DZSF-Forschungsprojekt TraBI – Ziele und Methodik

Im Forschungsprojekt TraBI (Track-Bridge-Interaction) soll ein allgemeingültiges Nachweisformat für die Gleis-Tragwerks-Interaktion bei verschiedenen Oberbauformen entwickelt werden. (Teil 1)

MARC WENNER | SEBASTIAN SCHNEIDER | DAVID HUBER | CHONGJIE KANG | SEBASTIAN PLICA | ANDREAS HACKER | RANDY NACHTIGALL | KATARZYNA ZDANOWICZ | TOMÁS ARANA VILLAFÁN

Aktuell ist das Nachweisverfahren zur Gleis-Tragwerks-Interaktion in der Richtlinie (Ril) 804.3401 bzw. DIN EN 1991-2 geregelt. Allerdings lassen sich derzeit gemäß den beschriebenen Regelungen und Grenzwerten nur eng begrenzte Standardoberbaukonfigurationen nachweisen. Aus diesem Grund initiierte das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA) das Forschungsprojekt „Track-Bridge-Interaction (TraBI)", durch welches die bestehenden Wissenslücken geschlossen und das Nachweisverfahren zum Längskraftabtrag perspektivisch für weitere, häufig eingesetzte Oberbauarten und Bogenradien ermöglicht werden sollen. Das Projekt hat im Februar 2025 begonnen. Nachfolgend (Teil 1) werden die Projektziele vorgestellt, in Teil 2 sodann die Methoden.

Einleitung

Brückenbauwerke stellen eine Diskontinuität im sonst steifen und verformungsarmen Oberbau dar (Abb. 1). Durch thermische oder verkehrsbedingte Tragwerksverformungen und wegen der Verbindung der Schienen mit dem Bauwerk entstehen im Brückenbereich im Vergleich zur „ungestörten" Strecke zusätzliche Beanspruchungen der Schiene und der Brücke sowie Relativverformungen innerhalb des Oberbaus [1, 2, 3, 4]. Bereits in der Entwurfsplanung ist rechnerisch nachzuweisen, dass die durch die Gleis-Tragwerks-Interaktion hervorgerufenen Gleisdruckkräfte, Schienenzugspannungen und Oberbauverformungen zulässig bleiben. Das dazu aktuell gültige Nachweisverfahren zum Längskraftabtrag in der Ril 804.3401 und DIN EN 1991-2 ist allerdings nur unter engen Anwendungsgrenzen anwendbar und gilt nur für den „Standardoberbau" mit Schiene 60E2, Betonschwelle B70, Schwellenabstand 60 cm, Gleisbogenradius > 1500 m, Schotterbettdicke 30 cm, und Schienenbefestigungen mit einem Durchschubwiderstand ≤ 9 kN. Diese Oberbauart ist für einen Großteil der im Streckennetz der Deutschen Bahn vorhandenen Brückenbauwerke zutreffend. Jedoch treten nicht selten sowohl bei Neubauten als auch bei Bestandsbauten objektspezifische Abweichungen zu diesen Randbedingungen auf. In diesen Fällen sind aufwendige, objektspezifische Untersuchungen und Berechnungen der Schienenspannungen und Überbauverformungen sowie der zulässigen Spannungen erforderlich. Unter Umständen werden objektspezifische Oberbau- bzw. Kompensationsmaßnahmen notwendig. Üblicherweise sind diese Untersuchungen jedoch nicht auf andere Tragwerkssituationen übertragbar, da stets spezifische Unterschiede in den baulichen Randbedingungen bestehen. Somit existieren noch zahlreiche Fragestellungen zur Gleis-Tragwerks-Interaktion, um das aktuelle Nachweiskonzept zum Längskraftabtrag auf weitere häufig auftretenden Oberbauformen zu erweitern. Aus diesem Grund hat das EBA beim DZSF einen Forschungsauftrag zur Durchführung des Forschungsvorhabens „TraBI – Track Bridge Interaction" eingereicht, um bestehende Regelwerkslücken zu schließen. Das Forschungsprojekt TraBI, mit einer Projektlaufzeit vom 01. Februar 2025 bis zum 31. Januar 2028, wird nachfolgend zusammenfassend vorgestellt.

