Historische Bahnbrücken aus Stahl: Erneuern oder erhalten?

CLARA JIVA SCHULTE

ABSTRACT

In the course of expanding its high-performance network, the German national rail corporation DB InfraGO AG is replacing numerous historic railway bridges as part of comprehensive general renovations. This is generally being justified using technical and economic arguments; the frequently-cited „end of technical service life" is often considered sufficient reason for a replacement construction.

Ecological and cultural aspects remain mostly secondary in this decision logic, despite climate protection debates and sustainability goals. The historic structures store significant amounts of embodied energy and represent structural innovations and engineering expertise, as well as qualities that shape the local landscape. Their wholesale replacement consequently leads not only to high emissions and resource consumption, but also to the loss of tangible and intangible values.

Against this backdrop, the research project presented in this essay develops a holistic evaluation methodology that systematically combines technical, economic, ecological, and cultural criteria. The results indicate that targeted refurbishment is often superior to replacement construction when considering expanded value criteria.

Neu schlägt alt?

Bis 2030 baut die DB InfraGO AG, eine Tochtergesellschaft der Deutschen Bahn, Teile ihres Streckennetzes zum Hochleistungsnetz aus. Im Zuge dieser sogenannten Generalsanierung werden somit 40 Strecken mit einer Länge von mehr als 4000 Kilometern fit für die Zukunft gemacht. Für die historischen Eisenbahnbrücken bedeutet dies in der Regel Abriss und Ersatz (Abb. 1). Das in diesem Zusammenhang oft betonte „Ende der technischen Nutzungsdauer" ist dabei kritisch zu hinterfragen. Denn die Qualität einer Brücke lässt sich kaum allein anhand ihres Alters feststellen. Bei der Bahn und anderen öffentlichen Bauträgern aber gilt häufig: Ist eine Brücke etwa 100 Jahre alt, erscheint ein Neubau im Hinblick auf Dauerhaftigkeit, Wartungsaufwand, Planungssicherheit und Baukosten jedem Erhalt fast selbstverständlich überlegen. Es greift ein überschaubares Wertesystem, dass sich auf den Grundsatz *Neu schlägt Alt* reduzieren lässt. Doch dieses Wertesystem ist längst überholt.

Das Kapital der grauen Energie

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts führte die industrielle Standardisierung der Wirtschaft zu zwei machtvollen Leitmotiven, die auch das Handeln der Bauschaffenden dominierten: Ökonomie und Technologie. Noch heute sind es vor allem technische und ökonomische Faktoren, die den Umgang mit historischen Eisenbahnbrücken bestimmen. Aspekte der Ökologie und Baukultur werden, wenn überhaupt, nur als Randnotiz beachtet und sind fast nie entscheidend. Dabei ist mittlerweile vor allem die Nachhaltigkeit zu einem neuen gesellschaftlichen Leitmotiv avanciert, das dem Bestehenden in Form der in ihm gespeicherten „grauen Energie" einen besonderen Wert zuschreibt.

Was für das Fahrrad, Kleidung oder andere alltägliche Gegenstände längst verinnerlicht ist, gilt umso mehr im Bauwesen. Der Sektor ist ein maßgeblicher Emittent von treibhausrelevanten Gasen, verbraucht enorme Mengen mineralischer Rohstoffe

Clara Jiva Schulte, Historische Bahnbrücke aus Stahl: Erneuern oder erhalten?, in: Svenja Hönig, Johanna Blokker (Hrsg.), Erhalten und Gestalten, Zum Verhältnis zwischen Denkmalpflege und Architektur, Heidelberg: arthistoricum.net 2026, S. 50-57, https://doi.org/10.11588/arthistoricum.1814.c27828

und verursacht weltweit annähernd die Hälfte des Abfalls. Deshalb wird Abbruch immer öfter kritisch hinterfragt[1]. So fordert z. B. die *Bundesstiftung Baukultur* in ihrem Baukulturbericht 2022/23 eine „Neue Umbaukultur“.[2] Auch die Vereine *Attitute Bulding Collective e.V.*[3] und die *Anti-Abriss-Allianz*[4] stellen Abrisse grundsätzlich in Frage.

