

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Geißler, K.; Schmachtenberg, R.

Bewertung und Ertüchtigung der Eisenbahnbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105486>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

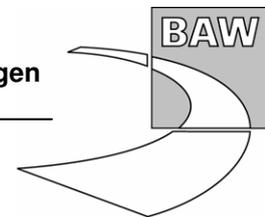
Geißler, K.; Schmachtenberg, R. (2007): Bewertung und Ertüchtigung der Eisenbahnbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Brückenbau in der WSV - Besonderheiten, Herausforderungen und Lösungen. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 26-32.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Prof. Dr.-Ing. K. Geißler, TU Berlin, Dipl.-Ing. R. Schmachtenberg, WSA Kiel-Holtenau
Bewertung und Ertüchtigung der Eisenbahnbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal

1 Bauwerkserhalt – eine Ingenieuraufgabe dieses Jahrhunderts

Das Streckennetz der DB AG umfasst über 30.000 Eisenbahnbrücken, wobei das Durchschnittsalter etwa 70 Jahre beträgt, s. Bild 1. Dabei setzt sich der Bestand jeweils zu annähernd gleichen Anteilen von 25 % aus Stahlbrücken, WIB- Brücken, Gewölbebrücken und Stahlbeton- bzw. Spannbetonbrücken zusammen.

Im Bereich der Bundesautobahnen und Bundesfernstraßen existieren ca. 38.000 Straßenbrücken, die überwiegend in Spannbetonbauweise ausgeführt worden sind und ein Durchschnittsalter von ca. 35 Jahren besitzen. Mit der Erhaltung und Ertüchtigung bzw. Festlegung von Prioritäten zum eventuellen Ersatz von Bestandsbauwerken definieren sich zahlreiche auch neuartige Aufgaben für die Ingenieure.

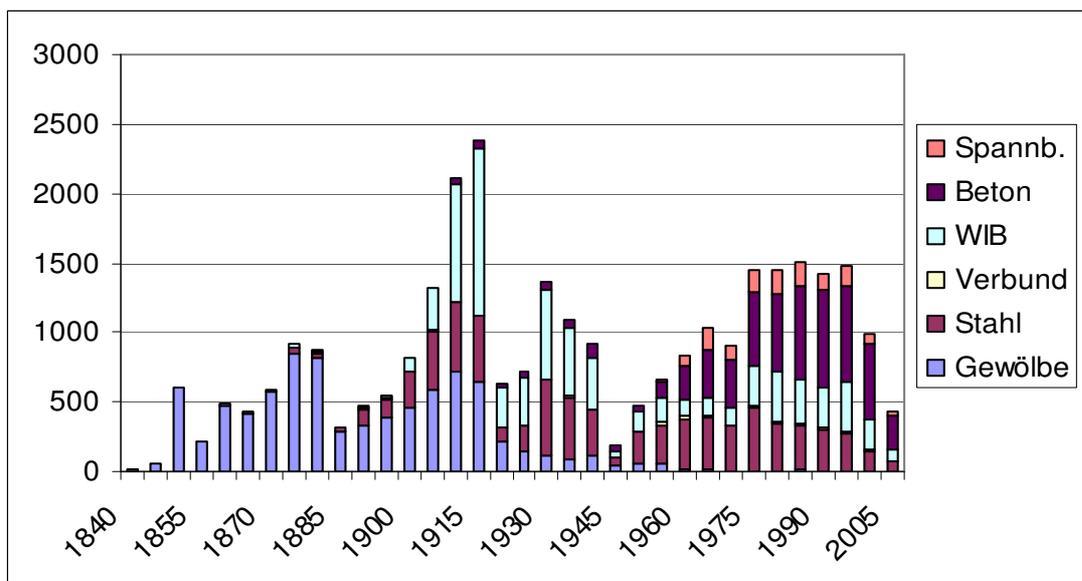
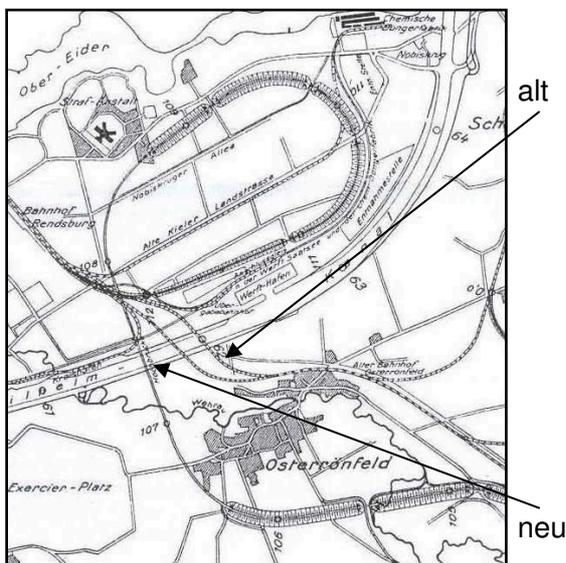