Rahmenbedingungen des Forschungsvorhabens

Das übergeordnete Projektziel von TraBI ist das Schließen von Regelwerkslücken für den Nachweis der Gleis-Tragwerks-Interaktion nach Ril 804.3401 und DIN EN 1991-2. Das bedeutet, dass das bestehende Nachweisformat grundsätzlich überprüft und auf weitere, im Streckennetz der Deutschen Bahn häufig vorzufindende Oberbauformen erweitert werden soll. Aufgrund der Vielzahl verschiedener Oberbauformen besteht daher eine hohe Parametervariation. Grundlage der Projektausschreibung war eine vom DZSF erstellte Projektskizze [5], in der die übergeordneten Projektziele eingegrenzt und definiert wurden. Die wesentlichen Ziele sind:

A. Untersuchungen zur Ermittlung des Längsverschiebewiderstandes (LVW) für verschiedene Oberbaukonfigurationen im unbelasteten und belasteten Zustand
B. Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung des LVW
C. Untersuchungen zur Beschreibung des Querverschiebewiderstands (QVW) im Übergangsbereich zwischen Überbau und freier Strecke
D. Untersuchungen zu den zulässigen zusätzlichen Schienenzug- und druckspannungen
E. Untersuchungen zum Einfluss von Fang- und Führungsschienen

Abb. 1: Schotteroberbau mit Schienenauszug auf der Fuldatalbrücke Kragenhof *Quelle: MKP GmbH*

Nutzung unter www.marxkrontal.com zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2025

F. Untersuchungen zum Ermüdungswiderstand von verschiedenen Schienenprofilen
G. Ausarbeitung eines Leitfadens für die Modellierung, Berechnung und Lastfallüberlagerung der Gleis-Tragwerk-Interaktion.

Als Projektbesonderheit stellt die DB InfraGO AG ein repräsentatives Brückenbauwerk zur Verfügung, an dem experimentelle In-Situ-Untersuchungen durchgeführt werden können. Bei der Eisenbahnüberführung (EÜ) handelt es sich um den seit 1997 nicht mehr in Betrieb befindlichen westlichen Überbau der EÜ über die Schwarze Elster in Elsterwerda (Strecke 6273) (Abb. 2 u. 3). Die geschweißte, eingleisige und einfeldrige Stahltrogbrücke mit einer Stützweite von 42,00 m wurde im Jahr 1983 erbaut. Die Lagerkonfiguration umfasst an der Südseite Festlager und an der Nordseite verschiebbare Rollenlager. Der westliche Überbau der EÜ „Schwarze Elster" soll im Rahmen der Bauarbeiten zur Ausbaustrecke Dresden – Berlin im Februar 2027 endgültig zurückgebaut werden. Dieser Umstand setzt zeitliche Grenzen für die Durchführung der experimentellen In-Situ-Untersuchungen innerhalb des Projektes.

Das Forschungsvorhaben wurde durch das DZSF öffentlich ausgeschrieben. Das Projektkonsortium um den Auftragnehmer MKP GmbH (MKP) konnte sich mit seinem Angebot durchsetzen. Im Rahmen des Forschungsprojekts agiert MKP als Konsortialführer. Die Projektpartner aus der Wissenschaft und Praxis sind die Technische Universität München – Lehrstuhl und Prüfamt für Verkehrswegebau, die Technische Universität Dresden – Institut für Massivbau, Dr. Plica Ingenieure BI – PartG mbB, die Konstruktionsgruppe Bauen AG, die DB Bahnbau Gruppe sowie die FOLAB GmbH. Diese Partner decken gemeinsam die volle Bandbreite der erforderlichen Leistungen ab und besitzen die notwendige Fachkompetenz und Erfahrung im Bereich der Gleis-Tragwerk-Interaktion zur Erreichung der Projektziele.

Nachweis der Längskraftabtragung und Forschungsfragen

Um die noch offenen Forschungsfragen genauer zu identifizieren, ist es wichtig, sich die prinzipielle Vorgehensweise für den Nachweis der Längskraftabtragung in den aktuellen Regelwerken (Ril 804.3401 und DIN EN 1991-2, Kap. 6.5.4) zu vergegenwärtigen (Abb. 4).

