

ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU



IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN

INFRASTRUKTUR

Schienenfonds: Wenn nicht jetzt, wann dann?
Zustandsbestimmung von Weichen
Einplanung großmaschinenbasierter Prävention
Die Koralmbahn – ein Jahrhundertprojekt

SICHERHEIT

Realisierbarkeit von Bahnsteigbarrieren
und Zugangskontrollen im deutschen Vollbahnsystem

NAHVERKEHR

Hamburgs neue U-Bahn:
Fahrerlos und vollautomatisch



Rail Bücher & Reports

GEBÜNDELTES WISSEN – ÜBERSICHTLICH UND AKTUELL

www.eurailpress.de/reports-buecher

**Jetzt
bestellen!**



Schienenfonds: Wenn nicht jetzt, wann dann?



Liebe Leserinnen und Leser,

unserem Schienennetz geht es schlecht. Ein Blick in den Netzzustandsbericht zeigt: Im Jahr 2024 hat sich der Zustand des Gesamtnetzes gegenüber dem Vorjahr minimal verbessert: von Note 3,03 auf 3,0. Der Zustand von Gleisen, Weichen und Bahnhöfen ist besser geworden. Verschlechtert jedoch hat sich der Zustand der Stellwerke und der Bahnübergänge. Der Weg zu einem stabilen, modernen und leistungsfähigen Schienennetz ist noch sehr weit.

Man fragt sich, wie es so weit kommen konnte. Man fragt sich, wie dieser Sanierungsstau jetzt, da das Sondervermögen da ist, so schnell wie möglich abgebaut werden kann. Und vor allem fragt man sich: Wie können wir verhindern, dass wir je wieder in eine solche Situation kommen?

Nun, es konnte so weit kommen, weil man seit drei Jahrzehnten getreu dem Motto „Infrastruktur verzeiht“ in die Schiene einfach zu wenig und mit unpassenden Finanzierungsinstrumenten investiert hat. Erschwerend kam hinzu, dass der Bund als Eigentümer der Bahn wechselnde Ziele mit dem DB-Konzern verfolgte, die eine konsistente Bahnpolitik verhindert haben.

Der derzeitige Sanierungsstau kann nur beseitigt werden, wenn jetzt über einen langen Zeitraum verlässlich sehr hohe Investitionsmittel in die Schiene fließen. Das Sondervermögen ist in dieser Hinsicht für die Schiene eine gute Nachricht. Jedoch: Der Gesamtbedarf für die Bundesschienenwege von 2025 bis 2030 beträgt 156 Milliarden



Quelle: Erika Borbély Hansen

Euro. Planungssichere Mittel bis 2030 können auf 117,4 Milliarden Euro beziffert werden, woraus ein ungesicherter Finanzbedarf von 38,6 Milliarden Euro resultiert. Hier muss noch nachgebessert werden. Neben einer Entrümpelung und Flexibilisierung der Finanzierungsinstrumente gehören darüber hinaus auch Maßnahmen zur Beschleunigung und

zum Bürokratieabbau dazu, z. B. Stichtagsregeln in Planungsverfahren, Standardisierungen im Umweltrecht oder vereinfachte Vergabe- und Zulassungsverfahren.

Wenn wir in die Zukunft sehen, so kommen wir um zentrale strukturelle Veränderungen nicht herum: Es braucht eine grundlegende Änderung der Finanzierung von Schieneninfrastruktur in Form eines Eisenbahninfrastrukturfonds. Nur ein solches Instrument kann überjährig und mehrjährig, verlässlich und bedarfsgerecht die nötigen Mittel für langfristige Schienenprojekte bereitstellen – denn auch ein Sondervermögen ist endlich.

Der Fonds benötigt darüber hinaus als Steuerungsinstrument einen Infraplan, der die zu realisierenden Projekte dokumentiert und nachhält und der parlamentarischen Kontrolle unterliegt. Der Bund muss als Eigentümer der Bahn hierbei eine entschlossene Steuerungsfunktion einnehmen. Nötig wäre auch ein grundlegender „Schienenkonsens“ unter den demokratischen Parteien im Deutschen Bundestag, der auch mal ein paar Legislaturperioden lang hält. Wann, wenn nicht jetzt, wäre der richtige Zeitpunkt für diese Entscheidungen? ●

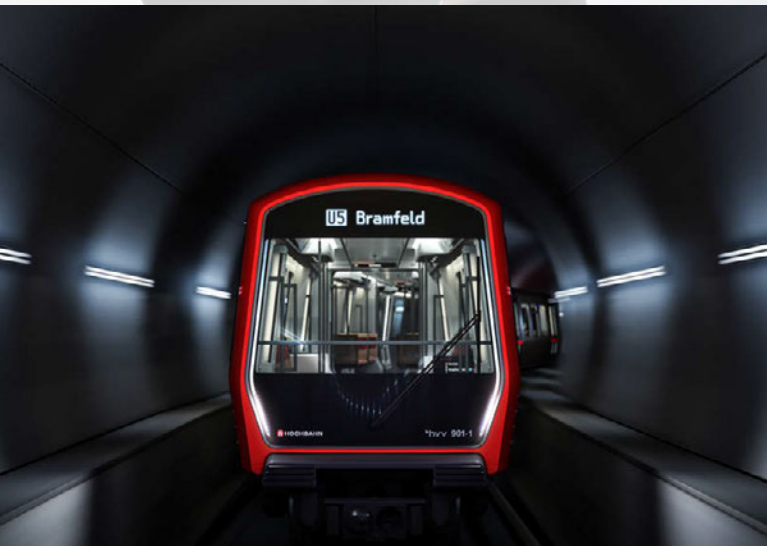
Dr. Heike van Hoorn

Geschäftsführerin, Deutsches Verkehrsforum e.V.



Michail Stahlhut, CEO der Hupac AG, sieht für den Einzelwagenverkehr eine Zukunft

10



Großprojekt U5, Hamburgs neue U-Bahn: fahrerlos und vollautomatisch

36



Die Strategische Netzentwicklung in Österreich – mit Fokus auf die Südachse

64

Inhalt

Gastkommentar

3

Schienenfonds: Wenn nicht jetzt, wann dann?

Heike van Hoorn

Interview

10

Lösungsorientiert miteinander reden

Michail Stahlhut

Verkehr & Betrieb

14

Schutzziele im Eisenbahnverkehr mit innovativer Sicherungstechnik

Richard Kretzschmar | Frederic Reiter

20

Realisierbarkeit von Bahnsteigbarrieren und Zugangskontrollen im deutschen Vollbahnsystem

Maximilian Kliem | Andreas Pfeifer

25

Einfluss des Deutschlandtickets auf Nachfrage und Kundenbindung im SPfV

Andreas Krämer

32

Pods for Healthcare - Ein evolutionärer Ansatz zur Stärkung von Notfallnetzen weltweit

Andreas Liliequist | Armando Carrillo Zanuy | Maria Traunmüller | Dirk Winkler | Walter Struckl

36

Hamburgs neue U-Bahn: fahrerlos, vollautomatisch

Eberhard Krummheuer

Infrastruktur & Bau

40

Optimierung der Zustandsbestimmung von Weichen durch innovative Überwachungssysteme

Nikolas Pesek | Markus Kormesser

44

**Optimierte Einplanung großmaschinenbasierter Prävention
im getakteten Sperrzeiteisystem**

Christian Rucho | Julian Reisch

48

**Der Schienenlebenszyklus im Fahrweg –
eine Ende-zu-Ende-Analyse**

Richard Stock

52

Neue Kunststoffschwelle für den Nahverkehr

Josef Lindlbauer | Martin Schnell | Carola Schwankner

Fahrzeuge & Komponenten

55

**Das Prud'homme-Kriterium: ein Überblick über seine
Anwendung bei der Fahrzeugzulassung**

Roman Schmid | Vesna Micić Batka | Ferdinand Pospischil

Extra: ETR Austria

61

Editorial

62

WESTbahn: Ab März 2026 auf der Südstrecke

64

**Die Strategische Netzentwicklung in Österreich –
mit Fokus auf die Südachse**

Viktor Plank | Bernhard Poimer | Felix Sternath

70

**Koralmbahn: Eine Fahrplan-Revolution nicht nur für
Südösterreich**

Samuel Niemand

76

Die Koralmbahn – ein Jahrhundertprojekt

Klaus Schneider

82

FSV Aktuell

Fünf Fragen an

90

Sektorübergreifende Zusammenarbeit schafft Innovationen

Karsten Kemeter

Rubriken

6

Monitor

84

Marktplatz

87

Veranstaltungen & Termine

88

Impressum**Zum Titelbild**

Die Koralmbahn zwischen den österreichischen Landeshauptstädten Graz und Klagenfurt zählt in ihrer Gesamtheit zu einem der größten Eisenbahninfrastrukturprojekte in Europa. In dieser Ausgabe finden Sie dazu ab Seite 62 mehrere Fachbeiträge. Im Bild zu sehen: Die Draubücke

Quelle: ÖBB/EVmedia

Kontakt**Redaktion:****Ursula Hahn**

T 0 62 03 / 6 61 96 20

ursula.hahn@dvvmmedia.com

Vertrieb:**Markus Kukuk**

T 0 40 / 2 37 14 - 291

markus.kukuk@dvvmmedia.com

Anzeigen:**Silke Härtel (verantw.)**

T 0 40 / 2 37 14 - 227

silke.haertel@dvvmmedia.com

Tim Feindt

T 0 40 / 2 37 14 - 220

tim.feindt@dvvmmedia.com

Nähere Informationen

siehe **Seite 88****Eurailpress Fachartikelarchiv**

Alle ETR-Beiträge sind dauerhaft unter www.eurailpress.de/archiv/ hinterlegt. Finden Sie weitere Aufsätze der Autoren oder nutzen Sie die Volltextsuche

für Ihren individuellen Informationsbedarf. Abonnenten steht dieses Angebot kostenlos zur Verfügung.

Ende September neue/r CEO und neue Agenda



Foto: DB

Nach gut 8 Jahren im Amt wird Richard Lutz den DB Konzern verlassen

Deutsche Bahn | Mitte August gab Bundesverkehrsminister Patrick Schnieder (CDU) bekannt, dass der Vertrag des DB-Vorstandsvorsitzenden Richard Lutz vorzeitig aufgelöst wird. Lutz wird die Geschäfte weiterführen, bis seine Nachfolge geregelt ist. Im Idealfall soll eine Nachfolge bis 22.09.2025 stehen. Für diesen Tag hat Schnieder die Vorstellung einer „Agenda für zufriedene Kunden auf der Schiene“ mit Eckpunkten für eine künftige Bahnreform angekündigt.

Über die anderen DB-Vorstände sei nicht entschieden worden, sagte Schnieder bei der Pressekonferenz, bei der das Ausscheiden von Lutz verkündet wurde. Er deutete aber an, dass seine „Agenda“ für die Deutsche Bahn eine Umsetzung des Koalitionsvertrags-Vorhabens beinhalten dürfte, das eine „Verschlankung“ des DB-Vorstands vorsieht. Als eine Möglichkeit wird gehandelt, das Regionalverkehrs- und Fernverkehrsressort zu „Personenverkehr“ zusammenzulegen.

Bei der Infrastruktur scheint denkbar, dass personell die Rolle der DB InfraGo als Tochtergesellschaft gestärkt wird. Dass das

Bundesverkehrsministerium (BMV) eine umfassende komplette (finanzielle) Abtrennung der Infrastruktur vom Konzern vorsieht, dafür gibt es keinerlei Hinweise. Bleibt die Infrastruktur im Konzern, dürfte sie aufgrund ihrer schieren Größe in irgendeiner Form wohl doch im Konzernvorstand weiter eine Rolle spielen.

Da die Grundzüge seiner „Agenda“ schon stünden und es um die richtige Person für deren Umsetzung gehe, sieht Schnieder sein Vorgehen im Einklang mit dem Motto, bei der Schiene und dem DB-Konzern erst das Zielbild und dann die Personalien anzugehen.

Richard Lutz ist seit März 2017 Vorstandsvorsitzender der DB. Bei der Deutschen Bahn ist er schon seit 1994. Bevor er CEO wurde, war Lutz von 2010 bis 2017 schon im Vorstand, zuständig für Finanzen und Controlling. In seine Zeit als Vorstandsvorsitzender fielen die beiden Jahre mit Lockdowns wegen des Corona-Virus (2020 und 2021) sowie die Entscheidungen zur bewussten Verkleinerung des Konzerns: So wurden DB Arriva und DB Schenker verkauft.

(dr/jgf) •

1. HJ mit etwas weniger Verlust

Deutsche Bahn | Die Deutsche Bahn AG hatte im 1. Halbjahr 2025 ihren operativen Verlust (Ebit) auf –239 Mio. EUR (Vj: –1225 Mio. EUR) und den Nachsteuerverlust auf –760 Mio. EUR (Vj: –1604 Mio. EUR) reduzieren können. Das zeigt der Zwischenbericht.

Die höchste absolute Verbesserung von knapp 500 Mio. EUR zum insgesamt um rund 1 Mrd. EUR verbesserten Ebit trug DB InfraGo bei. Getrieben war dies vor allem durch Bundesmittel, die „ganz wesentlich“ zum Anstieg der „sonstigen betrieblichen Erträge“ um 728 Mio. EUR beitrugen: Im Vorjahreshalbjahr waren Vorleistungen für Instandhaltung noch nicht ausgeglichen worden und drückten das Ergebnis. Steigern konnte DB InfraGo auch den Umsatz um 5,7 %, aus Trassenerlösen um 12,2 %.

DB-Vorstandsvorsitzender Richard Lutz und der kommissarische DB-Finanzchef Martin Seiler betonten bei der Vorstellung der Halbjahreszahlen, dass das über das Halbjahresziel verbesserte Ebit des Konzerns auch dem „Kurs strikter Kostendisziplin“ zu verdanken sei. Die Einsparungen für „Sachaufwände“ bezifferte Seiler auf rund 100 Mio. EUR. Außerdem sei der Personalaufwand um rund 2300 Vollzeitpersonale gesenkt worden; bis 2027 sollen es 10 000 sein.