Parallel dazu entwickelt die Forschung schon seit geraumer Zeit immer mehr klimafreundliche Baustoffe und Bauweisen. Zu diesen Baustoffen zählen beispielsweise Wasserstoff-Stahl sowie Hochleistungs-, Textil- und Carbonbeton.[5] Je weniger neues Material benötigt wird, um ein Bauwerk herzustellen, desto weniger Energie wird verbraucht und Abfall produziert. Zu Ende gedacht bedeutet das, dass der beste Neubau derjenige ist, der gar nicht erst gebaut wird.

Auch die oben beschriebene Entscheidungslogik ist nicht mehr zeitgemäß. Sie erschöpft sich in der Gegenüberstellung von Ersatzneubau und Erhalt. Dieses fest verankerte Schwarz-Weiß-Denken versperrt aber den Weg zu einer dritten Variante: der begrenzten Intervention durch passgenauen Austausch oder Ertüchtigung der wirklich problematischen Module eines Tragwerks – dem Weiterbauen (Abb. 2).[6,7,8] Eine Brücke als modulares System zu denken, das sich durch gezielte Anpassungen auf lange Sicht wieder fit machen lässt und damit selbst im Stahlbau einem Neubau in technischer Sicht in nichts nachsteht, fällt anscheinend vielen, hochmodern geprägten Ingenieur*innen schwer.

Dabei ist das Prinzip des Weiterbauens nicht neu, sondern gehört zur ureigenen Praxis des Bauens. Im Planungsalltag führen jedoch eine defizitäre Ausbildung hinsichtlich der Geschichte des

Abb. 1: Eine von vielen: Die bis 1908 errichtete Eisenbahnüberführung (EÜ) Augustusburger Straße wurde bis 2021 wie die meisten Brücken des Chemnitzer Bahnbogens durch einen Ersatzneubau ersetzt (Neubau 2016).

Bauingenieurwesens, seiner Konstruktionsarten und historischer Berechnungsmethoden in Verbindung mit hauptsächlich auf den Neubau ausgelegten Regelwerken und Finanzierungsbedingungen dazu, dass Narrative wie *alt = schlecht = unsicher* weiter tradiert werden. Auch der enorme Zeitdruck, unter dem die Planungen der Deutschen Bahn stehen, ist ein Grund dafür, dass das für ein zukunftsfähiges Weiterbauen notwendige Weiterdenken kaum realisiert wird.

Baukulturelle Qualitäten

Dieses Weiterdenken ist auch bei der Bewertung der baukulturellen Qualität erforderlich. Baukulturelle Werte in ihrer Vielschichtigkeit zu identifizieren, ist nicht so einfach. Sie stecken nicht nur in wenigen, besonders kühnen oder *schönen* Brücken

Abb. 2: Erhalt durch gezielte Intervention: Die in 1909 errichtete Murgbrücke bei Weisenbach an der Strecke Rastatt–Freudenstadt konnten trotz unzureichender Höhe für die Elektrifizierung durch lokale Eingriffe an den oberen Querträgern nach Planung der Ingenieurgruppe Bauen (IGB) erhalten werden (2001/2008).

wie der Müngstener Brücke oder der Rendsburger Hochbrücke. Sie können sich beispielsweise auch in der innovativen Ausführung eines konstruktiven Details, durch die Verwendung eines neu entwickelten Baustoffes oder sogar in einer Serialität manifestieren.[9]

Für denkmalgeschützte Bauwerke bedeutet dies nicht nur ein Weiterdenken für die planenden Ingenieur*innen, sondern auch für die Denkmalpflege. Ein Denkmalverständnis, das sich vor allem auf den größtmöglichen Erhalt der historischen Bausubstanz und des Erscheinungsbilds konzentriert, ist insbesondere mit Bezug auf Eisenbahnbrücken praxisfern und wenig zielführend.[10] Ein Anerkennen von versteckten Werten der Konstruktion sowie ein Zulassen von Veränderungen durch angemessene Maßnahmen sind oft ein gangbarer Mittelweg hin zu einem wertvollen und vor allem nutzbaren Denkmal.

