabelung entsteht, indem zum dreistegigen Haupttragwerk ein vierter Hohlkasten eingefädelt wird. Zur Krafteinleitung und Lastverteilung wird dieser bereits am nördlichen Mittelpfeiler über zwei Querträger eingebunden – ohne Voute, mit geringerer Steifigkeit

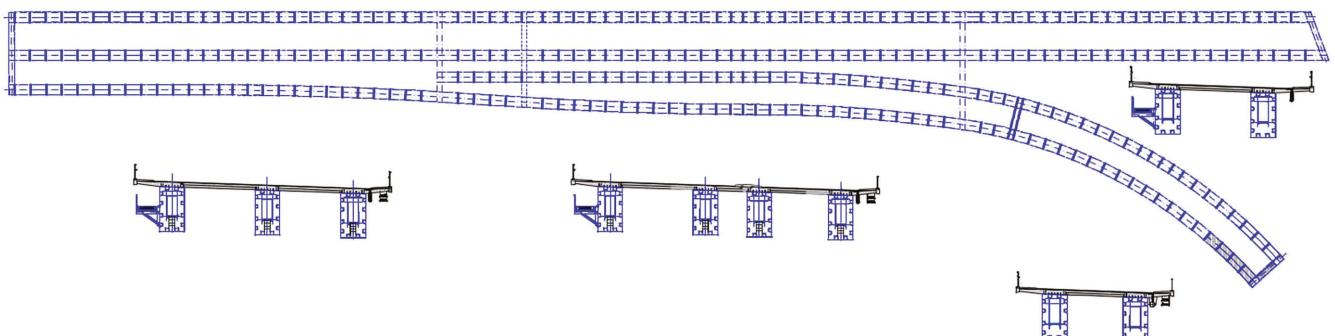
(Bilder 13, 14). Im Bereich der Aufteilung stehen dann für beide Abzweige jeweils zwei Hauptträger zur Verfügung.

### 3.3.6 Montagekonzept des Stahlbaus

Das Entwurfskonzept der Brückenfamilie gliedert den breiten Querschnitt in Stahlhohlkästen. Die Kastenabmessungen (max. 2,6 m breit) erlauben die werkseitige Vorfertigung und den Transport kompletter Hohlkastenschüsse zur Baustelle. Das statische System der Fahrbahnplatte als Zweifeldträger mit Kragarmen ist statisch unbestimmt und erfordert aufgrund der großen Querstützweiten Betondicken bis 45 cm, ohne zusätzliche Stahlquerträger oder Quervorspannung.

Die Hohlkastenelemente werden großformatig angeliefert. Das Baufeld an der schiffbaren Ruhr ermöglicht sowohl einen Schiffsanleger als auch die Anlieferung über das Straßennetz des Duisburger Hafens.

Die einzuschwimmenden Mittelteile der Hafenbecken-, Schleusen- und Ruhrbrücke (je ca. 100 m) sowie Teilstücke der gevouteten Bereiche werden dort vormontiert.



**Bild 13** Eingefädelter 4. Hauptträger der Ruhrbrücke (Quelle: INGE A59)  
Inserted 4th main girder of the Ruhr Bridge



**Bild 14** Visualisierung der Konstruktion Ruhrbrücke RiFa Düsseldorf mit Bestandsbrücke (Quelle: INGE A59)  
Visualization of the Ruhr Bridge

Alle übrigen Hohlkastenschüsse werden direkt in Endlage eingehoben.

Geometrische Engstellen im Hafenbereich – etwa Unterführungen, Brücken und Schleusen – sind im Montagekonzept der Entwurfsplanung berücksichtigt.

### 3.4 Weitere Einzelbauwerke der Berliner Brücke

Die vier Hauptbauwerke der Berliner Brücke werden im Norden durch die Stadtparkbrücke ergänzt (Gesamtstützweite:  $26\text{ m} + 9 \times 30,5\text{ m} + 26\text{ m} \approx 330\text{ m}$ ). Sie ist als vorgespannter Plattenbalken mit drei bzw. vier Längsträgern und indirekter Lagerung geplant. Um die Anzahl der Stützen zu reduzieren, sind auch die Querträger vorgespannt. Eine Besonderheit ist die beidseitige Lärmschutzwand mit 6,5 m Höhe, die sich auf angrenzende Bauwerke fortsetzt.

Im Süden folgen entlang der A 59 die Ruhrdeichbrücke (Stützweite:  $2 \times 25\text{ m}$ ) und die Rampenbauwerke als vorgespannte Tragwerke (s. Abschn. 3.1).

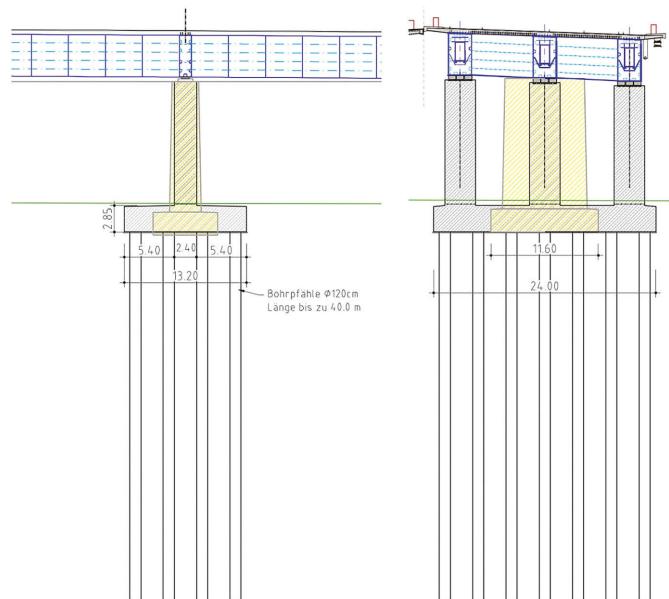
Das Bauwerk BW 46A ist – wie die Ruhrbrücke – aufgegabelt in Richtung Essen und Venlo. Der Querschnitt ist entsprechend nicht konstant: Er beginnt als zweistegiger Plattenbalken, geht in eine durchgehende Platte über und verzweigt sich schließlich in zwei separate Querschnitte mit zwei bzw. einem Steg.

Diese insgesamt neun Bauwerke bilden die neue Berliner Brücke. Mit über 2,1 km Länge und mehr als  $100.000\text{ m}^2$  Fläche (10 ha) zählt sie zu den größten Brücken Deutschlands.

### 3.5 Gründung

Die Bauwerke der neuen Berliner Brücke werden durchgehend tiefgegründet – überwiegend auf Gruppen von Großbohrpfählen mit 120 cm Durchmesser. Das Bestandsbauwerk ist nur in wenigen Achsen tiefgegründet; in den 1960er Jahren kamen sonst Flachgründungen in tiefer Lage zum Einsatz (Bild 15).