DB Regio erreichte ein positives Ebit. DB Fernverkehr verringerte sein Ebit-Minus und fing mit um 5,2 % gestiegener Verkehrsleistung den Nachfragerückgang 2024 (u. a. wegen Streiks) ab; gerade Geschäftsreisende konnten aber wenig überzeugt werden. Die Pünktlichkeit verbesserte sich leicht auf 63,4 %, blieb aber unter dem Zielwert von 65 %. DB Cargo erreichte seine Ebit-Verbesserung auf –96 Mio. EUR (VJ.: –261 Mio. EUR) nur mit starker Schrumpfung mit –16 % Verkehrsleistung und –9,1 % Gesamtumsatz.

Die Netto-Finanzschulden sanken um rund ein Drittel. Dafür wurde der Großteil des Schenker-Erlöses von 14,3 Mrd. EUR genutzt; mit weiteren 3 Mrd. EUR aus diesem wurden laut Seiler Verbindlichkeiten abgelöst, der Rest investiert.

(dr/jgf) •

DB unter Lutz	(2016 *)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Umsatz in Mrd. EUR	40,56	42,70	44,07	44,43	39,90	47,08	52,09	26,09	26,20
Ebit bereinigt in Mio. EUR	1946	2152	2111	1837	-2903	-1552	1225	-2180	-333
Roce ** (Return on capital employed) in %	5,9	6,1	5,8	4,3	-7,0	-3,6	2,7	-4,5	-0,6
Pünktlichkeit in % Personenfernverkehr	78,9	78,5	74,9	75,9	81,8	75,2	65,2	64,0	62,5

Quelle: DB Investor Relations, Tabelle: ETR

* Jahr vor CEO-Antritt, zum Vergleich

** Werte angepasst: 2022 wg. Umgliederung DB Arriva, 2023 wg. Umgliederung DB Schenker

„Digitaler Befehl“ ab Dezember 2025

Betrieb | Ab dem Fahrplanjahr 2026 (ab 14. Dezember 2025) kann der Digitale Befehl bundesweit erprobt werden. Das hat DB InfraGO angekündigt und konkretisiert. Der Digitale Befehl soll das Befehlsverfahren im Vergleich zum heutigen, schriftlichen Befehl (meist fernmündliche Übermittlung) effizienter machen. Ein Befehl wird von Fahrdienstleiter oder -leiterin (Fdl) an Triebfahrzeugführer oder -führerin (Tf) bei betrieblichen Besonderheiten, etwa Signalstörungen, erteilt.

Im heutigen, schriftlichen Verfahren nehmen dafür Fdl und Tf per GSM-R-Zugfunk Kontakt auf; der Fdl diktiert dem Tf den Befehl, dieser schreibt ihn auf einem Vordruck nieder und wiederholt ihn zur Prüfung gegenüber dem Fdl.

Der Digitale Befehl wird dagegen digital vom Fdl als „Befehlsnachricht“ verfasst und in einer Cloud abgelegt, erklärt DB InfraGO das Verfahren. Parallel erhält der Tf per SMS über GSM-R einen Zugriffscode, über den er mit einem Endgerät wie Tablet oder Smartphone die Befehlsnachricht aus der Cloud abrufen kann. Einsicht in den Befehl erhält der Tf nach Stillstand des Zuges (digitaler Standortabgleich).

Vorteil sei u.a. eine Zeitersparnis durch Wegfall von Diktieren und Wiederholen, durch Vorbereitung und Übermittlung von Befehlen auch während der Zugfahrt sowie durch Möglichkeit der Verwendung digitaler Befehlsvorlagen.

DB InfraGO hat eine Übersicht veröffentlicht, auf welchen Strecken die Fdl in den zuständigen Stellwerken schon für die Erprobung geschult sind. Der Anwendungsbereich soll während der Erprobung monatlich erweitert werden. Noch ist er als PDF-Übersicht verfügbar; er soll vermutlich ab Oktober jeweils aktuell in der interaktiven Karte des Infrastrukturregisters (ISR) abgebildet sein.

Regelbetrieb ab 2027 geplant

EVU können sich bei DB InfraGO online freiwillig zur Teilnahme am erweiterten Pilotbetrieb registrieren. Es sind die technischen Voraussetzungen (SMS-fähige GSM-R-Bordgeräte, Endgeräte auf aktuellem Stand der Technik) zu erfüllen, die Tf zu schulen und Befehlsvordrucke als Rückfallebene vorzuhalten. Außerdem tragen EVU die „geteilten Risiken“ mit; dazu zählt u.a. eine etwaige geringere Verarbeitungstiefe beim Tf durch fehlende mündliche Wiederholung, der vorgebeugt werden muss. Während der Erprobungsphase wird vom Fdl kurz beim Tf abgefragt, wie der Befehl übermittelt werden soll.

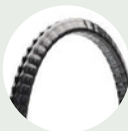
Für das Fahrplanjahr 2027 will DB InfraGO den Regelbetrieb des Digitalen Befehls aufnehmen, ihn in Richtliche 408 aufnehmen und zum primären Verfahren machen. Der schriftliche Befehl bleibt als Rückfallebene jedenfalls erhalten. (jgf) •

In Kürze

BNetzA: Viel mehr Trassen-Ablehnungsverfahren | DB InfraGO hat die Bundesnetzagentur (BNetzA) zum Netzfahrplan 2026 über eine deutlich gestiegene Zahl beabsichtigter Ablehnungen einer Zugtrasse unterrichtet. In der Verfahrensauflistung der Beschlusskammer (BK) 10 stehen über 350 Unterrichtungen. Betroffen sind SGV, SPNV und SPFV. Für die Netzfahrpläne 2024 und 2025 waren es laut BNetzA-Tätigkeitsbericht um die 200 Ablehnungen, die BK-10-Auflistung führte um die 140. In 2023 und 2024 hat die BNetzA keine beabsichtigte Ablehnung beanstandet. (jgf)

Projektgruppe Bürokratie-Abbau im BMV gegründet | Das Bundesministerium für Verkehr hat eine neue Projektgruppe „Staatsmodernisierung und Bürokratierückbau“ eingerichtet. Sie ist an die Unterabteilung EU-Angelegenheiten und internationale Beziehungen angebunden, die wiederum zur Abteilung Grundsatzangelegenheiten gehört. Der schwarz-rote Koalitionsvertrag sieht für alle Ministerien Bürokratieabbaupflichten vor. Jedes Ressort soll in eigener Verantwortung zum angestrebten 25-prozentigen Abbau von Bürokratiekosten für die Wirtschaft beitragen. Ein Bürokratierückbaugesetz soll kommen, die Umsetzung jährlich ressortscharf transparent gemacht werden. Zur Identifikation von Bürokratie soll jedes Bundesministerium mehrere Praxischecks pro Jahr durchführen. (jgf)

Die beste Abdichtung und der beste Kabelschutz für Schienenfahrzeug-Hersteller



Zertifizierung hinsichtlich Flamm-, Rauch- und Toxizität (FST)

Spring-Fast® SL-FST – EN 45545-2 flamm- und hitzebeständig, raucharm, geringe Toxizität.

Seal-Fast – EN 45545-2 flamm- und rauchbeständig



Silikon und TPE

Spring-Fast SL-FST – TPE beständig gegen Hitze, Witterungseinflüsse und UV-Strahlung

Seal-Fast – Silikon ist flexibel, langlebig, beständig gegen Hitze, Witterungseinflüsse und UV-Strahlung.



Metallverstärkt

Spring-Fast SL-FST – Der gekapselte Stahlkern benötigt keinen Klebstoff – spart 49 % Kosten im Vergleich zu geklebten Nylon-Alternativen

Seal-Fast – Edelstahlkern sorgt für Kantenfestigkeit bei Stößen und Vibrationen.



DTI device technologies GmbH

Kostenlose Musterkits finden Sie unter [Devicetech.com/samples](https://www.Devicetech.com/samples)

DTI device technologies GmbH +49 40 350 85 128

Köpfe & Karrieren

Arlene Bühler wechselt zur BLG |

Ab November 2025 wird Arlene Bühler als Chief Information Officer (CIO) den IT-Bereich der BLG-Gruppe leiten. Bühler, die 2022 mit dem Titel CIO of the Year ausgezeichnet wurde, wechselt von der DB Cargo AG, wo sie derzeit als Chief Information & Chief Digital Officer die Digitalisierung des Unternehmens leitet. Unter ihrer Leitung wurden unter anderem eine agile Produktorganisation etabliert, cloudbasierte Plattformen eingeführt und innovative KI-gestützte Lösungen umgesetzt. Sie war schon zuvor bei Volkswagen und Siemens tätig. (cm)



ÖVG mit drei neuen Landesleitungen |

Die Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (ÖVG) hat die Leitung von drei Landesstellen neu besetzt: Matthias Landgraf für die Landesstelle Steiermark, Barbara Komarek für die Landesstelle Niederösterreich und Stefan Klügl für die Landesstelle Oberösterreich. Landgraf ist seit Februar 2023 als Gründer CEO von Evias | efficiency.railway.science. Parallel ist er seit Oktober 2011 an der TU Graz, derzeit als Privat-Dozent am dortigen Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft. Komarek ist seit Oktober 2018 Geschäftsführerin der NÖVOG. Klügl war von 2006 bis August 2021 im Knorr-Bremse-Konzern tätig, wechselte dann für zwei Jahre zu Plasster & Theurer in den Vertrieb und machte sich im Juni 2024 als Berater mit dem Unternehmen teamhoch3 e.U. selbstständig. (cm)

Veränderungen bei Hitachi Rail GTS

Deutschland | An der Spitze der Hitachi Rail GTS soll es demnächst Veränderungen geben, wie die ETR-Schwester *Rail Impacts* aus zuverlässiger Quelle erfahren hat. Demnach soll Markus Fritz seine bisherige Aufgabe als Country Director & Managing Director bei der Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH aufgeben und sich ab Oktober 2025 strategischeren Aufgaben widmen. Als Vice President Markets Germany & Global Account Manager Deutsche Bahn bei Hitachi Rail soll Fritz künftig für die Positionierung von Hitachi Rail auch für Fahrzeuge und digitale Lösungen verantwortlich sein. Seine bisherigen Aufgaben soll Isabel Vollers als Country Director & Managing Director Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH übernehmen. Vollers ist bislang Head of Mainline Wayside & Infrastructure DACH bei Alstom. (jsh/cm)

Brückenzustands-Entwicklung stabilisiert

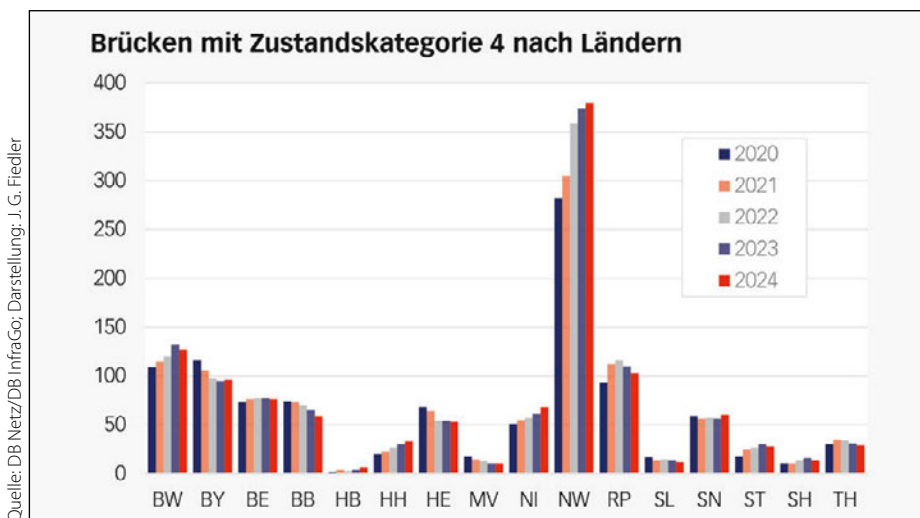
Infrastrukturkataster | DB InfraGO inklusive DB RegioNetz Infrastruktur konnte die Entwicklung des Zustands ihrer Brücken im Jahr 2024 stabilisieren. Das zeigt eine Auswertung des Infrastrukturkatasters, das als Teil des Infrastrukturzustands- und -entwicklungsberichts (IZB) veröffentlicht wird. Dieser ist laut Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV) vorgeschrieben.

So konnte der seit Jahren andauernde Trend eines zunehmenden Anteils von Brücken in Zustandskategorie (ZK) 4 bei bundesweit rund 4,5 % und auch deren absolute Zahl bei 1156 stabilisiert werden. ZK 4 bedeutet, dass eine Brücke „gravierende Schäden am Bauwerk/Bauwerksteil, welche die Sicherheit noch nicht beeinflussen“, aufweist. „Eine wirtschaftliche Instandsetzung“ sei „nicht mehr möglich“. Die Entwicklung je Bundesland weist deutliche Unterschiede auf (siehe Grafik).

Gleichzeitig konnte der zuvor seit Jahren gesunkene Anteil an Brücken in der besten ZK 1 bundesweit wieder über 30,5 % gehoben werden.

Ein ähnlicher Trend zeigt sich bei der rechnerischen mittleren ZK: Von 2,063 im Jahr 2020 verschlechterte sie sich bundesweit bis 2023 kontinuierlich auf 2,084; In 2024 sank sie erstmals wieder leicht auf 2,080. 2024 wiesen Mecklenburg-Vorpommern (1,792), Hessen (1,856) und Schleswig-Holstein (1,885) den besten mittleren Zustand auf, Nordrhein-Westfalen (2,37) und Bremen (2,224) den schwächsten.