Leider herrscht in der praktischen Arbeit oft ein *Wir-gegen-die-Denken*, wobei die DB InfraGO sowie die Denkmalpflege die Chance verpassen, die eigene Sicht durch die Kompetenzen der anderen Seite zu bereichern. Dafür ist gleichberechtigte Interdisziplinarität über den gesamten Planungsprozess gefordert. Von maßgeblicher Bedeutung für eine vorausschauende Planung ist dabei eine frühzeitige Abstimmung der Abläufe.

Neue Maßstäbe für die Entscheidung zwischen Rückbau und Ertüchtigung von Bahnbrücken

Hier greift das Forschungsprojekt der Autorin, das im Rahmen des *Schwerpunktprogramms „Kulturerbe Konstruktion“* der *Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)* unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz bearbeitet wurde.[11] Am Beispiel von zwischen 1880 und 1920 errichteten stählernen Bahnbrücken wurden die Grundlagen für eine *ganzheitliche* Entscheidung erarbeitet, mit der außer den technischen und wirtschaftlichen Kriterien auch die baukulturellen und ökologischen Werte angemessen Berücksichtigung finden. Durch das rechtzeitige Mitwirken in der Planung kann so früh eine gemeinsame Diskussionsbasis geschaffen werden.

Herausfordernd war es, für die vier unterschiedlich strukturierten Anforderungen Technik, Ökonomie, Ökologie und Baukultur vergleichbare Schlüssel zu entwickeln, mit denen sich die jeweils untersuchte Variante mithilfe einer konkreten Maßzahl bewerten lässt (Abb. 3). Dafür wurden die Hauptanforderungen in Kategorien unterteilt, denen über einzelne Indikatoren eine konkrete Maßzahl zwischen 1 und 9 (wobei 1 = sehr schlecht und 9 = sehr gut bedeutet) zugeordnet wird. Für das Zusammenführen der einzelnen Anforderungen (Kriteriengruppen), der jeweiligen Bewertungskategorie und schließlich der untersuchten Variante als Ganzes sind mehrere lineare Aggregationsschritte erforderlich. Steuerungsparameter erlauben dabei die Wichtung der Einflussgrößen, um projektspezifische Prioritäten berücksichtigen zu können. Den subjektiven

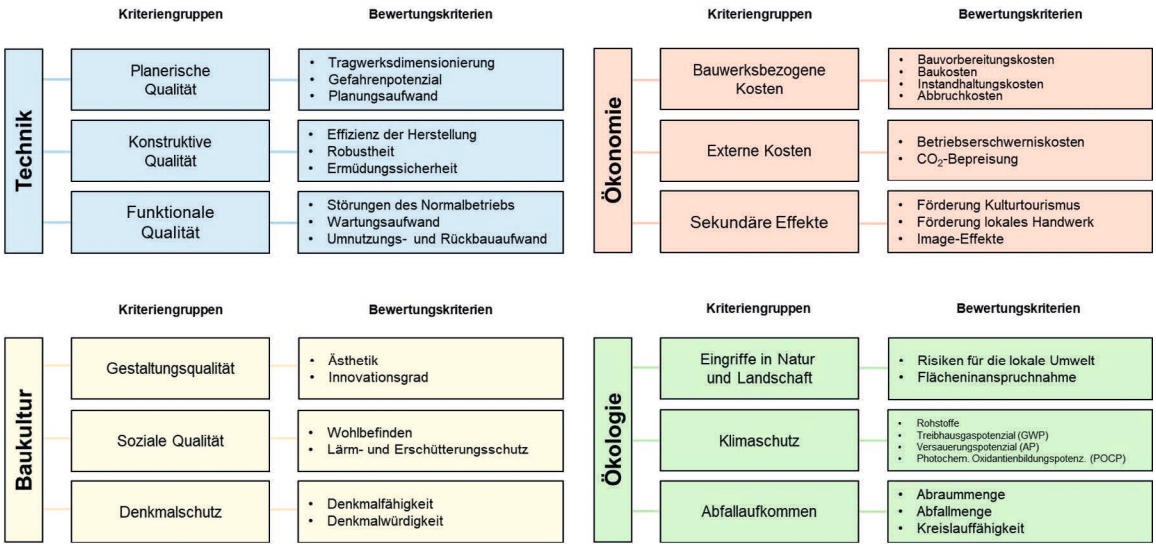

Abb. 3: Systematik der Entscheidungsfindung: Kriteriengruppen und Bewertungskriterien der vier Bewertungskategorien im Forschungsprojekt des DFG-Schwerpunktprogramms *Kulturerbe Konstruktion* (2025).