Neben den Verformungsnachweisen (s. (9) in Abb. 4) werden in den Regelwerken drei weitere Nachweise gefordert, für die zunächst die zulässigen Widerstände zu bestimmen sind. Einer davon ist der Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegen das Auftreten einer Gleisverwerfung (6). Dabei ist rechnerisch zu belegen, dass es zu keinem seitlichen Ausknicken des Gleises infolge von zu großen Gleisdruckkräften kommt. Typischerweise erfolgt dieser Nachweis im Bereich der längsbeweglichen Trennfuge unter sommerlichen Temperaturbeanspruchungen des Bauwerks und der Schienen sowie dem Wirken von vertikalen und horizontalen Verkehrslasten. Für den Standardschotteroberbau beträgt die einzuhaltende zusätzliche Schienenlängsdruckspannung 72 N/mm², für die Feste Fahrbahn 92 N/mm² (s. a. [6]) Für andere Oberbaukonfigurationen existieren derzeit keine Grenzwerte in den Regelwerken.

Der zweite Nachweis soll ausreichende Sicherheit gegen das Auftreten eines Schienenbruchs infolge von Materialermüdung (7) bieten. Auch dieser Nachweis erfolgt typischerweise im Bereich der längsbeweglichen Trennfuge, doch unter winterlichen Temperaturbeanspruchungen des Bauwerks und der Schienen. In den derzeitigen Regelwerken ist lediglich für die Schiene 60E2 eine zulässige zusätzliche Schienenlängszugspannung von 92 N/mm²angegeben. Für andere Schienentypen existieren derzeit keine Grenzwerte in den Regelwerken.

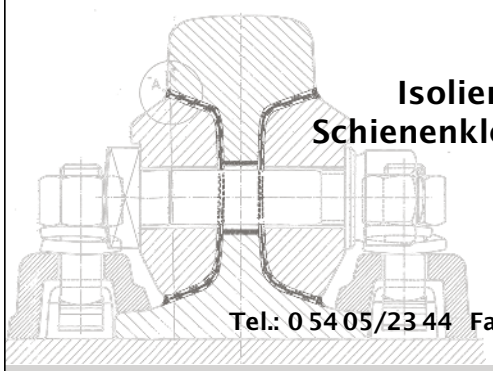
Im Zuge des dritten Nachweises ist rechnerisch zu belegen, dass die auftretenden Lagerreaktionskräfte durch die Längsfesthaltung des Überbaus (8) aufgenommen werden können.

Abb. 2: Ansicht der EÜ Schwarze Elster (westl. Überbau) *Quelle: MKP GmbH*

Hierzu sind die aufnehmbaren Längskräfte der Längsfesthaltungen zu bestimmen.

Um die Nachweise führen zu können, ist gemäß den Regelwerken zunächst ein Rechenmodell für Gleis und Brücke (3) mit vereinfachten Kennwerten für den Verschiebewiderstand (LVW, DSW) des Gleises auf Brücke und Damm (2) zu erstellen. Der Überbau kann durch ein vereinfachtes Modell abgebildet werden, die Längsfesthaltungen sind durch bilineare Längsfedern zu modellieren. Als Einwirkungen (1) sind die vertikalen Verkehrsstreckenlasten q_{vk}, sowie die horizontalen Verkehrsstreckenlasten q_{lak} aus Anfahren und q_{lbk} aus Bremsen zu berücksichtigen. Hinzu kommen die Beanspruchungen infolge einer Temperaturänderung ΔT_D der Überbauten. Die Schienentemperaturänderung ΔT_R ist in den Grenzwerten implizit enthalten [1]. Die Einzellastfälle sind nichtlinear zu berechnen und anschließend linear oder nichtlinear zu überlagern. Als Ergebnis stehen die Lagerreaktionskräfte, die Schienenlängsdruck- und -zugspannungen sowie die Verformungen an den Überbauenden zur Verfügung. Anschließend können die Nachweise der Schienenlängszugspannungen und Schienenlängsdruckkräfte gegen die zulässigen Werte, die Kontrolle der Verformungen δ_B, δ_H und δ_V an den Überbauenden (5) sowie der Nachweis zur Aufnahme der Lagerlängskräfte geführt werden (10).

Technische Formteile aus Kunststoffen



Isolierausrüstung für die Schienenklebestoßverbindung

Bauart «S»

kkv kassebaum Kunststoffverarbeitung

KKV Kassebaum GmbH Chemnitzer Straße 1 A 49078 Osnabrück
Tel.: 0 54 05/23 44 Fax: 0 54 05/33 39 www.kkv-kassebaum.de info@kkv-kassebaum.de

Qualitätssicherung nach DIN EN ISO 9001 : 2015 HPQ + Q 1-Lieferant der Deutschen Bahn AG

Nutzung unter www.marxkrontal.com zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2025