Gewichtet nach Brückenfläche im m² zeigt der IZB etwas schlechtere bundesweite ZK-Werte um 2,15, aber ebenfalls eine Stabilisierung. Auch im nach anderer Notenlogik erhobenen „InfraGo-Zustandsbericht“ gab es 2025 eine Stabilisierung auf 2,80 (von 2,81). (jgf) •



ETCS wird Signal-Standard in Australien

Digitalisierung | Die australischen Infrastruktur- und Verkehrsminister haben bei einem Treffen am 11. August 2025 beschlossen, dass alle künftigen Signalsysteme den ETCS-Standard (European Train Control System) erfüllen müssen. Außerdem wird eine Vereinheitlichung der Eisenbahnstandards für alle Bundesländer angestrebt. Beides soll dazu beitragen, dass künftig Bahngesellschaften auch die Netze anderer Bahnbetreiber befahren könnten; dies wird bisher durch historisch

gewachsene Unterschiede stark erschwert. Einheitliche Regelwerke über den Bau von Reisezugwagen sollen dazu beitragen, dass nunmehr der australische Anteil bei der Fahrzeugfertigung deutlich höher ausfallen und nicht zuletzt die Fahrzeuge auch kostengünstiger gebaut werden können. Auch aus Resilienzgründen wolle man Fertigungskapazitäten im eigenen Land ausbauen. Branchenvertreter würdigten vor allem die Einigung auf den ETCS-Standard als „historisch“. (fm) •

Sechs Monate wasserstoffbetriebener Zugbetrieb

Heidekrautbahn | Der „inzwischen“ sehr stabile und zuverlässige Betrieb mit Wasserstoffzügen sei „in Deutschland derzeit einzigartig“, zog Sebastian Achtermann, Geschäftsführer der Niederbarnimer Eisenbahn (NEB), laut einer Mitteilung der Länder Berlin und Brandenburg eine erste Bilanz. Seit Dezember 2024 verkehren sie auf der von der NEB bedienten Strecke der RB27 zwischen Berlin-Karow und Schmachtenhagen bzw. Groß Schönebeck – nach ersten „kleineren Anlaufschwierigkeiten, die aber lediglich logistischer und nicht technischer Natur waren“ – laufe der Betrieb stabil. Im Vorfeld von Skeptikern erwartete „ähnliche Probleme wie bei anderen deutschen Wasserstoffprojekten im Regionalverkehr“ seien ausgeblieben. Eingesetzt werden zweiteilige Wasserstoff-Züge vom Typ Mireo Plus H des Herstellers Siemens Mobility. Teil des Projekts ist außerdem der Aufbau einer regionalen, nachhaltigen Wasserstoffinfrastruktur. Im September 2025 soll der Spatenstich zum Bau eines Wasserstoffwerkes des brandenburgischen Unternehmens Enertag nahe der Bahnstrecke erfolgen. Die von den Kreiswerken Barnim errichtete Tankstelle sei in den Probetrieb überführt worden. Brandenburgs Finanzminister Robert Crumbach (BSW) blieb etwas zurückhaltend: Der Alltagstest könne auch ergeben, dass derzeit noch nicht genügend grüner Wasserstoff verfügbar sei. Arne Herz, zuständiger Berliner Staatssekretär für Mobilität und Verkehr, erwartet vom weiteren Projektverlauf „Erkenntnisse, ob diese Technologie möglicherweise auch für andere Strecken geeignet sein könnte“.

(jgf/fm) •

Katalonien gründet mit Renfe eigene Bahn für Nahverkehr

Wettbewerb | Die katalonische Regionsregierung (Generalitat de Catalunya) gründet zusammen mit der Staatsbahn Renfe Viajeros ein Unternehmen, das ab 2026 den Betrieb von Nah- (so wohl das Vorortzugsystem „Rodalies“ Barcelonas) – und Regionalverkehren übernehmen soll. Die spanische Regierung hat die Gründung der „Rodalies de Catalunya S.M.E., S.A.“ am 29. Juli 2025 genehmigt. An dem Unternehmen hält Renfe Viajeros einen Anteil von 50,1 %, die Generalitat von 49,9 %. Im Verwaltungsrat dagegen hat die Generalitat fünf Sitze, der spanische Staat (als Renfe-Eigentümer) vier. Betriebliche Ressourcen stellt Renfe.

Laut spanischer Regierung stellt die Konstruktion „die Koordination mit dem nationalen Eisenbahnsystem“ und gleichzeitig die Anwendung des Renfe-Tarifvertrags sicher. Die Wirtschaftszeitung Economista vermutet als Hintergrund, dass die künftig EU-rechtlich vorgeschriebene, wettbewerbliche Ausschreibung von Leistungen verhindert werden soll. Die Konstruktion soll wohl eine Direktvergabe an „Rodalies de Catalunya“ als „internen Betreiber“ der Region ermöglichen. Laut Economista sei der Fall aber komplizierter als etwa bei den öffentlichen Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya. Auch die Regulierungsbehörde habe geäußert, Wettbewerbsregeln gälten auch für autonome Behörden.

(wkz/jgf) •

Handbuch Eisenbahnbrücken

Komplett überarbeitet und deutlich erweitert:
Das Standardwerk behandelt praxisorientiert
**Bauformen, Brückensysteme, Tragwerksformen,
Unterbauten, Ausrüstungselemente sowie
Bauverfahren und Behelfsbrücken.**

**NEUAUFLAGE**

3. Auflage Juni 2025,
Autoren: Tristan M. Mölter,
Michael Fiedler, Rolf H. Pfeifer,
1.089 Seiten, Hardcover,
ISBN 978-3-96245-270-4,
Print mit E-Book Inside € 139,-*
[www.trackomedia.com/
eisenbahnbruecken](http://www.trackomedia.com/eisenbahnbruecken)

MIT
E-BOOK
INSIDE

Mehr Infos und Bestellung:
www.trackomedia.com

**NEU**MIT
E-BOOK
INSIDE

**Handbuch
Entwerfen von Bahnanlagen**
Print mit E-Book Inside € 118,-*
[www.trackomedia.com/
bahnanlagen](http://www.trackomedia.com/bahnanlagen)

**NEUAUFLAGE
Jetzt bestellen!**MIT
E-BOOK
INSIDE

Der Gleislag auf der Spur
2. Auflage September 2025,
Print mit E-Book Inside € 59,-*
[www.trackomedia.com/
gleislag](http://www.trackomedia.com/gleislag)

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:
Tel.: +49 7953 718-9092
E-Mail: office@trackomedia.com
Online: www.trackomedia.com

PER POST:
GRT Global Rail Academy and
Media GmbH / TrackoMedia
Kundenservice
D-74590 Blaufenfelden

Unsere Bücher erhalten Sie auch im gut sortierten Buchhandel.

Lösungsorientiert miteinander reden

Michail Stahlhut kennt beides: Kombinierten Verkehr und Einzelwagenverkehr. Der CEO eines Intermodaloperators sieht für den Einzelwagenverkehr eine Zukunft bei starker Kundenorientierung und Asset-Optimierung.

Michail Stahlhut sieht auch die verladende Industrie in der Verantwortung beim Einzelwagenverkehr, besonders bei der Wagenauslastung.

Der Einzelwagenverkehr in Deutschland wird gerade grundsätzlich in Frage gestellt. Grund ist die Lage bei DB Cargo, die innerhalb von zwei Jahren aus einer Verlustzone im hohen dreistelligen Millionen-Bereich herauskommen und profitabel werden muss. Einzelwagenverkehr ist wirtschaftlich nicht zu betreiben, lautet die Aussage. Sie kennen beides, den Einzelwagenverkehr (EWV), der bei DB Cargo vor 2025 durch die Verlustübernahme durch den DB Konzern indirekt querfinanziert wurde, und den Kombinierten Verkehr (KV), der sich schon immer selbst rechnen musste. Ist der Einzelwagenverkehr ihrer Ansicht nach noch zu retten?

Ich bin jetzt zwar Chef der Hupac, doch angefangen habe ich meine Eisenbahnreise bei der DB Cargo. Ich bin ein Eisenbahnmensch. Es ist, wie man in der Schweiz sagt, mühsam diese Erosion zu sehen, zumal ich weiß, dass bei DB Cargo genug intelligente Menschen arbeiten, um die Dinge in eine positive Richtung zu verändern. Der Kombinierte Verkehr könnte und sollte weiter ausgebaut werden. Wir haben in Europa die Aufgabe unsere großen Städte und Metropolen zu versorgen. Auch eine weitere Containerisierung ist sicher hilfreich, um bei Industrien, die in Deutschland und Europa in den letzten 200 Jahren gewachsen und dadurch verstreut sind, mit der Stärke der Eisenbahn und der Lastmile-Kompetenz der Straße zu vernetzen. Es gibt viele Unternehmen, die in der Fläche angesiedelt sind und die so eine Logistik über die Schiene intermodal ermöglichen. Doch es gibt immer

noch genügend Fälle, in denen der Einzelwagenverkehr die richtige Lösung ist, in Industriezentren mit bahnaffinen Produkten wie Stahl, Chemie, Papier oder Holz beispielsweise.

Was müsste sich verändern, damit der Einzelwagenverkehr eine Chance hat, profitabel zu sein?

Wenn man sich die großen Industriestandorte in Deutschland betrachtet, in denen die bahnaffinen Industrien vertreten sind, und um diese Zentren einen Radius von 400 km zieht, zeigt sich, dass wir in Deutschland eine Hand voll Zugbildungsanlagen brauchen, sicher nicht mehr. Man muss sich auch Gedanken machen, ob man diese Filetanlagen nur dem konventionellen Verkehr zuführt oder ob man in einigen Anlagen zudem auch gleich KV-Terminals ansiedelt, das reduziert die Kosten und erhöht die Anlageneffizienz. Diese Zugbildungsanlagen sollten weitgehend automatisiert sein. In der Zukunft Menschen für die einfachen Zugbildungsarbeiten zu finden wird uns schwer fallen. Die Ferntraktion zwischen den Rangierbahnhöfen ist

unproblematisch, diese kann sicher wirtschaftlich produziert werden. Im Grunde sind dies ja Ganzzüge und hier hat die Markttöffnung gezeigt, dass dies leistungsstark produziert werden kann. Die Aufgabe beginnt in der Fläche und beim Laderaum. Eine Lösung müsste gefunden werden für das Rangieren von und zum Rangierbahnhof, sei es als „Service Public“, wie es in der Schweiz gesagt wird, also als öffentlicher Dienstleistungsauftrag, oder über andere anschließende Instrumente. Solange es keine selbstfahrenden Güterwagen gibt, ist dieser Teil eines Verkehrs immer teuer, da eine Lok und der Lokführer immer nur wenige Wagen ziehen. Außerdem müsste die Industrie in die Verantwortung für die Auslastung der Wagen stärker als heute eingebunden werden. Wenn Wagen nur maximal zwei Umläufe die Woche fahren, dann ist dies zu wenig und unrentabel.

Wie könnte die Industrie Verantwortung für die Wagen übernehmen?

Es gibt mehrere Ansatzpunkte. Die industriellen Partner des Einzelwagenverkehrs sollten

Foto: Hupac

die Verantwortung für die Auslastung der Waggonflotte und damit auch für Paarigkeit und Frequenz der Verkehre übernehmen. Denkbar wäre, dass spezielle Wagen für die einzelnen Industrien entwickelt werden, die höchstmögliche Paarigkeit ermöglichen und dass dann die Industriegemeinde die Verantwortung für das operative, aber warum nicht auch für das bilanzielle Management, dieser dedizierten Wagenparks übernimmt. Es gäbe dann einen Logistikverkehr, der ganz auf die Bedürfnisse bestimmter Industrien konzentriert ist und bei dem Alle, auch die Kunden, eine aktive Rolle bei der Gestaltung profitabler oder leistungsstarker Verkehre spielen. Und es gäbe den bereits heute gut funktionierenden Kombinierten Verkehr. Beide Systeme decken dann zusammen genommen den Bedarf an Schienengüterverkehr ab, doch als getrennte Systeme.

Der Einzelwagenverkehr also als spezielles Logistiksystem einiger Industrien, beinahe so etwas wie Intra-Logistik für gesamte Branchen.

Die Industrien, die den Einzelwagenverkehr brauchen, können die Verantwortung hierfür nicht mehr wie bisher an das Bahnsystem abgeben. DB Cargo musste bisher alle großen Kostenblöcke und -risiken alleine tragen, besonders die Auslastung des Wagenparks und die teure Nahbereichstraktion. Die Industrie in die Verantwortung zu nehmen heißt dann auch, dass die Auslastung der Wagen deutlich erhöht wird und ein rollendes Lager eben dann auch seinen ganz eigenen Preis hat. Es wird meines Erachtens viel partnerschaftlicher, transparenter und leistungsstärker. Die Ferntraktion ist kein Problem, die kann man gut profitabel gestalten – doch für die beiden anderen Kostenblöcke müssen gemeinsame

Lösungen gefunden werden. Hier müssen Alle lösungsorientiert miteinander reden – ich hoffe, dass wir hierzu in Deutschland noch in der Lage sind. Ich sehe den Einzelwagenverkehr weiterhin als Bestandteil der industriellen Vernetzung einer starken deutschen Industrie und darüber hinaus auch in Europa. Also als großes Logistikkonzept für bestimmte über den Kontinent mit einander vernetzte Industrien.

Welchen Anreiz hätte die Industrie, sich auf die zusätzliche Verantwortung für die Wagen einzulassen?

Nicht alle Transporte können auf die Straße verlagert werden. Das ist den Entscheidungsträgern der verarbeitenden Industrie klar. Die Leistung muss auf der anderen Seite auch stimmen, da kann sich die Bahnbranche auch nicht aus der Verantwortung nehmen. Man benötigt zwischen handelnden Partnern eben ein gemeinsames Krisenverständnis.

Augenblicklich scheint die einzige gemeinsame Haltung zu sein, nach staatlicher Subventionierung des Einzelwagenverkehrs zu fragen.

Wir müssen im Bahnsystem damit aufhören, nach Geld zu schreien „weil es uns so schlecht geht“. Das kann doch keiner mehr hören. Die große Gießkanne bringt gar nichts. Vielleicht braucht es hier und da eine Anschubfinanzierung, Ausgleichshilfen, Umleitungsentgelte für drei bis fünf Jahre. Ich nenne Ihnen technische Beispiele: für die Anschaffung besserer Rangierloks, für die Installation automatisierter Bremstechnik oder für weitere Automatisierung in den Rangieranlagen. Man kann nicht immer nur nach Geld schreien, sondern muss sich manchmal auch fragen: Gibt es andere Möglichkeiten? Immer nur nach staatlicher För-

Nicht alle Transporte können auf die Straße verlagert werden.

derung zu fragen, ist mir nicht intelligent genug und vor allem macht das den Eindruck, dass das Fass Bahn keinen Boden hat. Beschreiben wir doch das nötige Fundament und sagen uns: Dieses Zielbild für den Einzelwagenverkehr und das Bahnsystem wollen wir erreichen und dann bewegen wir uns darauf gemeinsam zu.