Bild 1: Verteilung der Brückentypen nach Baujahr und Anzahl [1]

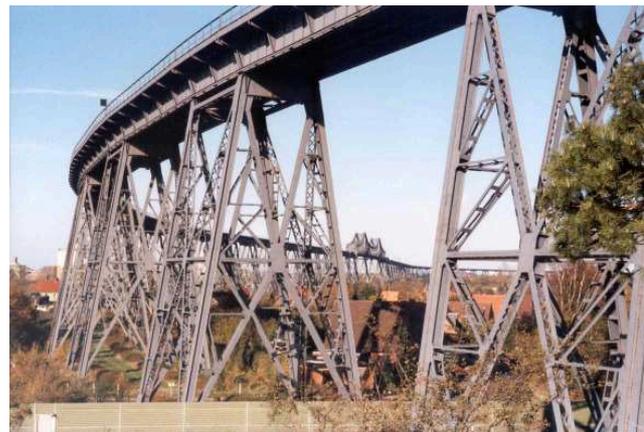
Im folgenden Beitrag werden zwei größere Eisenbahnbrücken vorgestellt, die ihre normative Nutzungsdauer bereits erreicht haben und trotzdem mit geeigneten Maßnahmen wirtschaftlich weiterbetrieben werden können. Für die beiden ca. 90 Jahre alten Eisenbahnhochbrücken in Rendsburg und Hochdonn wurden jeweils eine durchgängige statische Nachrechnung, Restnutzungsdauerermittlung sowie Ertüchtigungsuntersuchung durchgeführt. Aufgrund der bedeutsamen Bauwerke wurden ergänzende Methoden wie z.B. Messungen zur besseren Erfassung des Systemtragverhaltens angewendet. Es wurden Verstärkungsmaßnahmen ausgearbeitet, deren Erarbeitung die Grundlage für die Kostenberechnungen zur Ertüchtigung der Hochbrücken – jeweils in Form von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für verschiedene mögliche Streckenklassen - bildete.

2 Die Eisenbahnhochbrücke in Rendsburg

Die Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg wurde als Ersatz für zwei Drehbrücken im Zuge der Kanalerweiterung in den Jahren 1912 und 1913 erbaut. Die 296 m lange Kanalbrücke ermöglicht der Schifffahrt eine lichte Durchfahrtshöhe von 42 m. Über Dämme und 105 Rampenbrücken mit 53 Gerüstpfelern überwindet die Bahnlinie diese Höhendifferenz. Die Bahnlinie unterquert sich selbst im so genannten Schleifenbauwerk, einem Fachwerkrahmen von 75 m lichter Weite. Im Bereich der Schifffahrtsöffnung wurde unter der Kanalbrücke eine Schwebefähre mit einer Gesamtverkehrslast (einschl. Eigengewicht) von 146 t installiert, was noch über dem Gewicht einer schweren Lokomotive liegt. Der Baulastträger der Brücke ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), der Oberbau gehört zum Verantwortungsbereich der DB AG.