Die Abweichung zur Gründung des Bestandsbauwerks hat mehrere Gründe:



**Bild 15** Gründungsvergleich: Bestand und Entwurf bei Achse 210 im Bereich der Schleusenbrücke (Quelle: INGE A59)  
Foundation comparison: existing vs. design at axis 210 in the area of the Schleusenbrücke

- Aktuelle Normen und Regelwerke fordern deutlich höhere Lastannahmen – bedingt durch gestiegene Verkehrslasten und das höhere Eigengewicht heutiger Bauwerke.
- In den 1960er Jahren musste der Brückenzug auf große, gleichzeitige Setzungen reagieren. Die Bauwerke wurden entsprechend flexibel geplant, sodass optimistische Bodenwiderstände angesetzt werden konnten.
- Auch auf der Widerstandsseite verlangen heutige Regelwerke robustere und langlebigere Konstruktionen.

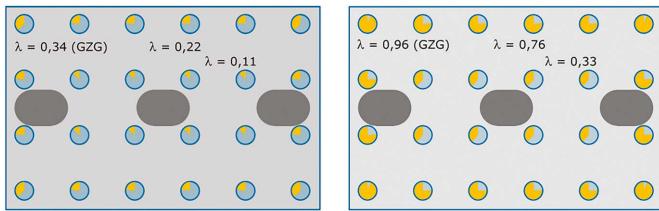
Vertiefte geotechnische Untersuchungen im Entwurf bestätigten: Flachgründungen sind bei den hohen Flächenlasten und tief liegenden tragfähigen Schichten nicht wirtschaftlich – daher die Entscheidung für Pfahlgründungen.

Für Großbohrpfähle in Gruppen gelten laut EAP (Empfehlungen des Arbeitskreises für Pfähle) [3] Abminde rungen der Tragfähigkeit. Diese entstehen durch die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Pfähle. In diesem Projekt mussten Innenpfähle im Gebrauchszustand auf bis zu 10 % der Einzelpfahltragfähigkeit abgemindert werden.

Zur Optimierung wurden Erkenntnisse aus dem benachbarten Projekt AK Kaiserberg herangezogen, das vergleichbare Baugrundverhältnisse aufweist. Die dortigen Pfahlprobefestigungen dienten als Anhaltspunkt. Darauf aufbauend simulierte der Projektbodengutachter die reale Belastungssituation in einer 3D-Pfahlgruppensimulation.

Diese Ergebnisse flossen direkt in die Bemessung ein – und ermöglichen eine Erhöhung der Pfahltragfähigkeit um das bis zu Dreifache (Bild 16).

Ein weiterer Optimierungsschritt erfolgt im Rahmen der Ausführungsplanung: Parallel zur Bauausschreibung



**Bild 16** Pfahlgruppenwirkung: Abminderungen nach EAP und infolge 3D-Simulation (Quelle: INGE A59)  
Pile group effect: reductions according to EAP and based on 3D simulation

werden derzeit Pfahlprobelastungen im Nahbereich der Berliner Brücke durchgeführt. Ziel ist es, daraus weitere Verbesserungen für Anzahl und Länge der Pfähle abzuleiten. Die Ergebnisse stehen rechtzeitig für die Entwurfsplanung der Bauwerke in RiFa Dinslaken zur Verfügung.

Diese Vorgehensweise verfolgt zwei zentrale Ziele: Zum einen den zügigen Baubeginn für das Ersatzbauwerk in Fahrtrichtung Düsseldorf, zum anderen die Reduktion von Baukosten, Bauzeit und Ressourceneinsatz.

### 3.6 Kontextbauwerke

Der Ersatzneubau der Brücke muss bis Ende 2029 in Betrieb gehen, da der Bestand seine Nutzungsdauer erreicht. Diese Inbetriebnahme ist jedoch nur mit dem umfassenden Umbau des Autobahnknotens AK Duisburg möglich.

Dazu sind in diesem Bereich weitere Bauwerke erforderlich – darunter ein Kreuzungsbauwerk, die Verbreiterung der südlich anschließenden Hafenbahnbrücke, ein Überflieger im Osten sowie mehrere kleinere Brücken.

## 4 Ausblick

### 4.1 Bauabschnitte

Das Gesamtprojekt umfasst den 6-streifigen Ausbau eines 6,8 km langen Abschnitts der A 59 sowie von Teilabschnitten der A 42 (2,2 km) und A 40 (1,8 km).

Zur Umsetzung wird das Projekt in mehrere Hauptbaulose (HBL) gegliedert. Den Auftakt bildet der Südabschnitt:

- HBL 01: Neubau der Berliner Brücke in Fahrtrichtung Düsseldorf

### Literatur

- [1] Stadt Duisburg (1963) *Die Berliner Brücke*. Duisburg: Carl Lange.
- [2] Bolle, A. (1969) *Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft*. Berlin: Springer.

- HBL 02: Anschlussarbeiten an Autobahnkreuz und Anschlussstelle

Parallel starten erste Maßnahmen in den Abschnitten Mitte und Nord. Der Rückbau und Neubau der Berliner Brücke in Fahrtrichtung Dinslaken folgen in einem späteren Baulos.

Jeder Abschnitt bringt eigene Herausforderungen mit sich, z. B.:

- Rückbau der Berliner Brücke im innerstädtischen Raum
- Behelfsbrücken in Meiderich sowie Abbruch und Neubau der Hochstraße in dichter Bebauung
- Umbau des Autobahnkreuzes Duisburg-Nord (A 59/A 40)

### 4.2 Bauausschreibungen

Die Berliner Brücke erreicht 2029 das Ende ihrer Nutzungsdauer. Aufgrund der verkehrlichen Bedeutung der A 59 besteht dringender Handlungsbedarf – das Projekt ist hoch priorisiert, der Zeitdruck entsprechend groß.

Um den ambitionierten Zeitplan zu halten, wurde ein unkonventioneller Weg gewählt: Bereits Anfang 2024 informierte der Bauherr die Bauwirtschaft im Rahmen einer großen Infoveranstaltung – noch vor dem Erörterungstermin im Planfeststellungsverfahren. Planer und Bauherr standen vor Ort für Austausch, Inhalte und Fragen zur Verfügung.

Ziel war es, potenziellen Auftragnehmern frühzeitig Einblick zu geben – zur Bildung von Arbeitsgemeinschaften, zur Sicherung von Kapazitäten und zur unverbindlichen Vorbereitung auf die Ausschreibung. Das Interesse war durchweg hoch.

Ein weiterer Baustein zur Termsicherung ist die geplante Bonusregelung im Bauvertrag.