In den vergangenen Jahren wurde versucht, mehr Wettbewerb in den Einzelwagenverkehr hineinzutragen, z.B. über die Betriebskostenförderung, die allen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) offensteht. Ist es da sinnvoll, sich von den Wagen zu trennen, denn oft bekommt der den Auftrag, der die Wagen hat.

Assets können ein Pluspunkt sein, aber auch ein Minus, wenn sie zu wenig ausgelastet sind und damit eine große Kostenbelastung. Die Industrie ist geübt darin, ihre Produktionsmittel zu optimieren, doch bisher war sie nicht gefordert. Die Schienenlogistik spielte bisher in der industriellen Fertigung eine untergeordnete Rolle, die Optimierung der eigenen Fertigungsprozesse eine große. Das würde sich ändern, wenn die bahnaffinen Industrien ihren eigenen Fahrzeugpool managen würden. Trauen wir uns das System anders zu denken. Und es ist dann doch klasse, dass ein Verlagerer eventuell bei einer miserablen Leistung auch wählen kann, diese in einem offenen System anders zu erstellen.

Michail Stahlhut

CEO der Hupac AG, Chiasso

Michail Stahlhut übernahm 2020 die Führungsposition beim Intermodaloperator Hupac; zuvor war er in Vorbereitung

seit 2018 Geschäftsführer der operativen Tochtergesellschaft Hupac Intermodal. Der Eisenbahningenieur Stahlhut startete seine Laufbahn im Güterverkehr der Deutschen Bahn (DB), wo er zuletzt für die Produktionsregion Mannheim zuständig war. Nach Führungs- und Geschäfts-

leitungspositionen bei verschiedenen Privatbahnen (Eichholz, Ostthannoversche Eisenbahn, Arriva) übernahm Michail Stahlhut dann 2010 die Geschäftsleitung der neu gegründeten SBB Cargo International mit ihren Landesgesellschaften in Deutschland und Italien.

Ich vermute, dass die Transportpreise für die Industrie oft zu niedrig waren, weil die „wahren Kosten“ des Einzelwagenverkehrs letztendlich nicht angesetzt werden mussten, weil es immer die Verlustübernahme gab, dass also der Druck, profitabel zu sein, nicht so groß war.

Niemand kann glauben, dass es profitabel sein kann, mit einer großen eventuell zwanzig Jahre alten Rangierlokomotive zwei Wagen beim Verloader abzuholen. Das ist im Grunde absurd. Man muss sich jetzt mit Intelligenz anschauen, welche Regionen sich für den Einzelwagenverkehr eignen und welche nicht und wo ich eine Netzwirkung erzeuge: Wo kann der Einzelwagenverkehr profitabel sein, mit welchem Logistikkonzept und mit welcher Technik? Für Regionen, wo er nicht profitabel durchgeführt werden kann, kann sich die Politik eine Anschubförderung überlegen, wenn anschließend Profitabilität durch Technik und Automatisierung erreicht werden kann. Wenn dies nicht möglich ist, kann sich die öffentliche Hand entscheiden, ob sie hier den Einzelwagenverkehr über öffentliche Ausschreibungen dauerhaft aufrechterhalten will. Das gilt natürlich nur für die Nahtraktion - die Ferntraktion kann immer wirtschaftlich betrieben werden, das ist mega easy.

Also eine differenzierte Mischung: freier Markt und Wettbewerb gemeinsam mit staatlicher Übernahme von Grundversorgung?

Bisher lautete die Gleichung immer: Wer Einzelwagenverkehr will, muss DB Cargo stützen. Durch die Betriebskostenförderung im Einzelwagenverkehr wurde der Markt jetzt geöffnet. Das ist gut so. Der nächste Schritt wäre eine Analyse, wie oben beschrieben, welche Region wirklich Förderungsbedarf hat und welche auf staatliche Förderung angewiesen ist. Im Ruhrgebiet ist wahrscheinlich eher ein eigenwirtschaftlicher Einzelwagenverkehr möglich als in der Lausitz. Eine öffentliche Förderung sollte den Unterschieden Rechnung tragen und punktgenau fördern.

Bisher war DB Cargo immer der Integrator im Einzelwagenverkehr – würde mehr Wettbewerb im System nicht zu mehr Zersplitterung führen und damit dem Ziel der langen Züge, die viele Wagen ziehen, entgegenstehen?

Auch Wettbewerber können zusammenarbeiten und damit die Wirtschaftlichkeit für alle erhöhen. Wir bei Hupac stehen beispielsweise in starkem Wettbewerb mit den

großen anderen Operateuren wie beispielsweise Kombiverkehr und dennoch haben es die Unternehmen geschafft, eine gemeinsame Datenplattform (DXI) zu entwickeln, die sich gerade zum Industriestandard entwickelt. Auch Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) können kooperieren. Außerdem könnten auch mit genügend Freiheitsgrad in der jeweiligen anzuschliessenden Region die EVU eigenständig und eigenverantwortlich die Ressourcen besser nutzen: Eine Rangierlokomotive beispielsweise steht nachts, wenn die Wagen in der Ferntraktion sind – sie könnten stattdessen z.B. auch gewinnbringend in der Baustellenlogistik eingesetzt werden. Wenn ein Unternehmen profitabel sein muss und will, müssen alle Ressourcen bestmöglich ausgelastet werden. Trauen wir uns regionale Eisenbahnverkehrsunternehmen als Dienstleistungsplattformen zu haben. In ihrer Region können diese EVU zum Integrator werden und bündeln die Leistung im Schienengüterverkehr.

Müssten die Rangierbahnhöfe offen für alle sein – bisher werden sie nur von DB Cargo genutzt?

Das ist eine Systemfrage. Es kann nicht sein, dass ein EVU den Zugang zu einem System verhindert. Es muss aber daneben auch Regeln für die Integration in ebendas System geben. Das die verbleibenden Zugbildungsanlagen aus denen die Ferntraktion startet in einer Hand betrieben werden sollten ist klar, dass es aber eben auch Prioritäten für die Integration der jeweiligen Verloaderbedürfnisse gibt ist dabei genauso wichtig. Dies löst man nur, wenn die Beteiligten auch Betroffene sind. Aus diesem Grund startet die Diskussion nicht allein beim Rbf sondern eben auch bei der Verantwortungsübernahme für den Laderaum und der regionalen Einbindung in ein EWL Netz oder als Alternative in einer Vernetzung der letzten Meile über die Straße und so im KV.

Brauchen die Rangierbahnhöfe weiter Ablaufberge?

Es kommt darauf an. Wenn die Einzelwagen eines ankommenden Zuges einer nach dem anderen auf vier unterschiedliche Destinationen verteilt werden müssen, macht ein Ablaufberg schon Sinn. Wenn die Einzelwagen jedoch schon zu Wagengruppen zusammengefasst sind, kann es auch ohne Ablaufberg gehen. Man muss also genau hinschauen. So-

lange es noch keine selbstfahrenden Güterwagen gibt, wird das Rangieren und die Zugzusammenstellung und -auflösung immer anstrengend sein. Die Nutzung der potentiellen Energie ist dabei energetisch sinnvoll, wenn auch sehr archaisch. Natürlich müssen Sinn, Verstand sowie Anzahl der einzelnen Zugbildungsanlagen am Bedarf der Wirtschaft hinterfragt werden. In Mannheim beispielsweise gibt es m.W. zwei Ablaufberge – vielleicht könnte man einen einsparen und statt dessen direkt beim Rangierbahnhof ein KV-Terminal ansiedeln. Dies sage ich ohne die Zwänge in der Region zu kennen, aber möglich ist dies sicher.

Wäre die Digitale Automatische Kupplung (DAK) die Lösung?

Die DAK kann hier und da helfen. Doch glaube ich nicht, dass es gelingt, sie europaweit einzuführen. Zu viele Länder haben kein Interesse vor allem an der finanziellen Unterstützung. Wenn diese Länder im Einzelwagensystem sind, funktioniert es nicht. Hier gibt es die Sicht des kleinsten gemeinsamen Nenners. Natürlich wird es einen Schub durch die Einbindung der Verladerschaft geben. Falls schnell sinnvolle, wirtschaftliche Erfolge in abgeschlossenen Logistiknetzen sichtbar sind, kann ich mir vorstellen dass Bewegung in die Diskussion kommt.

Was könnte der Einzelwagenverkehr vom Kombinierten Verkehr lernen?

Dass es möglich ist profitabel zu sein. Wir haben als Branche Lösungen gefunden für das Problem der Wagenzusammenstellung, sind mit der Digitalisierung gut vorangekommen und auch mit der Internationalisierung. Wir sind das Problem der Schnittstellen angegangen und haben Lösungen gemeinsam mit unseren Kunden entwickelt. Wir sind die Overhead-Kosten angegangen und haben sie reduziert. Der größte Hebel war und ist die optimale Auslastung der Assets: Wagen, Traktion, Zugbildung in den Terminals. Ich sage nicht, dass der Einzelwagenverkehr heute schon so weit wäre. Heute nicht-änderbare Nachteile im System Eisenbahn sollten ausgeglichen werden - doch dann sollte man an den notwendigen Änderungen arbeiten, mit dem Ziel, letztendlich ein wirtschaftlich betreibbares System für den Einzelwagenverkehr zu haben. Wir schaffen das – gemeinsam!

Das Interview führte Dagmar Rees

We believe in EFFICIENCY You save time and costs

Eine Maschine – vielseitig einsetzbar. Multifunktionale Maschinen von Plasser & Theurer optimieren Arbeitsabläufe durch Integration verschiedener Aufgaben in einen Prozess.

Innovative Technologien und digitale Assistenzsysteme steigern die Effizienz und verbessern die Ressourcennutzung. Das senkt Kosten und erhöht die Gleisverfügbarkeit.

We believe in railways.



Schutzziele im Eisenbahnverkehr mit innovativer Sicherungstechnik

Die Schutzziele des Eisenbahnbetriebs sind allgemein bekannt, ergeben sich aus den Systemeigenschaften Spurführung und lange Bremswege und gelten unabhängig von der eingesetzten Sicherungstechnik. Um die Komplexität und den Umfang aktueller Regelwerke zu reduzieren, werden in diesem Artikel zwei Ansätze präsentiert, die die Schutzziele als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer neuen Sicherungstechnik und entsprechender Regelwerke verwenden. Das Ziel – geringere Regelkomplexität, höhere Praktikabilität und klare Nachvollziehbarkeit.



1. Schutzziele im Eisenbahnverkehr

Die Schutzziele im Eisenbahnbetrieb leiten sich unmittelbar aus den Systemeigenschaften der Eisenbahn ab. Besonders relevant sind die Spurführung und die langen Bremswege aufgrund der geringen Haftreibung zwischen Stahlrad und Stahlschiene. Diese physikalischen Rahmenbedingungen führen zur Notwendigkeit spezifischer Schutzfunktionen, welche die Sicherung des Eisenbahnverkehrs gewährleisten. [1] Unabhängig von technischen Realisierungen gelten diese Schutzziele bzw. Schutzfunktionen systemübergreifend und bilden die Grundlage für die Entwicklung neuer Sicherungstechnologien.

Die Strukturierung dieser Schutzziele ist jedoch nicht statisch, sondern kann je nach Anwendungsfall, Betrachtungsebene oder spezifischem Kontext unterschiedlich gefasst, gruppiert und dargestellt werden. Dies führt dazu, dass in der Fachliteratur und den Regelwerken verschiedene Ansätze zur Kategorisierung und Hierarchisierung von Schutzziele existieren. [2,3] Eine umfassende und gut strukturierte Übersicht bietet beispielsweise die Abbildung 1 von M. Cichos in seinem Beitrag „Schutzziele für den Eisenbahnbetrieb“ [4].

Für den aktuellen Stand der Technik, z.B. Elektronische Stellwerke (ESTW) mit ETCS-Infrastruktur existieren umfangreiche betriebliche und technische Regelwerke, deren Komplexität kaum noch zu bewältigen ist und deren Handhabbarkeit infrage

gestellt werden muss, da die Anzahl und Interdependenz der Regeln die Praktikabilität schlichtweg übersteigen [04]. Seit 2017 werden Bemühungen unternommen, ein ETCS-Stellwerk zu entwickeln, was zur Entstehung der Initiative Reference CCS Architecture (RCA) führte. Eines der Ziele der RCA ist es, eine Stellwerksarchitektur zu spezifizieren, welche auf die Fähigkeiten von ETCS Level 2/3 und EULYNX zugeschnitten ist. Innerhalb dieser Initiative entstand ebenfalls die Idee des Advanced Protection System (APS). [5]

Trotz der Tatsache, dass sich das APS noch in der Konzeptphase befindet, umfasst die RCA-Dokumentation bereits mehrere hundert Seiten und ist zum aktuellen Zeitpunkt weiterhin unvollständig. Die hohe Komplexität des ETCS, insbesondere in Verbindung mit traditioneller Sicherungstechnik, stellt eine der größten Herausforderungen beim ETCS-Rollout dar und ist ein wesentlicher Grund für die zeitlichen Verzögerungen der Projekte.