Abb. 4: Eisenbahnbrücke Langenargen vor der Erneuerung. Ansicht von Nord-Osten (Neubau bis 2019).

Einflüssen, die einem Bewertungsprozess originär innewohnen, wird durch größtmögliche Transparenz begegnet. Aus dem Vergleich der Planungsvarianten resultiert schließlich eine erste differenziert begründete Rangfolge, die sich nach Bedarf in weiteren Iterationsschleifen zur finalen Vorzugsvariante entwickeln lässt.

Der Ausarbeitung des Bewertungssystems gingen Untersuchungen zum Wertebegriff und zu Grundlagen der Entscheidungslogik voraus. Darüber hinaus stützt es sich auf Ansätze und Ergebnisse einiger inhaltlich verwandter Vorprojekte. Genannt seien eine schon in den 1990er Jahren tätige DFG-Forschergruppe zur Bewertung der Qualität von Straßenbrücken,[12] ein jüngeres Projekt zur Nachhaltigkeitsbewertung neu zu errichtender stählerner Bahnbrücken[13] sowie der im Brückenbeirat der DB 2008 erarbeitete Leitfaden zur Gestaltung von Eisenbahnbrücken.[14] Das Forschungsprojekt liefert jedoch erstmals eine differenzierte Bewertungsmethodik für stählerne Bahnbrücken im Bestand, mit der sich Interventionsvarianten gegeneinander abwägen lassen, die zu einer im Planungsalltag nutzbaren Entscheidungshilfe aufbereitet werden kann.

Fallstudie:
Eisenbahnbrücke Langenargen (1899 – 2021)

Diese Entscheidungshilfe wurde anhand von vier Fallstudien erprobt und weiterentwickelt. Die Fallstudien beziehen sich auf reale Projekte im Netz der Deutschen Bahn AG, bei denen fast immer ein Ersatzneubau realisiert wurde.

Eine der untersuchten Fallstudien war die Eisenbahnbrücke über die Argen im württembergischen Langenargen. Errichtet 1898/99 für die Bodensee-Gürtelbahn und seit 2006 unter Denkmalschutz stehend, verdeutlichte sie den hohen Entwicklungsstand der Stahlverarbeitung und eine anspruchsvolle Ingenieurbaukunst. Konsequent lastflussgerecht ausgebildet und erstmals mit vom Tragwerk getrennter Fahrbahn ausgeführt, demonstrierte die Halbparabel-Fachwerkkonstruktion das fortschrittliche Sicherheitsverständnis im Brückenbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts (Abb. 4).[15,16] Noch über ein Jahrhundert später wies sie keinerlei gravierende Probleme im Hinblick auf Statik oder Materialermüdung auf – ihr Bauwerkszustand war gut. Dennoch wurde die Brücke ohne ernsthafte Prüfung von Alternativen 2019 im Zuge der Elektrifizierung der Strecke abgebrochen und durch einen Neubau ersetzt (Abb. 5). Ausschlaggebend waren

vor allem geometrische Belange, da sich die Oberleitung nicht ohne Eingriffe in die Tragstruktur unterbringen ließ. Dabei wären Anpassungen, etwa die Höherlegung der oberen Querriegel des Tragwerks, technisch problemlos möglich gewesen. Denkmalpflegerische Abstriche wären unvermeidlich gewesen (vgl. Abb. 2), doch sie hätten im Rahmen des fachlich und rechtlich Vertretbaren gelegen, während das Bauwerk in seiner Ganzheit bewahrt worden wäre.[17,18]

Im Rahmen der Dissertation wurden als Gegenstück zur tatsächlich realisierten Lösung zwei Alternativen entwickelt. Der realisierten Lösung als Variante 1 *Neubau* wurden zwei Erhaltungsvarianten gegenübergestellt (Abb. 6). Mit unterschiedlichen Ansätzen zielten beide darauf ab, das Lichtraumprofil der Portal- und ersten Querträgerachsen zu erhöhen, um die Elektrifizierung auch im Bereich der Brücke zu ermöglichen und dabei den Bestand weitestgehend zu wahren. Einerseits durch ein Hochsetzen der jeweils ersten beiden oberen Querträgerachsen (Variante 2) und andererseits durch einen vollständigen Austausch der vorhandenen Fahrbahn durch eine Konstruktion mit geringerer Bauhöhe (Variante 3). Nach Aufbereitung der erforderlichen Eingabedaten konnten die jeweils drei Varianten nun bewertet werden.