### 4.3 Weitere Abschnitte

Auch die nördlich anschließenden Abschnitte stehen unter erheblichem Zeitdruck. Mehrere Bauwerke entlang der A 59 erreichen Anfang der 2030er Jahre das Ende ihrer Nutzungsdauer.

Dementsprechend ist – wie im vorgestellten Abschnitt – auch hier mit anspruchsvollen und zeitkritischen Bauaufgaben zu rechnen.

[3] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2012) *EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“*. Berlin: Ernst & Sohn.

**Autor:innen**

Dipl.-Ing. Moritz Menge (Korrespondenzautor:in)

moritz.menge@schimetta.at

Schimetta Consult ZT GmbH

Landwiedstraße 23

4020 Linz

Österreich

Dipl.-Ing. Michael Arminger

michael.arminger@schimetta.at

Schimetta Consult ZT GmbH

Landwiedstraße 23

4020 Linz

Österreich

Dipl.-Ing. Jiri Antos

jiri.antos@schimetta.at

Schimetta Consult ZT GmbH

Landwiedstraße 23

4020 Linz

Österreich

Dipl.-Ing. Dr. Paul Kugler

paul.kugler@schimetta.at

Schimetta Consult ZT GmbH

Landwiedstraße 23

4020 Linz

Österreich

**Zitieren Sie diesen Beitrag**

Menge, M.; Arminger, M.; Antos, J.; Kugler, P. (2025) *Neue Berliner Brücke in Duisburg auf der BAB 59*. Bautechnik 102, H. 7, S. 390–400.

<https://doi.org/10.1002/bate.202500039>



**MANAGEMENT  
FORUM  
STARNBERG**

# Brückenbautage

Konferenz Brückenbau und Verkehrsinfrastruktur

11./12. November 2025 in Halle (Saale)

**MIT BESICHTIGUNGEN**  
SAALEQUERUNG SALZMÜNDE  
ELISABETHBRÜCKE HALLE (SAALE)

©sbp Andreas Schnabel



Weitere Infos & Anmeldung unter:

[management-forum.de/bruecke](http://management-forum.de/bruecke)

T: +49 8151 2719-0 · [info@management-forum.de](mailto:info@management-forum.de)

In Kooperation mit

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand

## Aus dem Inhalt

Prof. Peter Mark erhält Ehrenprofessur von Uni Skopje .....	401
Eberhard Pelke 70 Jahre .....	401
Tallinns kreative Küste & historische Kulissen .....	402
Neue Ausstellung „Holzwerkstoffe und Massivholz“ im UNESCO-Welterbe Fagus-Werk eröffnet .....	403
Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS 19103 und Erweiterung für durchlaufende Systeme.....	404

## PERSÖNLICHES

### Prof. Peter Mark erhält Ehrenprofessur von Uni Skopje

Die Uni Skopje hat Prof. Dr. Peter Mark von der Ruhr-Universität Bochum mit dem Titel eines Ehrenprofessors ausgezeichnet – eine Auszeichnung, die herausragenden Persönlichkeiten aus dem In- und Ausland verliehen wird, die durch ihre wissenschaftliche, fachliche oder gesellschaftliche Tätigkeit einen außergewöhnlichen Beitrag zur Entwicklung der Wissenschaft, der Bildung oder zur Förderung der Zusammenarbeit mit der Universität geleistet haben.

„Die Auszeichnung, die wir Ihnen heute verleihen, ist das Ergebnis Ihrer Hingabe, Ihres Wissens und Ihrer harten Arbeit, die Sie in die Entwicklung der akademischen und wissenschaftlichen Gemeinschaft investiert haben. Ihre Zusammenarbeit mit der Universität Hl. Kyrill und Method in Skopje ist ein Beispiel dafür, wie der internationale Austausch von Wissen und Erfahrungen dauerhafte und fruchtbare Partnerschaften schaffen kann. Mit dieser Auszeichnung würdigen wir nicht nur Ihre Leistungen, sondern bekräftigen auch unser Engagement für den weiteren Brückenbau zwischen Universitäten, um junge Forscherinnen und Forscher sowie Studierende zu neuen Errungenschaften



Rektorin der Universität, Biljana Angelova (rechts), verlieh die Ehrenprofessorwürde an Peter Mark

und Innovationen zu ermutigen“, betonte Rektorin Angelova bei der Verleihung der Auszeichnung.

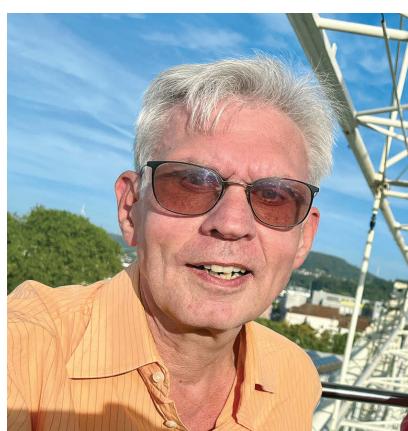
„Unsere Zusammenarbeit hat mich gelehrt, dass Vertrauen keine Grenzen kennt – es braucht Aufmerksamkeit, Fürsorge und Geduld, und am Ende hat man die Möglichkeit, wahre Freunde fürs Leben zu gewinnen“, sagte Prof. Mark in seinem Dankeswort.

Die Verleihung des Titels fand im Rahmen der Feierlichkeiten zum 76. Gründungsjubiläum und des Patronatsfests – dem Tag der Heiligen Kyrill und Method – statt.

Weitere Informationen: <https://ukim.edu.mk/en/ukim-go-odlikuva-germanskiot-profesor-piter-mark-so-zvaneto-pochesen-profesor>

## PERSÖNLICHES

### Eberhard Pelke 70 Jahre



Am 26. Mai 2025 vollendete Eberhard Pelke in Mainz sein 70. Lebensjahr. Vor 10 Jahren publizierte die Zeitschrift „Stahlbau“ die Laudatio zum 60. Geburtstag [1]. Deshalb konzentrieren sich die nachfolgenden Zeilen auf das Ingenieurschaffen Eberhard Pelkes im letzten Dezennium.