Vor diesem Hintergrund zielt der vorliegende Beitrag darauf ab, die zentralen Schutzziele erneut in den Fokus zu rücken und als Ausgangspunkt für eine zukunftsorientierte und nachvollziehbare Entwicklung des Advanced Protection System (APS) zu nutzen. Durch eine strukturierte Ableitung der sicherheitsrelevanten Funktionen und deren konsequenter Formalisierung soll die Nachvollziehbarkeit der ermittelten Annahmen, Anforderungen und Funktionen verbessert und Lösungsansätze



Dipl.-Ing. Richard Kretzschmar

Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter
TU Dresden und Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF), Dresden
KretzschmarR@dzsf.bund.de



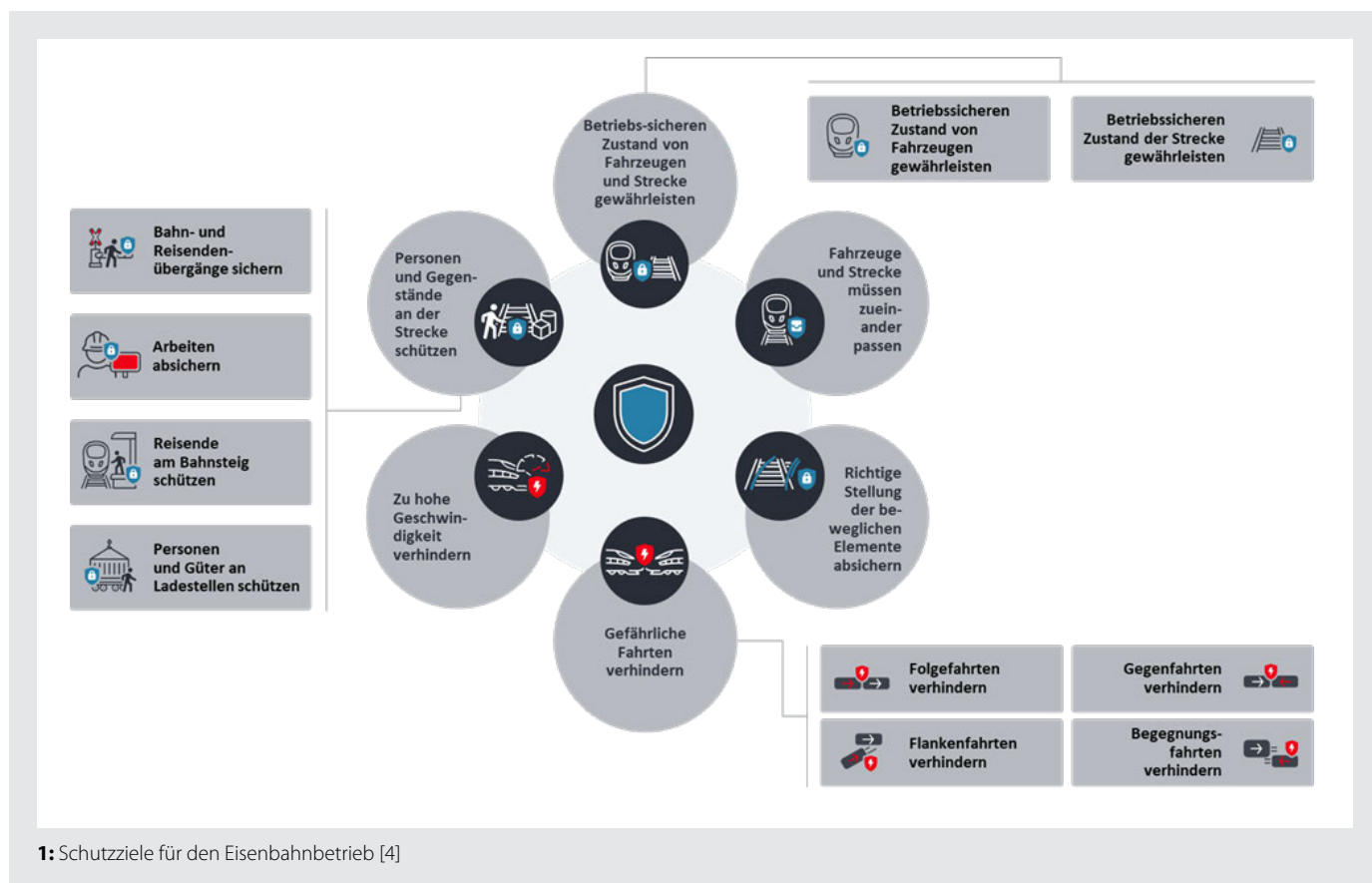
Dipl.-Ing. Frederic Reiter

Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF), Dresden
ReiterF@dzsf.bund.de

ze jenseits existierender Regelwerke offen diskutiert werden. Mit einer Analyse der wesentlichen Schutzziele bzw. relevanten Gefährdungspotenziale für das Zielsystem APS soll eine zielgerichtete Weiterentwicklung des Systems ermöglicht werden.

2. Zielbild: Advanced Protection System (APS)

Das APS ist eine geometrische Sicherungstechnik, die speziell für den Einsatz mit ETCS Level 2 und dem Train Integrity Monitoring System (TIMS) konzipiert ist. Ziel des APS ist es, die Funktionen des Stellwerks mit denen des Radio Block Centre (RBC) in einer zentralen Komponente zu vereinen und alle im Zuständigkeitsbereich stattfindenden ETCS-Fahrzeuggewegungen zu



autorisieren und zu überwachen. [6] Das Zusammenspiel von APS und ETCS Level 2 mit TIMS ist in Abbildung 2 dargestellt.

Das APS verwaltet die gesamte Gleisanlage im Verantwortungsbereich, welche hauptsächlich aus den Fahrweegelementen besteht. Nachdem die beweglichen Fahrweegelemente (z.B. Weichen) in die korrekte Endlage umgestellt und in dieser verschlossen wurden, kann das APS den gesicherten Fahrweg, die sogenannte Movement Permission Area (MPA), erzeugen. Die MPA ist ein dynamischer Bewegungsbereich, welcher theoretisch an jedem beliebigen Streckenpunkt enden kann. Im vorgesehenen Regelbetrieb in der ETCS-Betriebsart Full Supervision (FS) bildet die erstellte MPA die Grundlage für die Movement Authority (MA), die als Funknachricht (Radio Message) über das Funknetzwerk an das ETCS-Fahrzeug übermittelt wird.

Im Zielbild von APS sind alle Fahrzeuge mit ETCS und einem TIMS ausgestattet, um die eigene Zugintegrität überwachen zu können. Somit ist es möglich, auf konventionelle Gleisfreimeldetechnik zu verzichten, was zu einer Reduktion der Systemkomplexität führt. Zur Ermittlung der Fahrzeugposition werden unter ETCS Eurobalisen genutzt. Die Eurobalisen sind statische

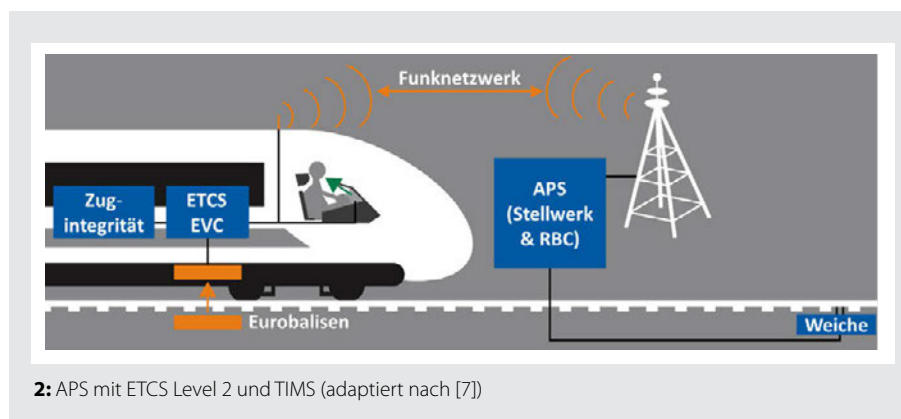
Referenzpunkte im Gleis mit einer eindeutigen ID. Wenn ein ETCS-Fahrzeug sie überfährt, liest es die Daten der Eurobalise aus. Die ETCS-Fahrzeuge übermitteln dem APS zyklisch Informationen über die zuletzt überfahrene Eurobalise, die durch die Odometrieinheit gemessene Entfernung zur letzten Eurobalise und die Integrität des Zuges als Positionsmeldung. Dadurch kann das APS die Fahrzeuge im Streckenatlas lokalisieren und die genehmigten Fahrzeugbewegungen aktualisieren.

Das APS stellt die kontinuierliche Funkverbindung zu den ETCS-Fahrzeugen sicher, um einen ständigen Datenaustausch

und die Überwachung zu gewährleisten. Alle eingehenden Funknachrichten werden vom European Vital Computer (EVC) des Fahrzeugs verarbeitet. Für die Durchführung der Fahrzeugbewegung im ETCS Level 2 relevante Daten werden dem Triebfahrzeugführer im Führerstandsdisplay angezeigt, sodass infrastrukturseitig auf den Einsatz von ortsfesten Lichtsignalen verzichtet werden kann.

3. Methodische Ansätze

Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Ansätze vorgestellt, mit denen eine



Top-Gefährdungen durch die Bewegung von Schienenfahrzeugen



3: Schutzziele des Eisenbahnverkehrs

möglichst kleine und nachvollziehbare Menge an Regeln definiert werden kann, die den sicheren Eisenbahnbetrieb mit dem APS ermöglichen. Die gemeinsame Grundlage beider Ansätze ist eine qualitative Fehlerbaumanalyse, die auf Basis der eingangs eingeführten Schutzziele durchgeführt wird. In Anlehnung an Borälv et al. [8] wird dieses Verfahren genutzt, um Ursachen von potenziellen Gefährdungen in der Sicherungslogik zu identifizieren, die eine Verletzung der Schutzziele zur Folge haben können. Diese werden in beiden Ansätzen als ‚Top-Gefährdungen‘ verstanden, deren Eintreten durch geeignete Funktionen der Sicherungstechnik ausgeschlossen werden muss. Die für den Eisenbahnverkehr relevanten Top-Gefährdungen im Kontext von APS mit ETCS L2 TIMS werden im Rahmen des MBSE-Ansatzes strukturiert und in Abbildung 3 dargestellt.

Die zugehörigen Ereignisketten werden in Form von Baumstrukturen dargestellt, in denen die identifizierte Gefährdung jeweils den Ausgangspunkt an der Wurzel des Baums bildet. Darunter folgen, in kausal logisch geordneter Reihenfolge, sämtliche Einzelereignisse, die zum Eintritt der Gefährdung führen können. Am Ende jedes Verzweigungsstrangs steht eine abgeleitete sicherheitsrelevante Maßnahme, mit der die jeweilige Gefährdung vermie-

den oder beherrscht werden soll. Auf dieser Basis erfolgt die Ableitung konkreter Anforderungen (Requirements – R) an das APS oder die Definition notwendiger Annahmen (Assumptions – A) z.B. an andere Teil- oder Umsysteme. Auf diese Weise lässt sich jede Regel bis zu ihrem Ursprung zurückverfolgen, was die Weiterentwicklung des Regelwerks vereinfacht.

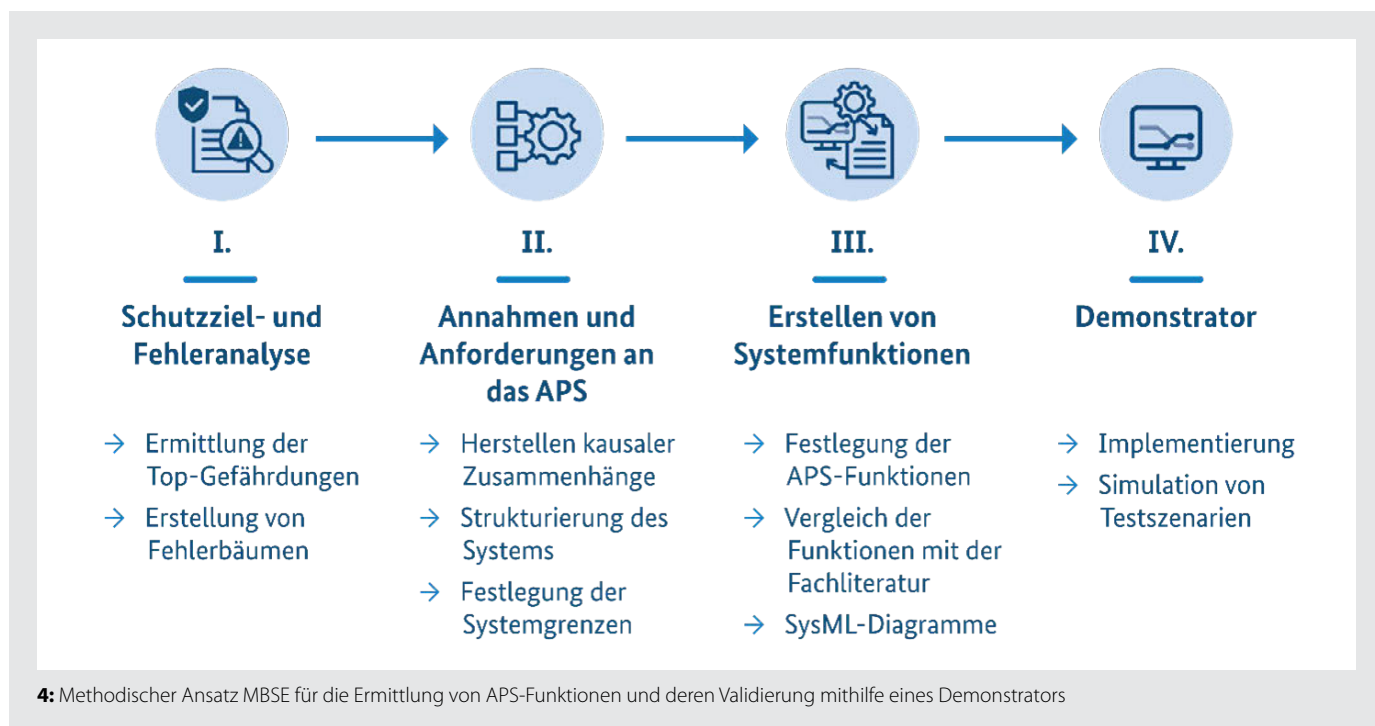
Sowohl bei der Auflistung und Abgrenzung der Schutzziele als auch bei der Erstellung der Fehlerbaumstrukturen ergeben sich unterschiedliche Strukturen und Betrachtungsebenen, die im Folgenden einzeln vorgestellt werden.