Auf Ebene der finalen Maßzahl wurden drei verschiedene Schwerpunktsetzungen untersucht, wobei die *Standard-Wichtung* die Bewertungskategorien Technik und Ökonomie hoch gewichtet, während bei der *Baukultur-Wichtung* und der *Nachhaltigkeits-Wichtung* die baukulturellen bzw. ökologischen Kriterien stärker ins Gewicht fallen. Für die Eisenbahnbrücke Langenargen zeigte sich, dass selbst bei der *Standard-Wichtung* mit Fokussierung auf technische und ökonomische Aspekte der Ersatzneubau sich nicht als die zu bevorzugende Variante darstellt, auch wenn sie nur knapp hinter den Erhaltungslösungen liegt (Abb. 7). Variante 2 stellt sich dagegen in allen drei Gewichtungsszenarien als Vorzugslösung dar, insbesondere aufgrund der deutlichen Dominanz in den Bereichen Baukultur und Ökologie. Dies verdeutlicht, dass minimale Eingriffe bei einem grundsätzlich robusten Tragwerk im ganzheitlichen Sinne die beste Lösung darstellen können, da sie nicht nur Vorteile hinsichtlich Substanzerhalt und Emissionsvermeidung bieten, sondern auch den Anforderungen an minimale Streckensperrungen entsprechen.

Abb. 5: Eisenbahnbrücke Langenargen. Ersatzneubau. Ansicht von Südosten. Aufnahme 2019.

Ergebnisse

Auch für die anderen untersuchten Fallstudien zeigte der direkte Vergleich verschiedener Varianten ähnliche Ergebnisse. So verdeutlichte die Untersuchung aller vier Fallstudien das Potenzial einer ganzheitlichen Betrachtung und konnte zeigen, dass die unanfechtbare Überlegenheit eines Ersatzneubaus nicht bestätigt werden kann. Wie bei der Eisenbahnbrücke Langenargen erwiesen sich, selbst bei hoher Gewichtung technischer und ökonomischer Kriterien, insbesondere modular aufgebaute Teilerhaltungs- oder Ertüchtigungslösungen als mindestens gleichwertig, häufig sogar überlegen. Bei angemessener Berücksichtigung baukultureller und ökologischer Kriterien übertrafen sie den Ersatzneubau in vielen Fällen deutlich. Der Erhalt stählerner historischer Bahnbrücken ist somit häufig nicht nur technisch machbar und wirtschaftlich konkurrenzfähig, sondern stellt aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten in den meisten Fällen die vorteilhaftere Lösung dar.

Besonders auffällig ist dabei, dass die ökologischen Vorteile eines Erhalts, etwa hinsichtlich Treibhausgasemissionen und Materialeinsatz, erheblich sein können, dieser Aspekt jedoch in keinem der Projekte auch nur ansatzweise berücksichtigt wurde und in bisherigen Entscheidungsprozessen vollständig unberücksichtigt blieb. Dabei zeigt die Analyse des Global Warming Potential (GWP) in allen Fallstudien, dass Ersatzneubauten etwa das Vier- bis Fünffache der CO_2-Emissionen im Vergleich zu Erhaltungsoptionen verursachen (Abb. 8).