Alte und neue Kanalquerung

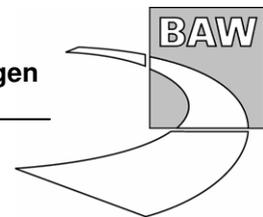


Rampenbrückenbereich

Bild 2: Übersicht über die Eisenbahnhochbrücke Rendsburg

In der Nord-Süd-Achse des europäischen Bahnverkehrs ist die Brücke das Nadelöhr für den Skandinavienverkehr. Es existiert mit Ausnahme der Fährverbindung Putgarden – Rödby keine Umleitungsstrecke. Im Zuge einer von der DB AG geplanten weiteren stärkeren Nutzung der Eisenbahnhochbrücke Rendsburg für die mögliche Überführung schwererer Güterzüge wurden eine umfangreiche statische Nachrechnung und eine Restnutzungsdauerberechnung aller Bauwerke des Brückenzuges notwendig [2].

Die Hochbrücke wurde ursprünglich für den preußischen Lastenzug A bemessen, wobei bereits vorausschauend für die zukünftige Verkehrsentwicklung die Kanalbrücke, das Schleifenbauwerk sowie die Gerüstpfelern für den preußischen Lastenzug A mit einer 20%-igen Reserve bemessen wurden. In mehreren Schritten der statischen Nachrechnung wurden Berechnungen für verschiedene Streckenklassen auf beiden Gleisen in folgenden Kombinationen durchgeführt: „D2 / definierter Reisezug“, „D2 / D2“ und „D4 / D4“. Weiterhin wurden



Berechnungen mit eingleisiger Belastung durch die Streckenklassen „D2*“ und „D4“ durchgeführt, wobei „D2*“ bedeutet, dass die Gesamtlast des Lastenzuges bei maximal 300 m Länge auf 1.300 t begrenzt wird.

Die Basis der Berechnungen bildete die Richtlinie 805 als aktuell gültige Vorschrift zur Nachrechnung bestehender Eisenbahnbrücken [3]. Diese ist international betrachtet eine recht moderne Vorschrift auf der Basis des Teilsicherheitskonzeptes.

Im Rahmen der Nachrechnung wurden die Bauwerke als räumliche Stabwerke detailgetreu modelliert und dadurch – wie bei vielen älteren Brücken immer wieder festgestellt - verschiedene günstig wirkende Effekte (z.B. die Entlastung der Hauptträger durch das zwangsläufig mitwirkende Fahrbahnsystem) aber auch ungünstig wirkende Effekte (z.B. die Nebenspannungen wegen der doch teilweise wesentlichen Einspannung der Fachwerkstäbe in den Knotenpunkten) berücksichtigt. Als Rechenprogramm war das Programm RSTAB vom Auftraggeber vorgeschrieben.

Die Kanalbrücke und deren Tragsystem sind in Bild 3 dargestellt. Sie besteht im Grundsystem aus 2 einhüftigen Rahmen, die durch einen Schwebeträger miteinander verbunden sind. Die Lagerung des Schwebeträgers an den Knotenpunkten des Hauptträgerobergurtes erfolgt mittels Stelzen, so dass die vorgesehenen Beweglichkeiten für Normalkräfte und Biegemomente vorhanden sind. Die Lagerung des Schwebeträgers an den Knotenpunkten der Hauptträger – Untergurte erfolgt so, dass Normal- und Querkräfte aufnehmbar sind. Die Pylonfußpunkte sind gelenkig gelagert. In Brückenlängsrichtung ist die Kanalbrücke an beiden Endpunkten mittels Stelzenlagern auf den Übergangspfeilern jeweils gelenkig und längsverschieblich gelagert. Das Haupttragwerk des Bauwerkes ist damit einfach statisch unbestimmt.