4. Ansatz 1: Model-Based Systems Engineering (MBSE)

Im ersten Ansatz kommt die Methode des Model-Based Systems Engineering (MBSE) zum Einsatz. Dabei handelt es sich um einen strukturierten und formalisierten Entwicklungsansatz für komplexe Systeme, der Anforderungen, Funktionen, Architektur und Systemverhalten integriert, um eine konsistente und ausgewogene Systemlösung zu ermöglichen. Die Anwendung von MBSE beginnt typischerweise in der frühen Konzeptionsphase und kann über alle weiteren Entwicklungs- und Lebenszyklusphasen hinweg fortgeführt werden. [9] Im

Rahmen der Untersuchung beschränkt sich die Anwendung der MBSE-Methodik auf die Analyse der Systemanforderungen, die Konzeptionierung der Systemfunktionen und Darstellung des Architekturentwurfs. Die Wahl von MBSE basiert auf dessen Etablierung und dem bewährten Einsatz in der Systementwicklung im Eisenbahnbereich. Die Methode wird beispielsweise bei der Digitalen Schiene Deutschland bei der Entwicklung von Digitalen Stellwerken [10] sowie in der Reference CCS Architecture (RCA) bei der Spezifikation von EULYNX und Moving Block [11] angewendet. MBSE ist weiterhin ein zentraler methodischer Baustein im System Pillar von Europe's Rail Joint Undertaking [12], welcher sich auf die Integration und Harmonisierung von Systemen innerhalb des europäischen Bahnsystems konzentriert. Die Gesamtmethodik hinter dem MBSE-Ansatz ist in Abbildung 4 dargestellt.

Der Schritt (I) wurde bereits im Absatz „Methodische Ansätze“ vorgestellt. Die Top-Gefährdungen bilden die Grundlage für die Erstellung einer qualitativen Fehleranalyse, deren Ziel es ist, die wesentlichen Fehlerursachen und Risiken im Zielbild APS mit ETCS L2 TIMS zu identifizieren und in einer Fehlerbaumstruktur darzustellen. Diese Analyse folgt einem Top-Down-Ansatz. Die wesentlichen kausalen Zusammenhänge,



die zu diesem gefährlichen Ereignis führen, können anhand von Baumstrukturen nachvollzogen werden [08].

Basierend auf der Fehleranalyse erfolgt eine qualitative Anforderungsanalyse, welche die sicherheitskritischen Anforderungen an das APS und die notwendigen Annahmen (z.B. an die Umgebungssysteme) erfasst. Die Anforderungen (Requirements – R) und Annahmen (Assumptions – A) können ebenfalls unmittelbar aus den erstellten Baumstrukturen abgeleitet werden (II).

Im nächsten Schritt werden die sicherheitskritischen Anforderungen in APS-Funktionen überführt und die Systemarchitektur entsprechend strukturiert. Die erstellten Funktionen können im Sinne der Modularität in weitere Subfunktionen unterteilt werden. Zur formalisierten Abbildung des APS dient ein Systemmodell, das mithilfe der Systems Modeling Language (SysML) erstellt wurde. Das Modell bildet die Grundlage für eine konsistente und strukturierte Darstellung des Zielsystems. Es umfasst sowohl die Systemstruktur als auch das funktionale Verhalten und die zugrunde liegenden Anforderungen. Die in SysML angelegten Diagramme ermöglichen es, sicherheitskritische Anforderungen in konkrete Systemfunktionen zu überführen, stellen die Zusammenhänge zwischen den einzelnen APS-Komponenten übersichtlich dar und bilden so die Grundlage für die Analyse, Verifikation und Weiterentwicklung des APS (III).

Die strukturierte Modellierung dient als Basis für die Umsetzung des APS in einem Demonstrator innerhalb der ETCS-Simulationsumgebung des DZSF. Diese bietet eine vollständige Testumgebung für ETCS, in der Gleisanlagen mit ETCS-Ausrüstung konfiguriert, Betriebsszenarien simuliert und anschließend ausgewertet werden können. Ziel ist es, die Funktionalität und Praktikabilität des APS-Konzepts in dieser ETCS-Simulationsumgebung zu verifizieren und durch Testszenarien zu belegen (IV).

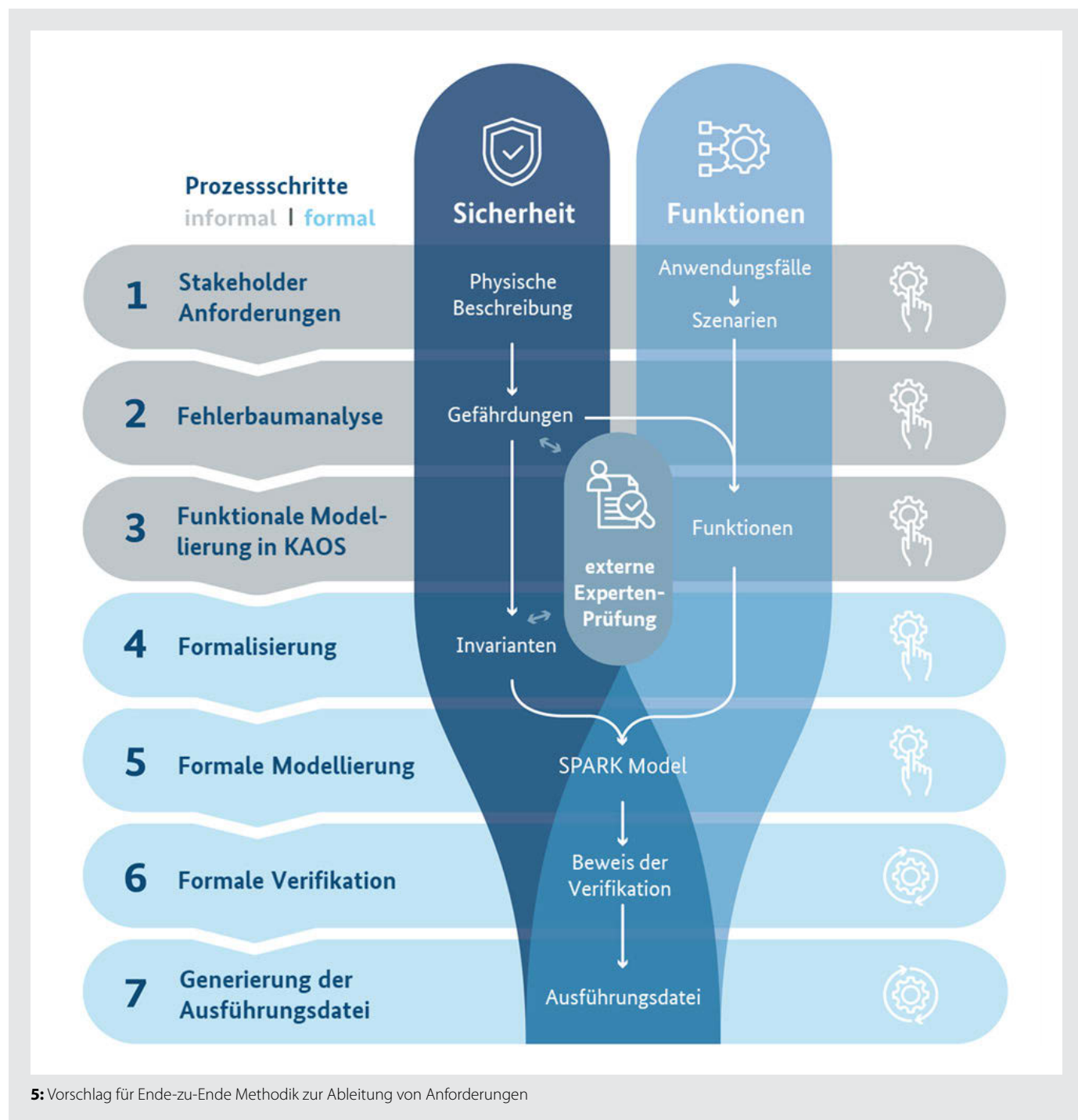
5. Ansatz 2: Formal-rigorose Methodik

Die Motivation für diesen Ansatz ergibt sich aus den Problemen, welche konventionelle Spezifikationen basierend auf natürlicher Sprache mit sich bringen – denn diese enthalten unvermeidliche Interpretationsspielräume. Es ergibt sich die Möglichkeit der Implementierung von Systemen, die der Spezifikation vollumfänglich entsprechen, aber miteinander inkompatibel sind oder das eigentliche Ziel einer Regel fehlinterpretieren. Um Sicherheit und Interoperabilität garantieren zu können, entsteht ein erheblicher manueller Aufwand für Validierungs- und Verifikationsprozesse, da Details der Implementierung und der ursprünglichen Spezifikation nur mit Hilfe menschlicher Erfahrung verglichen werden können. Weiterhin existieren für Ausdrücke in natürlicher Sprache keine Mechanismen, welche die Erstellung von widersprüchli-

chen oder inkompatiblen Regeln ausschließen, redundant gewordene Regeln automatisiert identifizieren können oder die Herleitung für eine Regel leicht ersichtlich machen.

Während die Herleitung der Regeln durch eine direkte Verknüpfung mit den dazugehörigen Schutzzielen bewerkstelligt werden kann, sind die übrigen Probleme inhärente Limitierungen von Ausdrücken in natürlicher Sprache. Die Folge sind kontinuierlich wachsende Regelwerke mit Regeln, deren Rechtfertigung und Wechselwirkungen untereinander mitunter ohne ein Gespräch mit den Autoren schwer nachvollzogen werden kann. Die Aktualisierung dieser Dokumente wird noch dadurch erschwert, dass sich die in der deutschen LST übliche Beurteilung von Risikoakzeptanzkriterien auf den Vergleich mit einem vorhandenen System stützt.

Ein Grund, der für den Einsatz von natürlicher Sprache und die Eröffnung von Interpretationsspielräumen spricht, ist der einfachere Umgang mit Bestandsinfrastruktur und Grenzfällen. In der Literatur wird außerdem der Umstand genannt, dass Hersteller durch zu strikte Vorgaben unnötigerweise in der Produktgestaltung und damit im Abrufen möglicher Optimierungspotenziale gehindert werden könnten [13]. Der wesentliche Anlass für die Gründung von Initiativen wie ERTMS und EULYNX war jedoch die Interoperabilität. Mit Blick auf den enormen Aufwand, der



für V&V-Prozesse aufgrund dieser Spielräume zur Sicherung der Interoperabilität getrieben werden muss, stellt sich die Frage, wie groß diese herstellerseitigen Optimierungen sein müssten, um die Nachteile aufzuwiegen. Vielmehr scheint es so, als wäre die Interoperabilität durch die Nutzung natürlicher Sprache in technischen Spezifikationen von Anfang an kompromittiert oder zumindest eingeschränkt.

Eine mögliche Lösung stellt die Nutzung von formal rigorosen Methoden dar. So haben verwandte Arbeiten in der Literatur

gezeigt, dass sich Sicherheitseigenschaften von LST-Systemen mathematisch ausdrücken und beweisen lassen [14,15]. Diese mathematischen Sicherheitseigenschaften nehmen die Form von Invarianten an, d.h. Zuständen, die das System nie annehmen darf. Beispielsweise ließe sich folgender Satz in natürlicher Sprache auch mit Hilfe der Mengenlehre ausdrücken: „Die Movement Permission Area (MPA) zweier beliebiger Züge darf sich nie überschneiden.“

$$\forall zug_A, zug_B \in \text{Züge}: zug_A \neq zug_B \Rightarrow MPA(zug_A) \cap MPA(zug_B) = \emptyset$$

Mittels mathematischer Verfahren lässt sich nun beweisen, dass diese Ausdrücke durch keine möglichen Zustandsänderungen des Systems je verletzt werden. Unter der Voraussetzung, dass dem APS eine vollständige Menge an Sicherheitseigenschaften zugrunde liegt, sorgt dieser mathematische Sicherheitsbeweis für ein höheres Vertrauen, als es mit konventionellem Testen erreichbar wäre. In vielen Fällen liefern Studien nach der Transformation

eines natürlich-sprachigen Regelwerks in ein formales Modell Fehlermeldungen und Verbesserungsvorschläge an die Autoren zurück [16]. Für unser Ziel, die kleinstmögliche Anzahl an Regeln für sicheren Bahnbetrieb zu entwickeln, scheint sich dieser Ansatz gut zu eignen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik der Spezifizierung entwickelt, die speziell auf formale Sicherheitseigenschaften ausgerichtet ist (siehe Abbildung 5) [17]. Dazu wurde die oben beschriebene Fehlerbaumanalyse mit einem Ansatz des zielorientierten Anforderungsmanagements (KAOS) kombiniert. Dabei steht die Nachverfolgbarkeit aller Regeln von den Anforderungen der Stakeholder bis zum Quellcode im Vordergrund. Mittels der Fehlerbaumanalyse wird ersichtlich, welche Situationen durch welche Anforderungen verhindert werden müssen. Mithilfe der KAOS-Methode lässt sich nachvollziehen, welche Situationen durch welche Funktionen ermöglicht werden sollen.

Die aus der Fehlerbaumanalyse abgeleiteten Anforderungen werden in der Programmiersprache AdaCore SPARK als Invarianten formalisiert. Da SPARK über einen nach EN 50716 zertifizierten Compiler verfügt, kann nach abgeschlossenem Beweis der Sicherheitseigenschaften durch den automatisierten „Prover“ sofort eine ausführbare Datei erstellt werden, die in einem entsprechenden Echtzeitbetriebssystem allen definierten Anforderungen genügt.