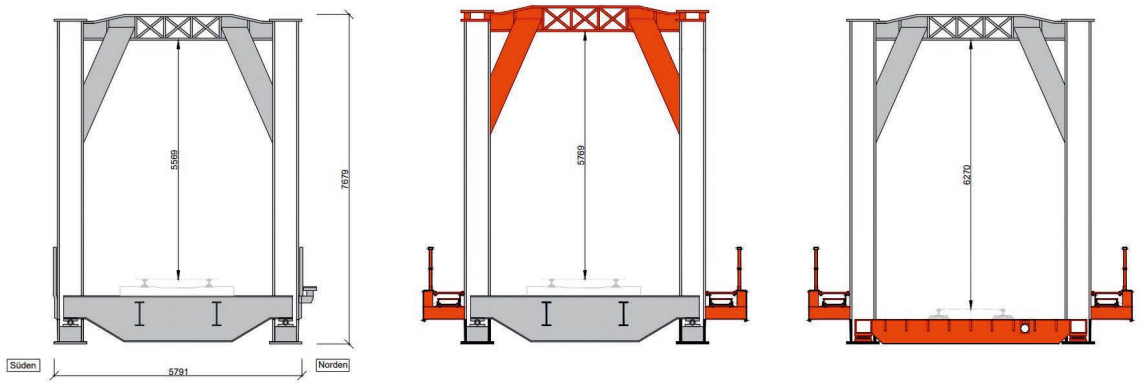

Abb. 6: Interventionsvarianten im Umgang mit der Eisenbahnbrücke Langenargen. Links: Bestand, Mitte: Lichtraumvergrößerung durch Hochsetzen des oberen Querträgers, Rechts: Lichtraumvergrößerung durch Austausch der Fahrbahn (2025).

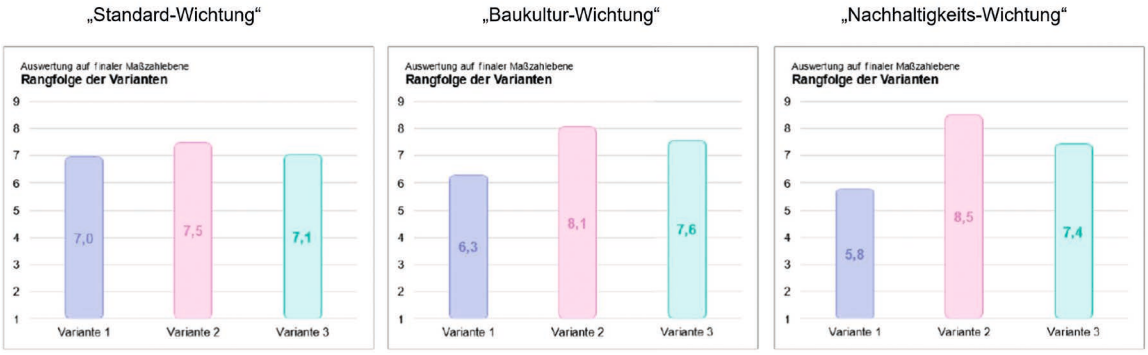

Abb. 7: Vergleich der Interventionsvarianten: Eisenbahnbrücke Langenargen. Synoptische Bewertung nach Aggregation auf Ebene der finalen Maßzahl (2025).