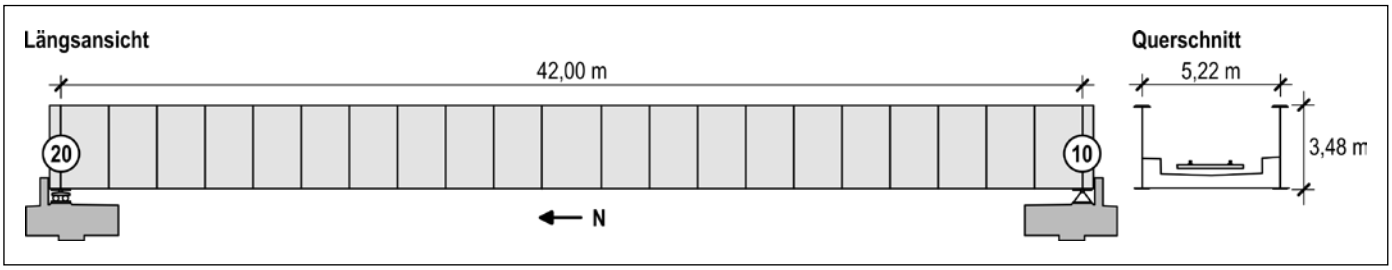


Abb. 3: Längsansicht und Querschnitt der EÜ Schwarze Elster (aus Bestandsplänen nachgezeichnet)

Um perspektivisch eine Nachweisführung der Längskraftabtragung auch für vom Standardschotteroberbau abweichende Oberbauformen zu ermöglichen, wurden vom Projektkonsortium in Übereinstimmung mit der Leistungsbeschreibung des DZSF [7] die folgenden Projektziele identifiziert:

- Dokumentation der theoretischen Grundlagen der anzusetzenden Lastmodelle (1) und des aktuellen Rechenmodells (2, 3, 4)
- Bereitstellung des Längsverschiebewiderstandes (LVW) für verschiedene Oberbauarten im unbelasteten und belasteten Zustand sowie dessen zeitliche Entwicklung (2)
- Bereitstellung des Durchschubwiderstandes (DSW) im unbelasteten und belasteten Zustand für verschiedene Schienenbefestigungen (2)
- Ableitungen zum korrekten Aufbau eines numerischen Gesamtmodells (Brücke, Damm und Oberbau) (3), die aus Versuchen, Parameteruntersuchungen und bisherigen Erfahrungen stammen
- Festlegung der Kombinations- und Überlagerungsvorschriften der zu berücksichtigenden Einwirkungen (4)
- Bereitstellung von Eingangswerten (z. B. Querverschiebewiderstände, Verdrehwiderstände, Ersatzträgheitsmomente) und Berechnungsvorschriften für die Gleislagestabilitätsberechnung nach Meier/Chatkeo [8] für verschiedene Oberbaukonfigurationen (6)
- Bereitstellung von Eingangswerten für das Smith-Diagramm (Dauerfestigkeitsschaubild) zur Bestimmung der für die Gleis-Tragwerk-Interaktion nutzbaren Schienenlängszugspannungen für verschiedene Schienentypen (7)
- Erarbeitung eines Aktualisierungsvorschlags für die Längskraftnachweise für verschiedene Oberbaukonfigurationen mit der Festlegung des jeweils erforderlichen Sicherheitsabstands (10).

Im Zuge des Forschungsvorhabens TraBI werden diese Projektziele adressiert. Dies erfolgt sowohl durch theoretische als auch durch umfangreiche experimentelle Untersuchungen im Labor und an der Versuchsbrücke in Elsterwerda. Nachfolgend wird das geplante Durchführungskonzept vorgestellt, das im dreijährigen Projektzeitraum bis Januar 2028 umgesetzt werden soll. ■