Zusammenfassung

Das APS verfolgt einen neuartigen Ansatz in der Sicherungstechnik, der bestehende Regelwerke kritisch hinterfragt und gleichzeitig Optimierungspotenziale für den Bahnbetrieb aufzeigen kann. Um die Richtigkeit und Vollständigkeit der bisherigen Betrachtungen/Analysen sicherzustellen und die Ergebnisse zu verifizieren, verlässen sich beide vorgestellten Ansätze auf eine Prüfung durch Experten. Zu diesem Zweck wurde ein Online-Tool entwickelt, welches Anmerkungen und Änderungen kollaborativ ermöglicht. Die Leserinnen und Leser sind herzlich eingeladen, die Fehlerbäume beider Ansätze unter safetytrace.de/aps einer Kontrolle zu unterziehen und Kritik zu äußern. Eine Veröffentlichung mit einer detaillierten Beschreibung der Methoden ist in Vorbereitung. •

Literatur

- [1] Maschek, Ulrich: Eine generische Sicht auf die Betriebssicherheit im spurgeführten Verkehr. In: *El - Der Eisenbahningenieur* (2009), 2, S. 36–40.
- [2] Maschek, Ulrich: Sicherung des Schienenverkehrs: Grundlagen und Planung der Leit- und Sicherungstechnik. 5. Auflage, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.
- [3] Bundesministerium für Verkehr: Gefährliche Ereignisse im Schienenverkehr. IKEM - Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2010, Online verfügbar unter <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/297543/>, zuletzt aktualisiert am 05.03.2024, zuletzt geprüft am 18.06.2025.
- [4] Cichos, Moritz: Schutzziele für den Eisenbahnbetrieb: Methoden zum Aufstellen von Schutzzielen sowie deren Zweck, Definition und Anwendung. In: *El - Der Eisenbahningenieur* (2024).
- [5] Skowron, Frank: Next generation CCS: APS – Advanced Protection System for route and train protection (2022).
- [6] Schmidt, Steffen: APS – Advanced Protection System, die günstige Einführung von ETCS Level 2/3. In: *SIGNAL+DRAHT* (2019), 22–31.
- [7] Kunze, Michael: European Train Control System (ETCS). Vorlesungsskript. TU Dresden, Dresden. Professur für Verkehrssicherungstechnik, 2025.
- [8] Borälv, Arne; Schwencke, Daniel; Mejia, Fernando: X2Rail-5 Deliverable D10.4: Verification Report. In: *X2Rail-5* (2023), S. 1–41.
- [9] Hart, Laura (2015): Introduction To Model-Based System Engineering (MBSE) and SysML: Presented at the Delaware Valley INCOSE Chapter Meeting.
- [10] Müller, Ralph: Digitale Stellwerke tragen die Digitalisierung der Bahn. In: *Eisenbahn Ingenieur Kompendium* (2021), S. 180–201.
- [11] Berglehner, Randolph; Rasheeq, Abdul; Auris, Felix; Schwencke, Daniel: X2R5 - Deliverable D10.2: Proposed extension of specification approach to meet needs of RCA. In: *X2Rail-5* (2023), S. 1–68.
- [12] Ried, Werner: Harmoniously through Europe. In: *Deine Bahn* (2024).
- [13] Bartholomeus, Maarten; Luttik, Bas; Willemse, Tim: Modelling and Analysing ERTMS Hybrid Level 3 with the mCRL2 Toolset 11119, S. 98–114.
- [14] Borälv, A.: Deliverable D10.9 Formal Methods (FMs) Guidebook. In: *Shift2Rail* (2023).
- [15] Hansen, Dominik; Leuschel, Michael; Körner, Philipp; Krings, Sebastian; Naulin, Thomas; Nayeri, Nader et al.: Validation and real-life demonstration of ETCS hybrid level 3 principles using a formal B model. In: *Int J Softw Tools Technol Transfer* 22 (2020), 3, S. 315–332.
- [16] Arcaini, Paolo; Kofroň, Jan; Ježek, Pavel: Validation of the Hybrid ERTMS/ETCS Level 3 using Spin. In: *Int J Softw Tools Technol Transfer* 22 (2020), Ausgabe 3, S. 265–279.
- [17] Reiter, Frederic; Wetenkamp, Roman; Schmid, Robert; Kretschmar, Richard; Lukas, Iffländer: Towards an End-to-End Toolchain for Traceable and Verifiable Railway Signalling Specifications. In: *ABZ 2025* (2025).

Summary

Protection goals in rail traffic with innovative safety technology

The Advanced Protection System pursues a new approach in safety technology that critically scrutinises existing regulations and at the same time can identify optimisation potential for rail operations. In order to ensure the accuracy and completeness of the previous observations/analyses and to verify the results, both approaches presented rely on a review by experts. For this purpose, an online tool has been developed that enables comments and changes to be made collaboratively. Readers are cordially invited to check the fault trees of both approaches at safetytrace.de/aps and to express criticism.

EN50155-Zertifizierte Bahn Lösungen

MPL-Systeme – gebaut für härteste Bahnbedingungen

Unsere Systeme bestehen jeden Härtestest:

- Spannungsschwankungen – kein Problem
- Stromausfälle – sofort abgesichert
- Stöße & Vibrationen – standhaft & robust
- Extreme Temperaturen – von -40 °C bis +85 °C zuverlässig

Zuverlässige Leistung – jederzeit, überall.



www.mpl.ch

Contact

Realisierbarkeit von Bahnsteigbarrieren und Zugangskontrollen im deutschen Vollbahnsystem

Bahnsteigbarrieren und Zugangskontrollen können die Sicherheit im Schienenverkehr steigern, indem sie die Gefahr von Gleisunfällen reduzieren. Es werden verschiedene Ausführungsvarianten dieser Sicherungsmaßnahmen vorgestellt, auf Basis der vorherrschenden Rahmenbedingungen eingeordnet und ihre Eignung für einen produktiven Einsatz im deutschen Vollbahnsystem überprüft.



1. Einleitung

Bahnhöfe und insbesondere Bahnsteige stellen im Schienenpersonenverkehr die wesentliche Schnittstelle des Fahrgastwechsels dar. Während die Interaktionen zwischen Fahrgast und Fahrzeug im Stillstand in der Regel gefahrlos erfolgen, kann es während der Ein- oder Ausfahrt bereits bei geringen Geschwindigkeiten zu sicherheitskritischen Vorfällen zwischen Personen am Bahnsteig und den Fahrzeugen kommen. So wurden in den letzten Jahren wiederholt Gleisunfälle verzeichnet, bei denen Personen versehentlich oder vorsätzlich in den Gleisbereich eingedrungen sind [1]. Ein besonders schwerwiegender Vorfall ereignete sich im Juli 2019 im Hauptbahnhof Frankfurt am Main, bei dem eine Mutter und ihr 8-jähriger Sohn vor einen einfahrenden ICE gestoßen wurden [2]. Diese negativen Entwicklungen, auch wenn grundsätzlich festgehalten werden muss, dass es sich um dramatische Einzelfälle handelt, erfordern eine Bewertung der allgemeinen Fahrgastsicherheit an Bahnsteigen sowie eine Untersuchung möglicher zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen.

Um die Gefahr von Gleisunfällen zu reduzieren und dadurch das Sicherheitsempfinden der Reisenden nachhaltig zu verbessern, wird im Rahmen dieses Beitrags eine Implementierung von Bahnsteigbarrieren und Zugangskontrollen im deutschen Vollbahnsystem geprüft. Die Untersuchungen erfolgen als Kooperation zwischen dem Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen, der DB InfraGO AG (Ge-

schaftsbereich Personenbahnhöfe) und der University of Applied Sciences Frankfurt.

2. Ausführungsvarianten von Bahnsteigbarrieren

Eine der untersuchten Möglichkeiten zur Steigerung der Sicherheit und des Sicherheitsempfindens an Bahnsteigen stellen Bahnsteigbarrieren dar. Dabei handelt es sich um zusätzliche Bahnsteigaufbauten, die eine räumliche Trennung zwischen Bahnsteig- und Gleisbereich schaffen. Auf diese Weise wird das unbeabsichtigte oder vorsätzliche Eindringen in den Gleisbereich deutlich erschwert bzw. nahezu vollständig verhindert. Wesentlichen Einfluss auf das Ausmaß der Schutzwirkung hat dabei die Ausführungsvariante.

Zu den untersuchten Ausführungsvarianten zählen die sogenannten Platform-Screen-Doors (PSD), Platform Safety Gates (PSG), Variable Pitch Platform Screen Doors (VP-PSD), Vertical Platform Screen Doors (VPSD), Rope Platform Screen Doors (RPSD) sowie Sicherheitsbarrieren mit Lücken (SB-L). Die Varianten unterscheiden sich dabei u. a. hinsichtlich der Durchlässigkeit ihrer Bauform, ihrer Höhe, ihrer Öffnungsrichtung und ihres Öffnungsmechanismus. Die aufgeführten Ausprägungsmerkmale haben Auswirkung auf die Schutzwirkung sowie die Vereinbarkeit mit den Rahmenbedingungen des deutschen Schienennetzes. Platform-Screen-Doors (PSD) bestehen bspw. aus durchgängigen Glaspaneelen, welche das Fahrzeug auf voller Höhe von den Reisenden trennen. Die Türen öffnen



Maximilian Kliem, M. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Verkehrswissenschaftliches
Institut der RWTH Aachen
kliem@via.rwth-aachen.de



Dr.-Ing. Andreas Pfeifer
Oberingenieur
Verkehrswissenschaftliches
Institut der RWTH Aachen
pfeifer@via.rwth-aachen.de

dabei in horizontaler Richtung an festgelegten Positionen auf dem Bahnsteig, was einen kompatiblen Fuhrpark voraussetzt [3]. Variable Pitch Platform Screen Doors (VP-PSD) können hingegen auch die Sicherung eines heterogenen Fuhrparks mit variablen Türabständen gewährleisten. [4]

Im Gegensatz dazu besitzen Platform Safety Gates (PSG) eine geringere Gesamthöhe und bieten daher einen reduzierten Schutz, beugen jedoch den meisten risikobehafteten Interaktionen zwischen Reisenden und Fahrzeugen wirksam vor (vgl. Abbildung 1). Ein aktiver Schutz gegen das absichtliche Berühren des Zuges in bestimmten Höhen ist jedoch nicht gegeben. PSG öffnen ebenfalls horizontal und setzen, analog zu PSD, definierte Türpositionen der Fahrzeuge voraus. [3]



1: Einsatz von Platform Safety Gates (PSG) in der Metro in Kyoto, Japan Quelle: eigene Aufnahme

Vertikal öffnende Barrieren erlauben dagegen eine größere Flexibilität hinsichtlich der verwendeten Fahrzeuge. Die untersuchten Vertical Platform Screen Doors (VPSD) bestehen aus großen Glassegmenten, ähnlich der Türen bei den PSD, welche sich von unten nach oben öffnen. Es ergibt sich eine breite Lücke für den Fahrgastwechsel, welche wiederum auch die Verwendung verschiedener Fahrzeugtypen zulässt [5]. Da VPSD üblicherweise eine erhebliche Bauhöhe aufweisen, setzt ein Eindringen in den Gleisbereich erheblichen Vorsatz voraus.

Ein weiteres System, welches den Zugang zum Fahrzeug vertikal freigibt, sind sogenannte Rope Platform Screen Doors (RPSD). Sie bestehen aus widerstandsfähigen Seilen, welche zwischen Säulen, die den Öffnungsmechanismus beinhalten, gespannt sind [6]. Je nach Ausführungshöhe können auch RPSD eine hohe Schutzwirkung erzielen, wenngleich sie das Eindringen kleinerer Gegenstände in den Gleisbereich aufgrund ihrer durchlässigen Konstruktion nicht vollständig verhindern können.

Schließlich wurden Sicherheitsbarrieren mit Lücken (SB-L) in die Analyse einbezogen. Diese Barrieren bestehen aus fest installierten Absperrgittern, die außerhalb des definierten Gefahrenbereichs auf dem Bahnsteig platziert sind. Sie schützen Reisende insbesondere vor den Sogwirkungen vorbeifahrender Fahrzeuge, während der Fahrgastwechsel über die Lücken zwischen den Gittern erfolgt. Im Gegensatz zu sämtlichen anderen Varianten werden SB-L

bereits im deutschen Vollbahnnetz eingesetzt, vornehmlich auf der Schnellfahrstrecke zwischen Berlin und Hamburg. SB-L sind bereits in den DB-Richtlinien geführt, welche u.a. Bahnsteigaufbauten sowie wesentlichen Eigenschaften im Netz der DB InfraGO AG regeln [7]. Eine Übersicht über die verschiedenen Eigenschaften der untersuchten Bahnsteigbarrieren befindet sich in Abbildung 2.

3. Ausführungsvarianten von Zugangskontrollen



Zusätzlich zu Bahnsteigbarrieren wurden in der Untersuchung auch Zugangskontrollen

als potenzielle Maßnahmen zur Steigerung der Sicherheit und des subjektiven Sicherheitsempfindens bewertet. Im Gegensatz zu den Bahnsteigbarrieren verfolgen sie einen anderen Wirkmechanismus, um die Schutzziele zu erreichen. So beschränken Zugangskontrollen den Personenkreis, welcher Zutritt zum Bahnsteig oder einem Bahnhofsbereich erhält. Darüber hinaus lassen sich Zugangskontrollen mit Sicherheitskontrollen kombinieren, wodurch – ähnlich wie an Flughäfen – das Mitführen gefährlicher Gegenstände in kritische Infrastrukturbereiche (bspw. auf den Bahnsteig) unterbunden werden kann.

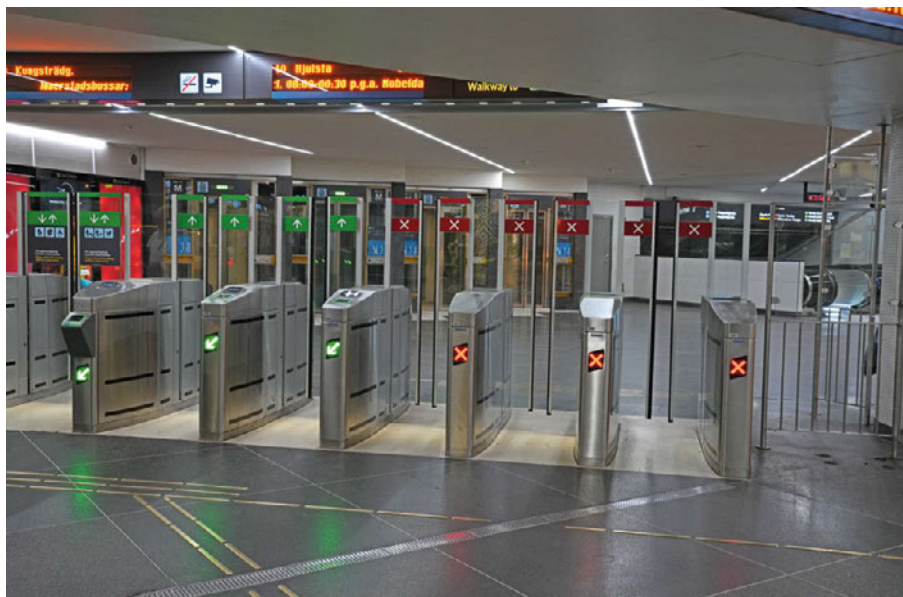
Zugangskontrollen können sowohl automatisiert (z.B. über Drehkreuze oder Schwingtüren wie in Abbildung 3) als auch manuell durch zusätzliches Personal erfolgen. In Deutschland dürfte aus wirtschaftlichen Gründen vorwiegend eine automatisierte Kontrolle implementiert werden, während eine punktuelle Unterstützung durch Assistenzpersonal – wie beispielsweise in Großbritannien – unter bestimmten Umständen ebenfalls erwogen werden muss.