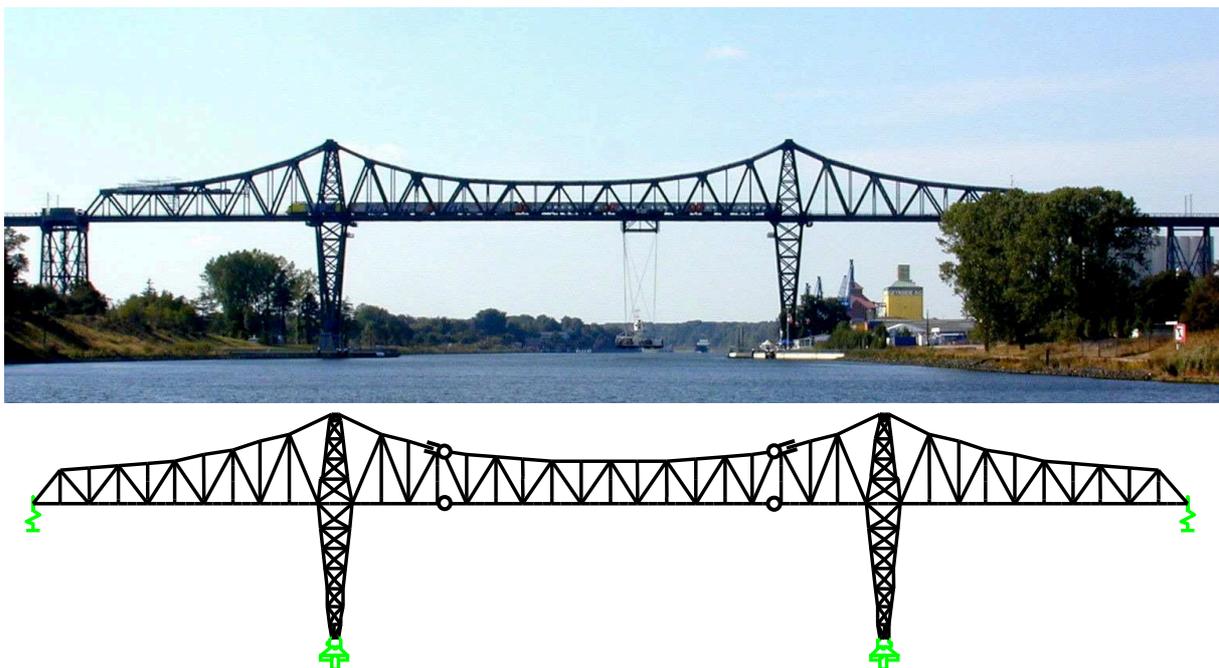
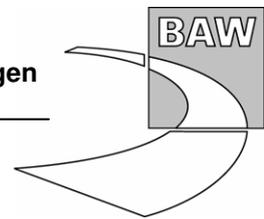


Bild 3: Ansicht und System der Kanalbrücke



Das Schleifenbauwerk ist ein über ca. 75 m stützender Fachwerkrahmen mit einem auf die Hauptträger aufgesetzten offenen Fahrbahnsystem aus Quer- und Längsträgern, siehe Bild 4. Die Besonderheit bei diesem Bauwerk ist die Verbindung des Fahrbahnsystems mit den Hauptträgerobergurten durch in jeder Querträgerachse angeordnete Anschlussbleche (so genannte Vouten) in Längsrichtung der Brücke. Die über diese Vouten angeschlossenen äußeren Längsträger stellen im Prinzip ein aufgesetztes Rahmensystem für den Hauptträgerobergurt dar, das bei lastbedingten Verformungen des Hauptträgers mittragend ist.



Bild 4: Ansicht des Schleifenbauwerkes

Insgesamt gibt es im Rampenbereich der Hochbrücke 2 x 105 jeweils einfeldrige Überbauten, wobei prinzipiell zwischen den kurzen Überbauten mit $l = 9,5$ m bis 11,0 m, die jeweils zwischen den Querriegeln eines Gerüstpfeilers spannen, und den langen Überbauten mit $l = 26,3$ m bis 28,3 m, die zwischen den einzelnen Gerüstpfeilern spannen, unterschieden werden muss.