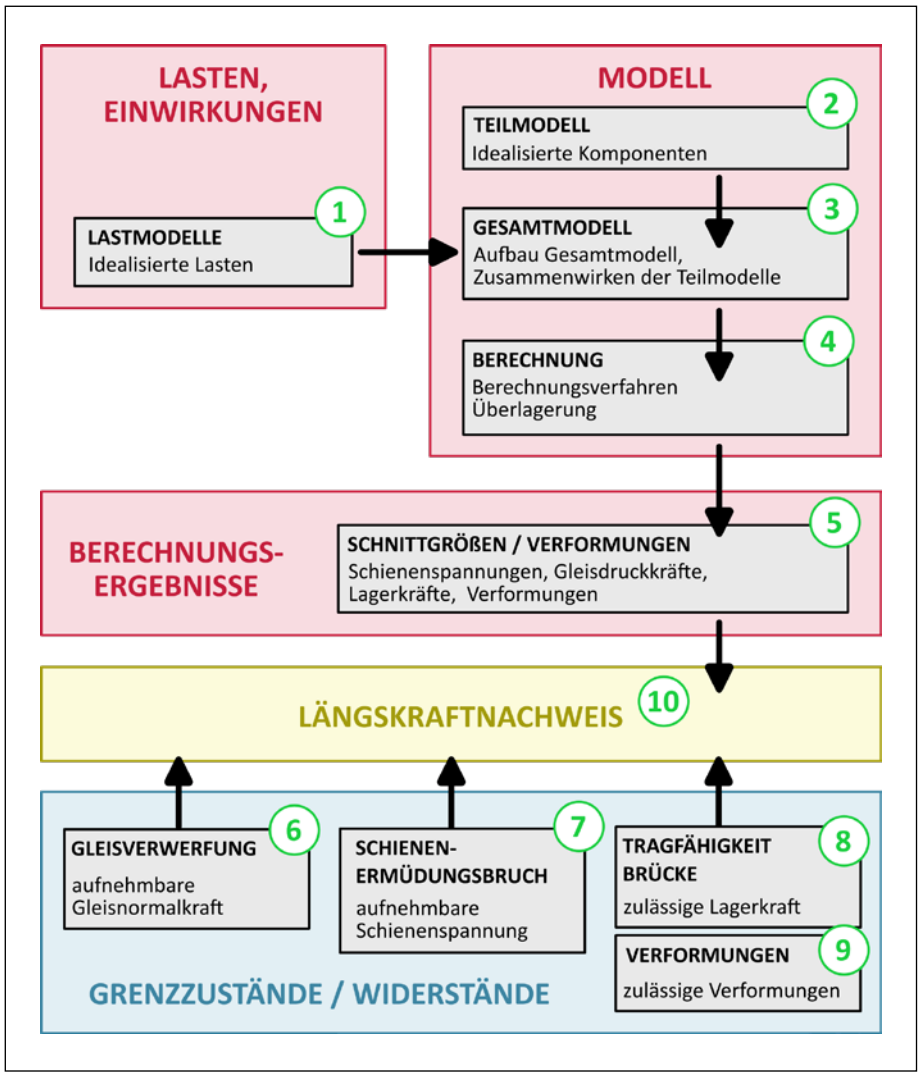


Abb. 4: Prinzipdarstellung der Bausteine des Nachweises der Gleis-Tragwerks-Interaktion

Danksagung

Dieser Aufsatz präsentiert die Ziele und Methoden des Forschungsprojekts – Track-Bridge-Interaction (TraBI) mit dem Förderkennzeichen 5317000058. Die Autoren bedanken sich beim Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung für die Projektfinanzierung, -vergabe, -organisation und -verwaltung.

QUELLEN

[1] Wenner, M.: Messtechnische Validierung der Modelle zum Langzeitverhalten der Gleis-Tragwerks-Interaktion, Dissertation, Hannover, 2019

[2] Freystein, H.: Untersuchungen zu den zulässigen zusätzlichen Schienenspannungen aus Interaktion Gleis/Brücke, Dissertation, Berlin, Shaker, 2012

[3] Kang, C.: Rail track resistance verification considering track-bridge-interaction, Dissertation, Technische Universität Dresden, 2021

[4] Pitters, S.; Wenner, M.; Marx, S.; Diehl, H.; Liu, J.: Neubewertung der Gleis-Tragwerks-Interaktion einer Bestandbrücke – Teil 1 und Teil 2, EI – Der Eisenbahningenieur 04/2022 und 05/2022

[5] Projektskizze – Anlage zum Kooperationsvertrag zwischen dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA) und der DB InfraGO AG zum Projekt Track-Bridge-Interaction (TraBI). Eisenbahn-Bundesamt. 18.04.2024

[6] Diers, J.; Wenner, M.; Slovak, B.; Marx, S.: Zulässige Schienendruckkräfte für den Nachweis der Gleis-Tragwerks-Interaktion bei Fester Fahrbahn, Bautechnik, Volume 100, Heft 8, August 2023, S. 463 - 475

[7] Leistungsbeschreibung – für das Verfahren Track-Bridge-Interaction (TraBI) des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA). Eisenbahn-Bundesamt. 04.07.2024