Eberhard Pelke leitete zuletzt das Dezernat „Ingenieurbauwerke“ von Hessen Mobil und trat am 1. März 2021 in den Ruhestand. Für Hessen Mobil organisierte er u. a. das Zusammenspiel zwischen Bauverwaltung, Ingenieurbüros und

Wissenschaft mit großem Erfolg. Davon zeugt beispielsweise das UHFB-Projekt (Ultra-Hochleistungs-Faserbeton) der Überführung der L 3378 bei Lehnerz im Zuge der B 27 bei Fulda [2], das er und seine Mitstreiterinnen und Mitstreiter mithilfe des Know-hows von Prof. Eugen Brühwiler (ETH Lausanne) 2017 realisierten konnte. Für den Spannungsrißnachweis von spannungsrißgefährdeten Bauwerken mit vergüteten Spannstählen übernahm der Jubilar 2019 erfolgreich das von Tim Rauert und Gerhard Zehetmaier (beide WTM Engineers) geschaffene

stochastische Nachweisverfahren für seinen Verantwortungsbereich. Beim zentralen Bauwerk des Westkreuzes Frankfurt/Main setzte sich Eberhard Pelke für die Ertüchtigung mithilfe des Carbonbetons [3] ein.

Bei der Erfassung der Ermüdung von direkt befahrenen Bauteilen von Stahlbrücken verließ sich Eberhard Pelke nicht nur auf numerische Ingenieurmethoden, sondern nutzte auch Monitoringverfahren zur Kontrolle von Anriss und Rissfortschritt. Mit Prof. Karsten Geißler (TU Berlin) konnte Hessen Mobil durch eine messwertkalibrierte Tragwerksanalyse einen Klassiker der Hochmoderne, die Kaiserleibrücke im Zuge der A 661, ohne Abzug am Verkehrswert retten [4]. Auch bei der Ertüchtigung der Talbrücke Bergshausen (A 44) und deren Stahlfachwerk mit aufliegender orthotroper Fahrbahn arbeitete Hessen Mobil vertreten durch Eberhard Pelke mit Prof. Geißler zusammen. Die Verstärkung wurde entworfen, berechnet und konstruiert von der Ingenieurgruppe Bauen um Martin Rudolf und WTM Engineers um Tim Rauert. Der Einzug einer Unterspannung dürfte in Deutschland wohl einmalig sein. Dabei wurden die Einwirkungen auf das Bauwerk von Prof. Ursula Freudent und Sebastian Böning auf das erforderliche Maß reduziert.

Die Liste der von Eberhard Pelke betreuten innovativen Projekte – insbesondere im Bereich der Ertüchtigung von Brückenbauwerken – ließe sich fortsetzen. Vorzüglich verstand er es, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Beratern und Ingenieuren und Bauverwaltung so zu organisieren, dass die Qualität der Infrastruktursysteme seines Landes nicht nur erhalten und weiter gesteigert wurde, sondern auch der historische Eigenwert des jeweiligen Ingenieurbauwerks zur Sprache kam. Dabei spielte die Bautechnikgeschichte für Eberhard Pelke eine tragende Rolle und hatte für Hessen Mobil einen großen Benefit: Recherche, Bewertung alter Bau-

konstruktionen sind für ihn Grundlage einer erfolgreichen Nachrechnung und Ertüchtigung. Eberhard Pelke ist überzeugt, dass neben dem Bauwerkszustand, die Kenntnis der Entwicklungsgeschichte von Baukonstruktionen unerlässlich für eine erfolgreiche Verwaltung des Anlagevermögens ist. Seit gut zwei Dezennien trägt Eberhard Pelke nicht nur auf nationaler, sondern auch auf internationaler Ebene zur Historiografie der Bautechnik bei. So trug er seit Etablierung der im dreijährigen Rhythmus stattfindenden International Congress on Construction History im Jahre 2003 seine Erkenntnisse vor. Gemeinsam mit Eugen Brühwiler baute Eberhard Pelke die Working Group „Construction History“ der International Association of Bridge and Structural Engineering (IABSE) auf, deren Ergebnisse beide 2017 editierten [5]. Für die Zeitschrift „Structural Engineering International“ der IABSE reichte er erfolgreich einen Aufsatz über den Stahlbauer und Mitbegründer der IABSE, Friedrich Bleich (1878–1950), ein.

Als erstrangige Leistung der Historiografie der Bautechnik kann sein Aufsatz über den Zusammenhang der Erhaltung von Bestandsbrücken mit der Bautechnikgeschichte in der Zeitschrift „Bautechnik“ [6] gelten. Neuland in der Bautechnikgeschichte betrat er mit seiner 2021/2022 in „Stahlbau“ publizierten fünfteiligen Aufsatzerie über die Geschichte der Montage von Stahlbrücken, die er mit dem Unterzeichner erarbeitete. So hat sich Eberhard Pelke auf nationaler und internationaler Ebene auch auf dem Gebiet der Bautechnikgeschichte ein hohes Ansehen erarbeitet.

Eberhard Pelkes fachpublizistisches Œuvre umfasst über 100 Titel, davon entfallen auf das letzte Dekennium ein gutes Drittel. Hinzu kommen zahlreiche Vorträge sowie Rezensionen in den Zeitschriften „Stahlbau“, „Beton- und Stahlbetonbau“ und „Bautechnik“. Der Laudator ist sich sicher, dass viele weitere Publikationen

folgen werden. Seine Fachaufsätze weisen ihn als tiefen Kenner der Bauingenieurliteratur gerade in ihrer historischen Dimension aus.

Der Unterzeichner wünscht dem Jubilar, seiner Frau Heike sowie Tochter und Sohn alles Gute: Glück und Gesundheit.

## Literatur

- [1] Kurrer, K.-E. (2015) *Eberhard Pelke 60 Jahre*. Stahlbau 84, H. 8, S. 607-608. <https://doi.org/10.1002/stab.201590128>
- [2] Pelke, E.; Jaborek, A.; Berger, D.; Brühwiler, E. (2018) *Überführungsbauwerk der L3378 bei Fulda-Lehnerz – Erster Einsatz von UHFB in Deutschland im Straßenbrückenbau. Teil 1: Projektentwicklung und Baudurchführung*. Beton- und Stahlbetonbau 113, H. 11, S. 831-841. <https://doi.org/10.1002/best.201800050>
- [3] Steinbock, O.; Pelke, E.; Ost, O. (2021) *Carbonbeton – Eine neue Verstärkungsmaßnahme für Massivbrücken. Teil 1: Grundlagen und Hintergründe zum Pilotprojekt „Brücken über die Nidda im Zuge der BAB A 648*. Beton- und Stahlbetonbau 116, H. 2, S. 101-108. <https://doi.org/10.1002/best.202000094>
- [4] Pelke, E.; Berger, D.; Geißler, K.; Stein, R. (2020) *Bewertung der Trag- und Ermüdungssicherheit der Kaiserleibrücke über den Main – Beispiel einer konstruktiven Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie (NRR)*. Stahlbau 89, H. 9, S. 749-766. <https://doi.org/10.1002/stab.202000025>
- [5] Pelke, E.; Brühwiler, E. (Ed.) (2017) *Engineering History and Heritage Structures – Viewpoints and Approaches. Structural Engineering Documents 15*. Zürich: IABSE.
- [6] Pelke, E. (2024) *Bewertung und Ertüchtigung von Bestandsbrücken – Historische Skizzen und Erfahrungen mit dem hessischen Straßenbrückenzustand*. Bautechnik 101, H. 10, S. 568-581. <https://doi.org/10.1002/bate.202400031>