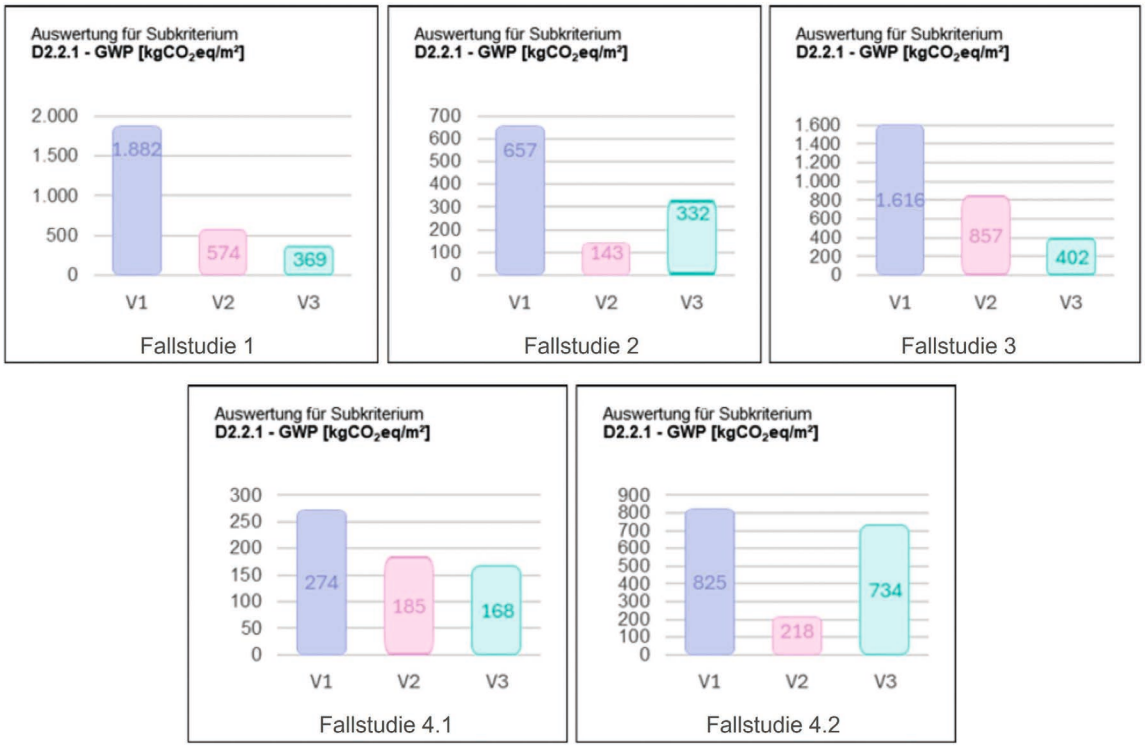

Abb. 8: Synoptische Bewertung des Wirkungsindikators GWP (Global Warming Potentials) für alle untersuchten Fallstudien.

Spätestens angesichts dieser offenkundigen ökologischen Überlegenheit sollte der Erhalt stählerner Bahnbrücken nicht nur bei denkmalgeschützten Bauwerken als ernsthafte Option in der Planung berücksichtigt werden. Vielmehr sollte jeder Entscheidung über den Umgang mit einer Bestandsbrücke eine ergebnisoffene Variantenprüfung vorausgehen, vor dem Hintergrund der weiterhin hochbrisanten Klimakrise und unabhängig davon, ob das Bauwerk als baukulturell besonders wertvoll eingestuft ist oder nicht.

Ausblick

Mögliche Maßnahmen, um ein Denken *outside the box* zu befördern, liegen auf der Hand: Das bislang eher marginale Angebot für hausinterne Schulungen der DB InfraGO AG in der bestandswahrenden Intervention müsste ausgebaut werden. Gleichermaßen müssten strukturierte wie transparente Abwägungsprozesse zwischen Erhalt und Neubau als obligatorisch verankert werden. Manche der primär für den Neubau entwickelten Vorgaben sollten ergebnisoffen auf ihre Sinnhaftigkeit im Weiterbauen überprüft werden. Der Ausbau der hausinternen Fachstelle für Denkmalpflege innerhalb der DB InfraGO AG nach dem Vorbild der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), die sich bislang vornehmlich den Bahnhofsgebäuden widmet, auf den Bereich des Brückenbaus könnte wesentlich dazu beitragen, den ökologischen wie baukulturellen Werten im Brückenbestand der Bahn die gebührende Beachtung zu sichern.

Disclaimer

Der vorliegende Beitrag erschien erstmals in der Ausgabe 1-2024 der Zeitschrift Industriekultur (Schwerpunktthema: Kulturerbe Konstruktion). Er wird hier in überarbeiteter, ergänzter Fassung wiedergegeben. Das zugrunde liegende Forschungsprojekt ist inzwischen abgeschlossen; die Ergebnisse sind in der veröffentlichten Dissertation ausführlich dargelegt.[19]

Abbildungen

1 Stephan Weingart

2 Karl Gotsch

3,6,7,8 Clara Jiva Schulte

4 Ulrich Boeyng

5 Jürgen Vos

Endnoten

1 Bundesstiftung Baukultur und Rainer Nagel (Hg.), *Baukulturbericht 2022/23. Neue Umbaukultur,* Potsdam: Bundesstiftung Baukultur, 2023.

2 Ebd.

3 Attitude Building Collective e.V., https://attitudebuilding-collective.org/ (abgerufen am 14.02.2026).

4 Anti Abriss Allianz (AAA) für Umbaukultur, https://kulturerbenetz.berlin/anti-abriss-allianz/ (abgerufen am 14.02.2026).