[8] Chatkeo, Y.: Die Stabilität des Eisenbahngleises im Bogen mit engen Halbmessern bei hohen Axialdruckkräften. Dissertation, Technische Universität München, Lehrstuhl und Prüfamt für Bau von Landverkehrswegen, 1985

Nutzung unter www.marxkrontal.com zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2025

Dr.-Ing. Marc Wenner
Projektleiter Forschungsprojekt TraBI
MKP GmbH, Weimar
marc.wenner@marxkrontal.com

Dr.-Ing. Sebastian Schneider
Projektingenieur
MKP GmbH, Hannover
sebastian.schneider@marxkrontal.com

David Huber, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Technische Universität München
Lehrstuhl und Prüfamt
für Verkehrswegebau, München
davidh.huber@tum.de

Dr.-Ing Chongjie Kang
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Technische Universität Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Massivbau, Dresden
chongjie.kang@tu-dresden.de

Dr.-Ing. Sebastian Plica
Geschäftsführer
Dr. Plica Ingenieure – Beratende
Ingenieure – PartG mbB, München
sebastian.plica@dr-plica-ingenieure.de

Dipl.-Ing. Andreas Hacker
Vorstand
Konstruktionsgruppe Bauen AG,
Kempten
andreas.hacker@kb-group.com

Dipl.-Ing. Randy Nachtigall
Projektingenieur
DB Bahnbau Gruppe GmbH, Dresden
randy.nachtigall@deutschebahn.com

Dr.-Ing. Katarzyna Zdanowicz
Geschäftsführerin
FOLAB GmbH, Weimar
k.zdanowicz@folab.de

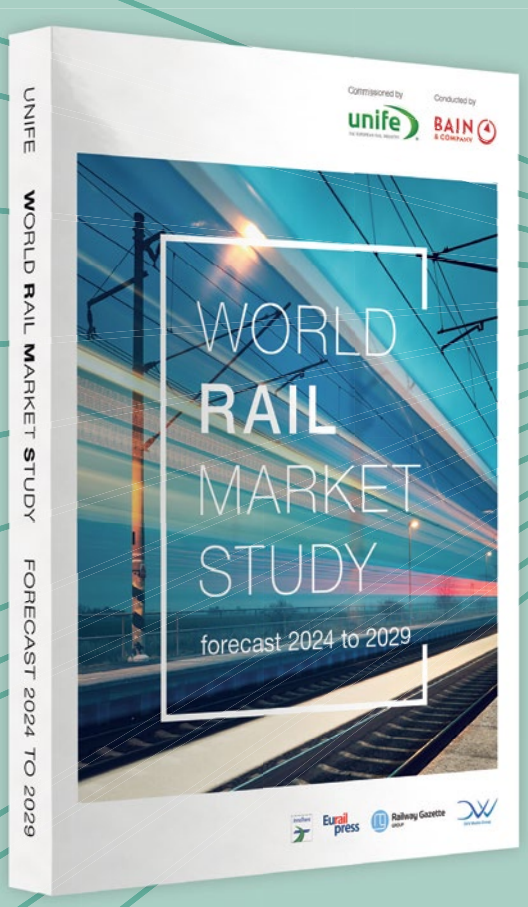
Dr.-Ing. Tomás Arana Villafán
Wissenschaftlicher Referent
Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung (DZSF),
Dresden
aranat@dzsf.bund.de

Nutzung unter www.marxkrontal.com zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2025

WORLD **RAIL** MARKET STUDY

10th edition | forecast 2024 to 2029

Order Now!



Contact: DVV Media Group GmbH I Eurailpress
E-Mail: service@eurailpress.de
Phone: +49 40 237 14-260

Commissioned by UNIFE, conducted by Bain & Company and published by DVV | Eurailpress | Railway Gazette

The 10th edition of the UNIFE World Rail Market Study offers a detailed analysis of the current state and development of the global rail supply market.

The 2024 edition of the study examines 66 countries which account for 99 % of global rail traffic and the full rail supply value chain, including infrastructure, rail control, rolling stock, services, and turnkey management.

The largest study of its kind – Order this unique insight to the world rail market right now!

More information and reading sample at www.eurailpress.de/2024-wrms

Commissioned by

unife THE EUROPEAN RAIL INDUSTRY

Conducted by

BAIN & COMPANY

InnoTrans

Eurail press

Railway Gazette INTERNATIONAL

DVV Media Group

Nutzung unter www.marxkrontal.com zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2025