Karl-Eugen Kurrer

## NACHRICHTEN

### Tallinns kreative Küste & historische Kulissen: Architektur als Zeitreise erleben

Zwischen Ostsee, Industriehafen und Festungsmauern entfaltet sich in Tallinn ein Panorama der Baukunst: Von Zarenfestung zur sowjetmodernen Stadt, vom historischen Hafenkai bis zum kreativen Designviertel, Estlands Hauptstadt Tallinn begeistert mit einer beeindruckenden architektonischen Vielfalt. Ab 2025 bereichern thematische Stadtrundgänge das touristische Angebot und eröffnen spannende Einblicke in

Geschichte, Stadtentwicklung und kulturelle Identität. Wer Tallinn anhand seiner Gebäude erkundet, begibt sich auf eine Reise durch Epochen und Ideologien und hat Gelegenheit, einmal hinter die Fassade der typischen Sehenswürdigkeiten zu blicken.

Architektur wird hier zur Erzählform: mit kuratierten Touren, multimedialen Erlebnissen und Orten, an denen Geschichte

spürbar wird. Ob Architekturinteressierte, Kulturreisende oder neugierige Stadtentdecker, Tallinn inspiriert seine Besucher auf eine vielseitige Art und Weise.

Einer der eindrücklichsten Orte Tallinns ist die Patarei Seefestung. Ursprünglich im 19. Jahrhundert als militärische Verteidigungsanlage erbaut, war sie später eines der berüchtigtesten Gefängnisse des Baltikums.



Tallinn: Baukunst und Geschichte greifen ineinander



Noblessner: eine Mischung aus industrieller Geschichte und zukunftsweisender Architektur



Rotermann-Viertel: ehemalige Getreidespeicher und Industriegebäude wurden zu modernen Wohn- und Lebensräumen umgebaut

Heute ist das Gelände ein Mahnmal und zugleich ein faszinierendes Beispiel für neoklassizistische und funktionale Architektur. Die Führung kombiniert architektonische Analyse mit emotionalem Storytelling und bietet neue Perspektiven auf die dynamische Geschichte Estlands.

Nur wenige Gehminuten von Tallinns Altstadt entfernt und in unmittelbarer Nähe zum Flughafen liegt Noblessner, ein Paradebeispiel moderner Stadtentwicklung in Nordeuropa. Aus einer einst geheimen U-Boot-Werft ist heute ein lebendiges, zum Meer hin offenes Hafenviertel entstanden, das als eines der spannendsten urbanen Entwicklungsprojekte Nordeuropas gilt.

Noblessner beeindruckt mit einer einzigen Mischung aus industrieller Geschichte und zukunftsweisender Architektur. Historische Fabrikgebäude wurden behutsam restauriert und in Szene gesetzt, hochwertige Neubauten fügen sich harmonisch in das Stadtbild ein.

Kunstgalerien, trendige Restaurants, Designerläden und ein vielfältiges Kulturleben machen das Viertel zu einem Hotspot für Kreative, Architekturliebhaber und urbane Entdecker.

Ein Bummel durch Noblessner zeigt eindrücklich, wie alte Industriegeschichte und moderner Lebensstil zu einem zukunftsweisenden Stadtquartier verschmelzen können, das sich wohltuend, stilvoll und ganz nah am Wasser zeigt.

Mitten im Zentrum Tallinns liegt das Rotermann-Viertel, wo ehemalige Getreidespeicher und Industriegebäude zu modernen Wohn- und Lebensräumen umgebaut wurden. Mutige Kombinationen aus Alt und Neu schaffen hier faszinierende Stadtbilder. Geführte Touren vermitteln die Geschichte des Quartiers, das heute als eines der markantesten Beispiele für urbane Erneuerung gilt.

Spektakulär und kontrovers – so präsentiert sich Tallinns sowjetische Architektur. Die

Tour „Masterpieces of Soviet Architecture“ zeigt brutalistische Monuments wie das Linnahall oder Lasnamägi, einst Wohnmaschine, heute Kultobjekt. Filmfans kennen viele dieser Orte aus Christopher Nolans „Tenet“, dessen Szenen in Tallinn gedreht wurden. Eine spannende Rundtour verbindet visuelle Ästhetik, Filmgeschichte und Architekturkritik auf faszinierende Weise.

Ob beim Streifzug durch Zarenarchitektur, zwischen Speicherhallen oder unter Betonkolosse der Moderne: Tallinn bietet mehr als eine schöne Altstadt. Die Touren machen sichtbar, wie Baukunst und Geschichte ineinander greifen und wie Orte ihre Identität schaffen. Mit fachlich fundierten Führungen, audiovisuellen Formaten und individuellen Routen lädt Tallinn ein, Kultur, Architektur und gewohnte Stadtbilder neu zu entdecken.

Weitere Informationen:  
<https://estonianarchitecture.com/tuurid>  
[www.visitestonia.com](http://www.visitestonia.com)

## NACHRICHTEN

# Neue Ausstellung „Holzwerkstoffe und Massivholz“ im UNESCO-Welterbe Fagus-Werk eröffnet



Mit einer feierlichen Abendveranstaltung wurde am 27. Mai 2025 die neu konzipierte Ausstellungsetage N4 im UNESCO-Welterbe Fagus-Werk in Alfeld eröffnet. Unter dem Titel „Holzwerkstoffe und Massivholz“ erwartet Besucherinnen und Besucher ein faszinierender Wissens- und Inspirationsort rund um die nachhaltige Nutzung des Rohstoffs Holz – modern, interaktiv und zukunftsorientiert.

Ein Highlight der neugestalteten Etage ist die multimediale Einbindung der Videoreportage „Holz mehrfach verwenden – Kaskadennutzung von Holz“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), die in Zusammenarbeit mit der Charta für Holz 2.0 entstanden ist. Ergänzt durch

anschauliche Infografiken zur Kreislaufwirtschaft, veranschaulicht die Reportage eindrucksvoll, wie Holz mehrfach stofflich genutzt werden kann – ein wegweisendes Prinzip für mehr Klimaschutz und Ressourcenschonung.

Gestaltet wurde die neue Ausstellung von der Agentur ö\_konzept aus Zwickau in enger Zusammenarbeit mit der Firma Egger. Das Herzstück: Eine zentrale Achse, die den Weg vom verunreinigten Holzspan bis zur fertigen Spanplatte symbolisiert – ein spannender Einblick in die Wertschöpfungskette moderner Holzverarbeitung.