Die Gerüstpfeiler sind in ihrem prinzipiellen Aufbau mit den 4 Eckstielen, den Längs- und Querwanddiagonalen sowie den beiden Querwandriegeln zur Auflagerung der Überbauten immer gleich ausgebildet, siehe Bild 5. Die sonstigen Stäbe der Gerüstpfeiler dienen im Wesentlichen zur Knicklängenverkürzung der Eckstiele bzw. Längs- und Querwanddiagonalen. Es werden aufgrund der unterschiedlichen Höhe der Pfeiler, der Stützweite der auflagernden Überbauten sowie deren Anordnung der längsfesten Lager und der Lage der Pfeiler in der Geraden bzw. in der Kurve insgesamt 15 verschiedene Pfeilertypen unterschieden, deren Bauteile entsprechend der Beanspruchung mit unterschiedlichen Querschnitten ausgebildet worden sind.

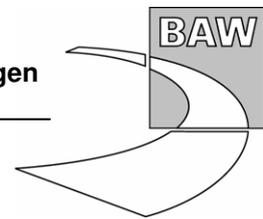


Bild 5: Gerüstpfeiler und Überbauten in der Südrampe

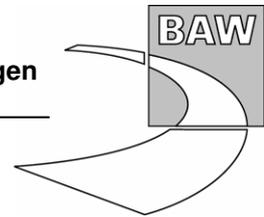
Es können hier nur beispielhaft Verstärkungsmaßnahmen angedeutet werden. Prinzipiell sollte man zunächst bei einer Stahlbrücke aus Flusseisen oder Flusstahl von einer Nichtschweißbeignung ausgehen. Für die Eisenbahnhochbrücke wurden z. B. folgende Verstärkungsmaßnahmen geplant und zur Zeit durchgeführt:

- Anbringen von zusätzlichen Lamellen, Verbindung mittels Passschrauben als übliche Methode, Problem: Überbrückung von Knotenpunkten insbesondere der Fachwerkträger
- Tragfähigkeitserhöhung von Druckstäben durch Erhöhen der Torsionssteifigkeit,
- Austausch ganzer Stabgruppen, insbesondere wenn der Austausch von Anschlussbereichen erforderlich wird (z.B. bei stark korrodierten Knotenblechen),
- Systemänderungen, z.B. durch das Umlegen von Verbänden, Eigengewichtszustände (eingeprägte Beanspruchungen) sind dabei zu beachten, evtl. sind vorherige Entlastungen durch Anpressen erforderlich.

Auf der Basis der notwendigen Verstärkungsmaßnahmen wurde eine Kostenmatrix für die Ertüchtigung auf die einzelnen Streckenklassen ermittelt. Diese Kostenmatrix bildete aus wirtschaftlichen Erwägungen eine wesentliche Basis für die Entscheidung der DB Netz AG hinsichtlich der zukünftigen Einstufung der Brücke in „D2 - definierter Reisezug“ bzw. alternativ „D4 - eingleisig“.

3 Die Eisenbahnhochbrücke in Hochdonn

Die Eisenbahnhochbrücke in Hochdonn bildet die Überführung der Strecke Hamburg-Westerland über den Nord-Ostsee-Kanal. Die Gesamtlänge der Stahlüberbauten von ca. 2.200 m ist in 39 Einzelbauwerke unterteilt. Die Bauwerke können in den Schwebeträger als eigentliche Kanalüberführung, die Eilersrahmen (Bauwerke auf denen der Schwebeträger aufliegt) und die zahlreichen „normalen“ Kragträger bzw. Fachwerkrahmen gegliedert werden, s. Bild 6. Durch die unterschiedliche Bauhöhe und Kurvenlage der Kragträger ergeben



sich weitere Unterteilungen. Die zwischen die Kragträger eingehängten Einfeldträger sind als vollwandige Blechträger mit geringen Unterschieden ausgebildet.