5 Bundesstiftung Baukultur und Rainer Nagel (Hg.), *Baukulturbericht 2024/25. Infrastrukturen,* Potsdam: Bundesstiftung Baukultur, 2025.

6 Steffen Marx, Markus Köppel und Jens Müller, Denkmalgeschützte Eisenbahnbrücken – Weiterbauen als Option zwischen Erhalt und Verlust, in: Eva-Maria Froschauer, Werner Lorenz, Luise Rellensmann und Albrecht Wiesener (Hg.), *Vom Wert des Weiterbauens – Konstruktive Lösungen und kulturgeschichtliche Zusammenhänge,* 4 Bd. Kulturelle und technische Werte historischer Bauten, Basel 2020 (Birkhäuser Verlag), S. 97–107.

7 Werner Lorenz und Clara Jiva Schulte, Vom Wert des Alten, in: DB InfraGO AG (Hg.), *Eisenbahnbrücken. Revitalisierung.* Roßdorf 2024 (edition-tz.de), S. 32–43.

8 Eugen Brühwiler, „Veredeln" als Ingenieurkonzept. Erhaltung von genieteten Stahlbrücken, in: SBB Fachstelle Denkmalpflege, Lehrstuhl für Konstruktionserbe und Denkmalpflege ETH Zürich, Reto Bieli, Silke Langenberg, Bärbel Schallow-Gröne und Toni Häflinger (Hg.), *Eisenbahndenkmalpflege. Dokumentationsband.* Zürich 2024 (Schwabe Verlag), S. 219–2025.

9 Axel Föhl, *Technische Denkmale im Rheinland. Arbeitshefte des Landeskonservators Rheinland, Köln 1976.*

10 Michael Hascher und Sabine Kuban, Brückendenkmalpflege – Erfahrungen aus Baden-Württemberg, in: Manfred Curbach und Steffen Marx (Hg), *Tagungsband zum 31. Dresdner Brückenbausymposium.* Dresden 2022, S. 121–137.

11 SPP 2255 Kulturerbe Konstruktion, Teilprojekt A2: Ganzheitliche Bewertung Stählerner Bahnbrücken (A2), https://kulturerbe-konstruktion.de/spp-2255-teilprojekt/ganzheitliche-bewertung-staehlerner-bahnbruecken-a-a2/ (abgerufen am 14.02.2026).

12 Forschergruppe im Bauwesen (FOGiB), *Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlussbericht der DFG-Forschergruppe FOGiB an der Universität Stuttgart, Bd. 1 bis 3.* Stuttgart, 1997.

13 NaBrüEis, *Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundeisenbahnbrücken nach Kriterien der Nachhaltigkeit (NaBrüEis). Endbericht Forschungsvorhaben P978/IGF-Nr. 458 ZN.* Düsseldorf: Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V., 2019.

14 Jörg Schlaich, Thomas Fackler, Matthias Weißbach u. a., *Leitfaden – Gestalten von Eisenbahnbrücken.* Berlin: DB AG.

15 G.C. Mehrtens G.C., *Der deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert.* 1900, Berlin (Verlag von Julius Springer).

16 Anita Kuisle, *Transsib am Bodensee. Eisenbahnbrücke Langenargen 1899-2019.* In: Stahlbau 90. H. 1, S. 57–61, 2021.

17 M. Glaser, *Machbarkeitsstudie. Erhalt der bestehenden EÜ Argen Bahn-km 11,0+59 aus statisch-konstruktiver Sicht,* 2011 (Unveröffentlichtes Dokument).

18 DB Netz AG; K. Mergenthaler, *Elektrifizierung der Strecke Ulm-Friedrichshafen-Lindau. Erläuterungsbericht,* 2013 (Unveröffentlichtes Dokument).

19 Clara Jiva Schulte, *Stählerne Brücken als Erbe der Hochmoderne. Grundlagen einer ganzheitlichen Entscheidungsfindung zwischen Instandsetzung und Erneuerung* (Dissertation), Cottbus 2026, https://doi.org/10.26127/BTUOpen-7218 (abgerufen am 14.02.2026).