Fünf Themenboxen machen die Vielfalt des Werkstoffs Holz greifbar. Sie bieten anschauliche Einblicke in:

- die nachhaltige Forstwirtschaft,
- moderne Pressentechnologien,
- den innovativen Holzbau,
- die Geschichte der Spanplatte
- und zukunftsweisende Recyclingverfahren.

Dank interaktiver Exponate, digitaler Medien und praxisnaher Beispiele wird der Besuch zur informativen Entdeckungsreise

– für Fachpublikum ebenso wie für interessierte Laien.

Die Ausstellung ist im Rahmen der regulären Öffnungszeiten des Fagus-Werks geöffnet und lädt dazu ein, die faszinierende Welt des Werkstoffs Holz zu entdecken. Sie bietet Einblicke in die nachhaltige Verarbeitung, die Vielseitigkeit und die Zukunft von Holzwerkstoffen.

Weitere Informationen: <https://news.fnr.de/fnr-pressemitteilung/neue-ausstellung-holzwerkstoffe-und-massivholz-im-unesco-welterbe-fagus-werk-eroeffnet>

## ERRATUM

## Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS 19103 und Erweiterung für durchlaufende Systeme

Der Beitrag „Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS 19103 und Erweiterung für durchlaufende Systeme“ von Mike Sieder und Jörg Schänzlin (Bautechnik 102 (2025), Sonderheft Holzbau, Ausgabe 1, S. 31–40. <https://doi.org/10.1002/bate.202400092>) bedarf einer Korrektur. Zwei weitere Autor:innen werden hinzugefügt:

Dipl.-Ing. Christian Kaluza  
c.kaluza@tu-braunschweig.de  
Technische Universität Braunschweig  
Institut für Baukonstruktion und Holzbau  
iBHolz  
Schleinitzstraße 21A, 38106 Braunschweig

Sebastian Krug, M.Eng.  
krug@hochschule-bc.de  
Hochschule Biberach, Institut für Holzbau  
Karlstr. 6-11, 88400 Biberach

## Kongresse – Symposien – Seminare – Messen

Änderungen vorbehalten – bitte beachten Sie die aktuellen Informationen der jeweiligen Veranstalter:innen.

Wien 16. September 2025	<b>Holzoberflächentag</b>	<a href="http://www.holzforschung.at/wissenstransfer/seminare">www.holzforschung.at/wissenstransfer/seminare</a>
Braunschweig 30. September–01. Oktober 2025	<b>Braunschweiger Brandschutz-Tage</b>	<a href="http://www.brandschutztage.info">www.brandschutztage.info</a>
Würzburg 07.–08. Oktober 2025	<b>Fachsektionstage Geotechnik</b>	<a href="http://www.fachsektionstage-geotechnik.com/index.php">www.fachsektionstage-geotechnik.com/index.php</a>
Salzburg 08.–10. Oktober 2025	<b>74. Geomechanik Kolloquium</b>	<a href="http://222.geomechanics-congress.com">222.geomechanics-congress.com</a>
Dresden 07. November 2025	<b>29. Dresdner Baustatik-Seminar</b>	<a href="https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/sdt/tagungen/dresdner-baustatik-seminar">https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/sdt/tagungen/dresdner-baustatik-seminar</a>
Halle (Saale) 11.–12. November 2025	<b>Brückenbautage</b> Konferenz Brückenbau und Verkehrsinfrastruktur	<a href="http://www.management-forum.de/events/fachkonferenz-brueckenbautage">www.management-forum.de/events/fachkonferenz-brueckenbautage</a>
Karlsruhe 12.–14. November	<b>Klimahouse Deutschland</b>	<a href="http://www.klimahouse-deutschland.de">www.klimahouse-deutschland.de</a>
Hamburg 27. November 2025	<b>7. Symposium Ingenieurbaukunst – Design for Construction</b>	<a href="http://www.ingd4c.org">www.ingd4c.org</a>
Hamburg 25.–27. November 2025	<b>STUVA-Expo 2025</b>	<a href="https://stuva-expo.de/start-stuva-expo-en-2025.html">https://stuva-expo.de/start-stuva-expo-en-2025.html</a>
Dresden 18.–19. März 2026	<b>35. Dresdner Brückenbausymposium (DBBS)</b> Call for papers: Abgabe 22. August 2025, Details auf der Homepage	<a href="https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/veranstaltungen/DBBS">https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/veranstaltungen/DBBS</a>

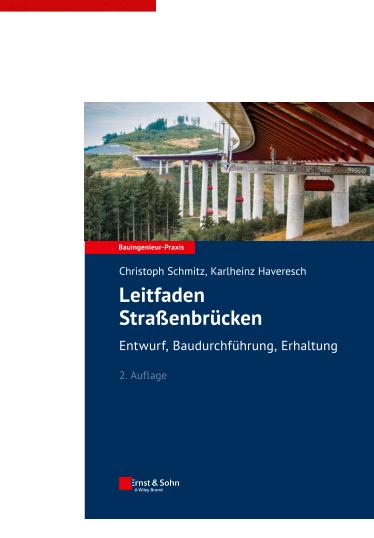
Christoph Schmitz, Karlheinz Haveresch

# Leitfaden Straßenbrücken

## Entwurf, Baudurchführung, Erhaltung

- das Buch liefert einen Überblick über das komplexe Regelwerk, das bei Entwurf Bauausführung und Erhaltung zu beachten ist
- es richtet sich an Straßenverwaltungen, Ingenieurbüros, Baufirmen und Prüfingenieur:innen

Das Buch ist ein praktischer Leitfaden für alle am Straßenbrückenbau Beteiligten. Die konstruktiven Forderungen der verschiedenen Vorschriften des BMDV wie Richtzeichnungen ZTVn usw. werden nach Bauteilen geordnet dargestellt. Dadurch bietet es einen umfassenden Überblick.



2. Auflage, 5 / 2025 · 800 Seiten ·  
350 Abbildungen · 120 Tabellen

Softcover

**ISBN 978-3-433-03189-6**

**€ 89\***



**BESTELLEN**  
[www.ernst-und-sohn.de/3189](http://www.ernst-und-sohn.de/3189)

Konrad Bergmeister

# Holistisches Chancen-Risiken-Management von Großprojekten

## Unbekanntes erkennen und handeln

- Risiken und Chancen bei Großprojekten systematisch erkennen und handeln
- wissenschaftlich basiert
- in der Praxis erprobt

Das Buch geht auf den Umgang mit unerwarteten Ereignissen wie Naturgefahren oder Schadensfällen bei Großprojekten ein und erläutert eine systematische, ganzheitliche Vorgehensweise zum Chancen-Risiken-Management.