Bild 6: Ansicht der Eisenbahnhochbrücke Hochdonn

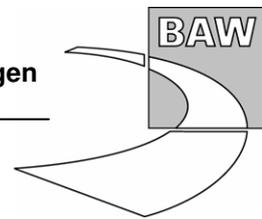
Die statische Nachrechnung der Eisenbahnhochbrücke Hochdonn wurde in Anlehnung an die Erfahrungen für die Eisenbahnhochbrücke Rendsburg im Auftrag der DB Netz AG für die Streckenklassen „D2 + definierter Reisezug“ sowie „D4 - eingleisig“ durchgeführt [4].

Es wurden dabei für alle maßgebenden Bauwerke räumliche Stabwerksmodelle entwickelt. Zur Erfassung des tatsächlichen Tragverhaltens und zur Kalibrierung der Berechnungsmodelle wurden ergänzende Bauwerksmessungen durchgeführt. Dabei wurde insbesondere die Mitwirkung der Fahrbahn an der Haupttragwirkung erfasst. Die Ergebnisse der Messungen gingen in die Modellierung der Fahrbahnanbindung an das Haupttragwerk ein.

Eine wesentliche Ertüchtigungsmaßnahme für die Hochbrücke war der komplette Austausch des Schwebeträgers, der mit Hilfe von auf die Fachwerkrahmen aufgesetzten Hubportalen durchgeführt wurde, s. Bild 7.



Bild 7: Montage des neuen Schwebeträgers



4 Zusammenfassung

Die Bewertung und Ertüchtigung von Ingenieurbauwerken gewinnt aufgrund wirtschaftlicher Gesichtspunkte, aber auch unter Beachtung von Fragen der Baukultur zunehmend an Bedeutung. Die Richtlinie 805 bietet dazu für die Nachrechnung und Bewertung von bestehenden Eisenbahnbrücken eine zweckmäßige Arbeitshilfe.

Für exponierte Bauwerke wie die Eisenbahnhochbrücken in Rendsburg und Hochdonn ist es im Rahmen der Bewertung erforderlich, Ingenieurmethoden insbesondere zur Erfassung des realen Bauwerksmodells einzusetzen, die teilweise deutlich über das im Rahmen der Neuplanung von Bauwerken übliche Maß hinausgehen. Die realistische Beurteilung der einzelnen Bauwerke erlaubt fundierte Festlegungen für die erforderlichen Verstärkungsmaßnahmen und stellt damit für den Bauherrn ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Festlegung der zukünftig wirtschaftlich zu betreibenden Streckenklasse dar. Weitergehende detaillierte Erläuterungen zur Untersuchung und Ertüchtigung der beiden Hochbrücken sind u. a. in [5] enthalten.

Literatur

- [1] Marx, S., Geißler, K., Bolle, G.: „Die Bestandsbrücken der Bahn – eine Jahrhundertaufgabe“, Dresdner Brückenbausymposium 2006
- [2] Statische Berechnung der Eisenbahnhochbrücke Rendsburg, GMG- Ingenieurgesellschaft Dresden, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrts- Verwaltung vertreten durch das Neubauamt Nord- Ostsee- Kanal, 2003
- [3] Deutsche Bahn AG: Bestehende Eisenbahnbrücken – Bewertung der Tragsicherheit und konstruktive Hinweise, Richtlinie 805, Ausgabe 1999
- [4] Statische Berechnung der Eisenbahnhochbrücke Hochdonn, GMG- Ingenieurgesellschaft Dresden, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrts- Verwaltung vertreten durch das Neubauamt Nord- Ostsee- Kanal, 2005
- [5] Geißler, K., Schmachtenberg, R.: „Bewertung und Ertüchtigung der Eisenbahnhochbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg und Hochdonn“, Dresdner Brückenbausymposium 2007