*„Konrad Bergmeister hat wiederholt gezeigt, dass er Großprojekte meistern kann: Indem er Risiken früh erkennt, unkonventionelle Lösungen wagt und auch in schwierigen Situationen Führung zeigt. Seine Stärken sind perfektes Risikomanagement und die Gabe Herausforderungen anzunehmen.“*

REINHOLD MESSNER



2021 · 258 Seiten · 58 Abbildungen ·

30 Tabellen

Softcover

**ISBN 978-3-433-03330-2**    **€ 39.90\***

eBundle (Print + ePDF)

**ISBN 978-3-433-03331-9**    **€ 49.90\***

## BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236  
marketing@ernst-und-sohn.de  
[www.ernst-und-sohn.de/3330](http://www.ernst-und-sohn.de/3330)

\* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland. Inkl. MwSt.

## Impressum

**Bautechnik** – Fachzeitschrift für Entwurf und Konstruktion, Berechnung und Ausführung, Brücken- und Verkehrsbau, Ingenieurhoch-, Holz- und Mauerwerksbau, Grundbau, Wasserbau, Bauwerkserhaltung und Baukultur.

### Verlag

Ernst & Sohn GmbH  
Rotherstraße 21, D-10245 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 / 47031-200, Fax: +49 (0)30 / 47031-270  
info@ernst-und-sohn.de, www.ernst-und-sohn.de  
Amtsgericht Charlottenburg HRB 237294 B  
Geschäftsführung: Dr. Guido F. Herrmann, Franka Stürmer  
Steuernummer: 47020/34142, Umsatzsteueridentifikationsnummer: DE 813496225

**Verantwortlicher Chefredakteur** Dr.-Ing. Dirk Jesse  
Ernst & Sohn GmbH

Rotherstraße 21, D-10245 Berlin  
dirk.jesse@wiley.com

**Projektmanagerin** Sarah Bräunlich  
sarah.braeunlich@wiley.com

**Ehrenmitglied**  
Prof. Dr.-Ing. Fritz Gebauer M.S.

**Verantwortlicher Redakteur Produkte und Objekte** Fabian Hesse  
Ernst & Sohn GmbH (Adresse s. oben)  
presse@ernst-und-sohn.de

**Group Manager Ad Sales** Sigrid Elgner  
Tel.: +49 (0)30 / 47031-254  
Ernst & Sohn GmbH (Adresse s. oben)  
Verantwortliche i. S. d § 7 Abs. 2, S. 3 Berliner Pressegesetz  
sigrid.elgner@wiley.com

**Sonderdrucke** Janette Seifert  
Tel.: +49 (0)30 / 47031-292  
janette.seifert@wiley.com  
www.ernst-und-sohn.de/sonderdrucke

**Kunden-/Leserservice**  
Wiley-VCH Kundenservice für Ernst & Sohn  
Boschstr. 12, D-69469 Weinheim  
Tel.: +49 (0)8001800536 (innerhalb Deutschlands)  
+44 (0)1865476721 (außerhalb Deutschlands)  
Fax: +49 (0)6201606184

Schnelleinstieg: [www.wileycustomerhelp.com](http://www.wileycustomerhelp.com)  
Einzelheft-Verkauf: CS-Germany@wiley.com

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in einer von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk oder Fernsehsendung bleiben vorbehalten. Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder Gebrauchsnamen, die in der Zeitschrift veröffentlicht werden, sind nicht als frei im Sinne der Markenschutz- und Warenzeichen-Gesetze zu betrachten, auch wenn sie nicht eigens als geschützte Bezeichnungen gekennzeichnet sind.

Hinweise zur Einreichung von Manuskripten:  
[www.ernst-und-sohn.de/hinweise-für-zeitschriftenautorinnen-und-zeitschriftenautoren](http://www.ernst-und-sohn.de/hinweise-für-zeitschriftenautorinnen-und-zeitschriftenautoren)

### Aktuelle Bezugspreise

Die Zeitschrift „Bautechnik“ erscheint mit zwölf Ausgaben pro Jahr. Neben „Bautechnik print“ steht „Bautechnik online“ im PDF-Format über den Online-Dienst Wiley Online Library im Abonnement zur Verfügung.

Jahresabonnement (print)	Jahresabonnement (online)	Jahresabonnement (print + online)
705 €	705 €	882 €

Das Abonnement gilt zunächst für 12 Monate. Es kann jederzeit mit einer Frist von drei Monaten zum Ablauf des Bezugszeitraumes schriftlich gekündigt werden. Das Abonnement verlängert sich um ein weiteres Bezugsjahr ohne weitere schriftliche Mitteilung.

Spezielle Angebote und Probeheftanforderung unter [www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

Alle Preise sind Nettopreise. Die Preise sind gültig bis 31. August 2025. Irrtum und Änderungen vorbehalten. Studentenpreise, Staffelpreise, Mitgliederpreise und Preise in anderen Währungen auf Anfrage.

Bankverbindung: JP Morgan, Frankfurt, DE12501108006161517732, CHASDEFX

Bei Änderung der Anschrift eines Abonnenten sendet die Post die Lieferung nach und informiert den Verlag über die neue Anschrift. Wir weisen auf das dagegen bestehende Widerrufsrecht hin. Wenn der Bezieher nicht innerhalb von 2 Monaten widersprochen hat, wird Einverständnis mit dieser Vorgehensweise vorausgesetzt.

Bautechnik, 0932-8351, is published monthly. US mailing agent: SPP, PO Box 437, Emigsville, PA 17318. Periodicals postage paid at Emigsville PA.

Postmaster: Send all address changes to Bautechnik, John Wiley & Sons Inc., C/O The Sheridan Press, PO Box 465, Hanover, PA 17331.

Satz: Aptara, A-37, Sector-60, Noida, Uttar Pradesh - 201301, India  
Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Crimmitschauer Straße 43, D-08058 Zwickau

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

© 2025 Ernst & Sohn GmbH

### Beilagenhinweis:

Diese Ausgabe enthält folgende Beilagen:  
Ernst & Sohn GmbH, 10245 Berlin

## Chefredakteur



**Dr.-Ing. Dirk Jesse**  
Chefredakteur Bautechnik  
Verlag Ernst & Sohn  
Rotherstraße 21  
10245 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 / 47031-275  
Fax: +49 (0)30 / 47031-270  
dirk.jesse@wiley.com

## Fachbeirat



**Prof. Dr.-Ing. Jan Akkermann**  
KREBS+KIEFER  
Dorsch Gruppe  
Stephanienstr. 55  
76133 Karlsruhe  
Tel.: +49 (0)721 / 3508-1001  
akkermann.jan@kuk.de



**Prof. Dr.-Ing. Annette Bögle**  
Hafencity Universität Hamburg  
Henning-Voscherau-Platz 1  
20457 Hamburg  
Tel.: +49 (0)40 / 42827-5691  
annette.boegle@hcu-hamburg.de



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Conrad Boley**  
Universität der Bundeswehr München  
Institut für Bodenmechanik und Grundbau  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
85577 Neubiberg  
Tel.: +49 (0)89 / 6004-3476  
conrad.boley@unibw.de



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Achim Hettler**  
Ehemals TU-Dortmund,  
Lehrstuhl Baugrund-Grundbau  
Johann-Sebastian-Bach-Str. 9  
76437 Rastatt  
Tel.: +49 (0)7222 / 6160  
achim.hettler@tu-dortmund.de



**Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx**  
Technische Universität Dresden  
Institut für Massivbau  
01062 Dresden  
Tel.: +49 (0)351 / 463-35856  
steffen.marx1@tu-dresden.de



## Vorschau 8/25

**Zum Bild** Die Wiederverwendung von Betonelementen kann Treibhausgasemissionen und Abfall in der Bauindustrie erheblich reduzieren. Transportprozesse spielen dabei eine entscheidende Rolle für die Nachhaltigkeit. Ein simulationsbasiertes Prozessmodell optimiert daher Rückbau und Transport der Elemente und koppelt die Verteilung an Angebot und Nachfrage. Durch die Verknüpfung mit einer Nachhaltigkeitsanalyse werden ökologische Auswirkungen umfassend bewertet und berücksichtigt. Das Modell und die Bewertung werden in ein digitales Ökosystem integriert. Das Bild zeigt ein Beispiel für ein reelles Ökosystem für die Wiederverwendung von Betonbauteilen anhand des Ruhrgebiets. Weitere Informationen in dem Beitrag von Philipp Hagedorn et al.

Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Philipp Hagedorn, Annette Hafner, Nina Krautgartner, Markus Thewes, Markus König

### Prozessgesteuerte Nachhaltigkeitsbewertung der Wiederverwendung von Betonbauteilen im digitalen Ökosystem

Alexander Große-Kreul, David Sanio, Alfred Hypki, Bernd Kuhlenkoetter, Peter Mark

### Automatisierte Feinbearbeitung von Betonelementen für die modulare Wiederverwendung

Iurie Curosu, Daniel Balzani, Steffen Freitag, Ernst Niederleithinger, Gerrit Neu, Sven Simon, Sebastian Weber

### Methoden zur Bewertung abgebauter Stahlbetonelemente für deren Wiederverwendung

Lukas Brackmann, Michelle Treppmann, Sebastian Weber

### Charakterisierung des Betonstahls in Stahlbetonmodulen im Kontext der Wiederverwendung

Martin Rettinger et al.

### Design for Manufacturing and Assembly als Entwurfsprinzip für den modularen Betonfertigteilbau

David Sanio et al.

### Modulares Wiederverwenden von Bestandstragwerken

# Artikeldatenbank

- mehr als 31.000 Artikel aus allen Ernst & Sohn Zeitschriften
- zurück bis 1961
- einfache Recherche
- PDF-Download
- alle Ausgaben der Ernst & Sohn Sonderhefte



Ernst & Sohn  
A Wiley Brand



[www.ernst-und-sohn.de/  
artikeldatenbank](http://www.ernst-und-sohn.de/artikeldatenbank)

# Sonderdrucke - Ihre Publikation als Werbemittel

**Sonderdrucke sind für Unternehmen ein wertvolles Werbemedium.**

Mit der Veröffentlichung Ihres Fachbeitrages und einer zusätzlichen Verbreitung in Form von Sonderdrucken partizipieren Sie vom hohen Ansehen des Verlages Ernst & Sohn in der Zielgruppe. Nutzen Sie diese Möglichkeit als Imagetransfer für Ihr Unternehmen um die erarbeiteten Ergebnisse dem Markt und

- Ihren Geschäftspartnern
- Ihren Kunden
- Ihren Mitarbeitern

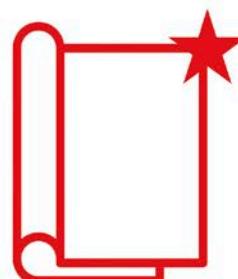
zugänglich zu machen.

## Wir fertigen für Sie Sonderdrucke:

- von Aufsätzen oder Berichten
- in Kombination mit passenden Produktseiten
- ergänzt mit eigenen Texten und Bildern
- aus unterschiedlichen Zeitschriften, zusammengefasst
- nach Thematik oder Projekt
- auch in ausschließlich **digitaler Version** als PDF
- zu den verschiedensten Anlässen:

Jubiläum, Firmenevent, Messe oder Kongress,  
als Festschrift im Buchformat

Gern kombinieren wir für Sie auch Beiträge aus unseren Büchern mit Zeitschriften. Die digitale Version für die Internetseite Ihrer Firma ist immer inklusive.



**KONTAKTIEREN SIE UNS**  
für individuelle Paketlösungen

Janette Seifert  
[reprints@ernst-und-sohn.de](mailto:reprints@ernst-und-sohn.de)  
+49 (0)30 47031-292

Weitere Informationen und  
Bestellvarianten unter  
[www.ernst-und-sohn.de/sonderdrucke](http://www.ernst-und-sohn.de/sonderdrucke)

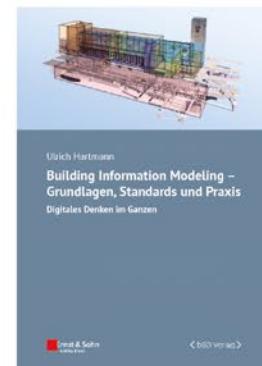
Ulrich Hartmann

# Building Information Modeling – Grundlagen, Standards, Praxis

Digitales Denken im Ganzen

- breite Übersicht zum Building Information Modeling
- Einführung in alle relevanten Normen
- praktischer Start aus Sicht wichtiger Gewerke

Durchgängiges Informations-Management beim Planen, Bauen und Betreiben ist der Grundgedanke von BIM und Digitalisierung. Mit technischen Grundlagen, aktuellen Normen und einem praktischen Einstieg aus unterschiedlichen Perspektiven gelingt allen Akteuren das digitale Miteinander.



2022 · 584 Seiten ·  
161 Abbildungen · 15 Tabellen

Softcover

**ISBN 978-3-433-03256-5**      € 89\*

eBundle (Softcover + ePDF)

**ISBN 978-3-433-03302-9**      € 115\*

## BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236  
[marketing@ernst-und-sohn.de](mailto:marketing@ernst-und-sohn.de)  
[www.ernst-und-sohn.de/3256](http://www.ernst-und-sohn.de/3256)