Neben dem eigentlichen Kontrollmechanismus werden auch zwei wesentliche Arten der Wirkung der Zugangskontrollen differenziert. So existieren Zugangskontrollen, welche im Grundzustand geschlossen sind und sich beim Vorlegen eines Fahrausweises öffnen und Zugangskontrollen, welche im Grundzustand geöffnet sind und sich schließen, sofern sich eine Person ohne gültigen Fahrausweis nähert. Hier ist die passende Variante in Abhängigkeit

Eigenschaft \ System	↔			↕		
	PSD	PSG	VP-PSD	SB-L	RPSD	VPSD
Verhinderung von Suizidversuchen und bewusstem Betreten des Gleisbereiches	○	○	○	○	○	○
Verhinderung von Tötungsdelikten (Stöße ins Gleis)	○	○	○	○	○	○
Verhinderung von Unfällen (Fallen ins Gleis)	○	○	○	○	○	○
Reduktion der Gefahren durch vorbeifahrende Züge	○	○	○	○	○	○
Reduktion von Gegenständen im Gleisbereich	○	○	○	○	○	○
Verbesserung der Aufenthaltsqualität an den Bahnhöfen	○	○	○	○	○	○
Kompatibilität mit unterschiedlichen Türpositionen am Fahrzeug	○	○	○	○	○	○

 Erfüllt  Nicht erfüllt

2: Schutzwirkungen unterschiedlicher Ausführungsvarianten von Bahnsteigbarrieren Quelle: eigene Darstellung



3: Einsatz von Zugangskontrollen bei Tunnelbana Stockholm, Schweden

Quelle: eigene Aufnahme

des benötigten Personendurchsatzes bei gleichzeitiger Minimierung der Systemkomplexität zu wählen.

Ein weiterer wesentlicher Parameter bei der Auslegung von Zugangskontrollen ist die Wahl des Schutzradius. Wird eine zug-spezifische Kontrolle angestrebt, wird der Zugang zu einem spezifischen Bahnsteig auf Personen mit einem zur Fahrt passenden Fahrausweis eingeschränkt. Diese Vorgehensweise wird im europäischen Kontext erfolgreich an einigen Kopfbahnhöfen eingesetzt (wie bspw. am Gare du Nord, Paris). Stärker verbreitet sind Kontrollen, die einen bestimmten Bahnhofsbereich abgrenzen, welcher nachgelagert zu den Bahnsteigen führt. Dies erlaubt auch, dass Personen ohne Fahrausweis verschiedene Retail- und Serviceangebote im Bahnhofsbereich nutzen können. Wird ein besonders großer Schutzradius gewählt, wird der Zugang zum gesamten Bahnhofsinnen eingeschränkt [8]. Das Ausmaß des Schutzradius bedingt u. U. erhebliche betriebliche Auswirkungen (bspw. veränderte Reisen-denflüsse). Die Wahl der technischen Umsetzung hingegen wirkt sich auf die individuelle Kontrollzeit und die Verfügbarkeit der Kontrolle aus.

4. Existierende Anwendungen von Bahnsteigbarrieren und Zugangskontrollen

Sowohl Bahnsteigbarrieren als auch Zugangskontrollen kommen bereits weltweit zum Einsatz. Insbesondere Bahnsteigbarrieren werden bisher aber vorrangig bei Metro- und Schnellbahnsystemen verwendet.

Ein zumeist sehr homogener Fahrzeugpark erlaubt dort den Einsatz von gebräuchlichen horizontal öffnenden Barrieren, wie PSD oder PSG. Im direkten Austausch mit den Betreibern solcher Systeme zeigt sich eine hohe Zufriedenheit, wenn auch die Kosten als sehr umfangreich eingeordnet werden. Insbesondere durch Reisende bewusst herbeigeführte Störungen führen zu hohen Wartungs- und Instandhaltungskosten. Dem gegenüber steht eine gesteigerte Aufenthaltsqualität, welche durch eine Lärmreduzierung und verbesserte Luftqualität bei unterirdischen Stationen hervorgerufen wird.

Zugangskontrollen finden in Europa bereits verbreitet Anwendung. Nicht nur in Metro- und Schnellbahnsystemen, sondern auch in Vollbahnsystemen kommen sie bspw. in den Niederlanden oder Großbritannien zum Einsatz. Im Austausch mit

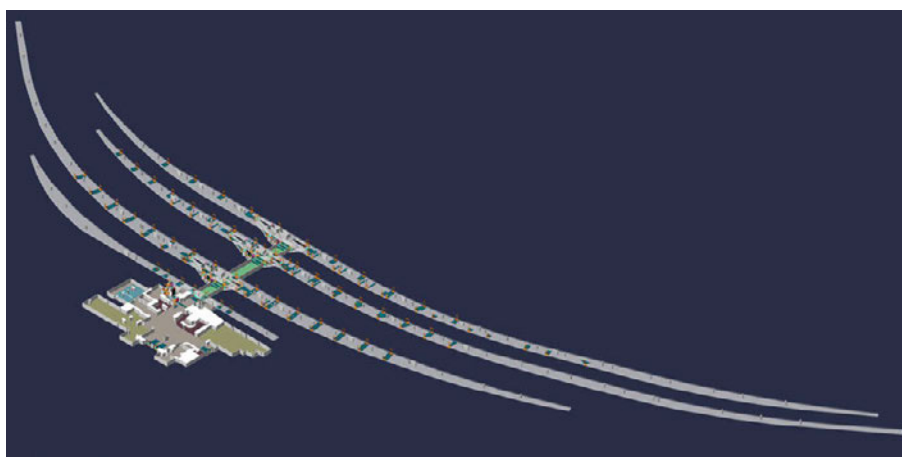
Betreibern zeigt sich eine hohe Anlagenverfügbarkeit, welche durch eine robuste Bauform sowie entsprechende Wartungs- und Servicekonzepte gestützt wird. Es muss zudem hervorgehoben werden, dass Zugangskontrollen im Gegensatz zu Bahnsteigbarrieren ihren vollen Nutzen nur bei flächendeckender Anwendung erreichen. Bahnsteigbarrieren hingegen können auch bei punktueller Implementierung zu einer gesteigerten Sicherheit beitragen.

5. Einordnung der Sicherungsmaßnahmen unter den Rahmenbedingungen des deutschen Vollbahnsystems

Um beide potenziellen Sicherungsmaßnahmen im Kontext des deutschen Vollbahnsystems zu bewerten, sind zunächst die Rahmenbedingungen und besonderen Eigenschaften der Bahnhöfe zu definieren und anschließend für die verschiedenen Varianten zu bewerten. Insbesondere die oftmals historische Entwicklung der Bahnhofsbauwerke resultiert in einem komplexen heterogenen Anforderungsprofil.

Eine technisch-betriebliche Bewertung wurde anhand eines Kriterienkataloges von circa 70 Kriterien (bspw. die Kompatibilität mit verschiedenen Bahnsteigkrümmungen oder die ausreichende Wetterfestigkeit der Sicherungsmaßnahmen) vorgenommen. Dabei wurden die aufgezeigten Ausführungsvarianten der Bahnsteigbarrieren und verschiedene Aufstellungsmuster der Zugangskontrollen getrennt beurteilt. Grundsätzlich zeigen sich dabei keine erheblichen Hindernisse, wenngleich sich Anwendungsfälle ergeben, die den Einsatz bestimmter Ausführungsvarianten bevorzugen lassen.

Der Lichtraum definiert hinsichtlich der Machbarkeit eine wesentliche Kenngröße



4: Simulation eines Durchgangsbahnhofs in CAST Pedestrian

Quelle: eigene Darstellung



5: Beispielhafte Anwendung von Zugangscontrollen bei der Simulation von Reisendenströmen in CAST Pedestrian
Quelle: eigene Darstellung

ße. So muss dieser auch bei Anwendung der zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen uneingeschränkt freigehalten werden, sodass Züge an den Bahnsteig heran- oder an diesem vorbeifahren können. Derzeit sieht die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) verschiedene Lichtraumprofile vor, welche bahnbezogene Einbauten in bestimmten Bereichen dauerhaft und in anderen Bereichen nur temporär zulassen [9]. Grundsätzlich können die genauen Aufstellpositionen der Bahnsteigbarrieren individuell festgelegt werden; es ist jedoch vorzuziehen, den Abstand zwischen Bahnsteigkante und Barriere möglichst klein zu wählen, um die Gefahr des Einschlusses von Personen zwischen Barriere und Zug möglichst gering zu halten und die verfügbare Fläche auf dem Bahnsteig zu ma-

ximieren. Es sind jedoch auch Interessen des Güterverkehrs (bspw. spezifische Korridore für Lademaßüberschreitungen) bei der Positionierung zu berücksichtigen. In Abhängigkeit der Aufstellposition werden schlussendlich entsprechende Ausnahmegenehmigungen erforderlich.

Des Weiteren müssen bei allen Varianten die Anforderungen der Barrierefreiheit erfüllt werden. Alle betrachteten Sicherungsmaßnahmen können diese sicherstellen indem auf zusätzliche Schwellen am Boden verzichtet wird und taktile, optische sowie akustische Hinweise integriert werden können [10]. Des Weiteren können Personen mit Wahrnehmungseinschränkungen in gesteigertem Maß von der Schutzwirkung - vor allem der Bahnsteigbarrieren - profitieren.

In die Betrachtung wurden darüber hinaus auch zusätzliche Gefahren aufgenommen, welche sich aus den Sicherungsmaßnahmen ergeben könnten. Diese fallen jedoch bei entsprechender Ausrüstung mit Sensortechnik ausreichend gering aus. Bspw. können der Einschluss im Zwischenraum zwischen Bahnsteigbarriere und Zug mittels Sensoren erkannt und so vorbeugende Maßnahmen eingeleitet werden.

Wesentlich ist außerdem die Kompatibilität der Sicherungsmaßnahmen mit den verschiedenen Bahnhofs- und Zugtypen. Ein heterogener Fahrzeugpark bedingt bspw. den Einsatz von Bahnsteigbarrieren, welche die Abfertigung unterschiedlicher Türabstände ermöglichen. Dies können vorrangig nur vertikal öffnende Bahnsteigbarrieren sowie VP-PSD gewährleisten, wohingegen VP-PSD zusätzlich genaue Informationen zur Türposition benötigen, was eine gesteigerte Komplexität erzeugt. In Teilnetzen mit ähnlichen Fahrzeugen (z. B. bei S-Bahnen mit U-Bahn ähnlichem Verkehr) könnten hingegen horizontalöffnende Bahnsteigbarrieren Anwendung finden.

Die unterschiedlichen Bahnhofstypen stellen an die Ausführungsvarianten von Bahnsteigbarrieren keine erheblichen Anforderungen, lassen aber bei den Zugangskontrollen bestimmte Aufstellmuster bevorzugen. So ist bei Durchgangsbahnhöfen eine bahnsteigscharfe Kontrolle meist nicht in leistungsfähiger Größe platzierbar. Hier ist ein gesicherter Bahnsteigbereich vorzuziehen, bei dem zentrale Zugangskontrollen für mehrere Bahnsteige

WEGE IN DIE ZUKUNFT.

Komplettlösungen für Verkehrswege von morgen

- Gleisbau
- Tief- und Spezialtiefbau
- Ingenieurbau
- Kommunikations- und Elektrotechnik
- Leit- und Sicherungstechnik
- Signalanlagen
- Stromschiene | Fahrleitung | Starkstrom
- Logistik & Gerätevermietung
- Sicherung & Vermessung
- Verkehrsleittechnik
- Eisenbahnhistorie



BUG-GRUPPE

#DeutschlandweitVernetzt

BUG-GRUPPE
t +49 30 818 700-0
www.bug-gruppe.de



erfolgen. Bei Kopfbahnhöfen sind dagegen bahnsteigspezifische Kontrollen auf dem Kopfbahnsteig realisierbar. Jedoch steigern bahnsteigspezifische Kontrollen potenziell die Umsteigezeiten, da ein Bahnsteigwechsel das mehrfache Passieren der Zugangskontrolle voraussetzt.

Die Implementierung von Sicherheitsmaßnahmen zeigt auch bei der Bewertung hinsichtlich der verfügbaren Flächen in Bahnhöfen sowie der umsetzbaren Einfahr- und Durchfahrgeschwindigkeiten der Züge keine wesentlichen negativen Einflüsse. Potenziell können Fahrgastwechselzeiten sogar verringert werden, wenn Personen mithilfe der Bahnsteigbarrieren gezielt auf die Türpositionen ankommender Züge vorbereitet werden.

Die Einordnung wirtschaftlicher Aspekte umfasste vorrangig eine Aufnahme relevanter Kostenbestandteile sowie ihrer Skalierungsfaktoren. Die abgeschätzten Kosten können dabei für beide Sicherheitsmaßnahmen als erheblich eingeschätzt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass eine Implementierung der Sicherheitsmaßnahmen zunächst für besonders relevante Bahnhöfe (bspw. mit einem hohen Personenaufkommen) sinnvoll erscheint.

6. Simulation der Sicherheitsmaßnahmen

Zur Beurteilung der betrieblichen Auswirkungen auf die Reisendenströme wurden Personenflusssimulationen mit der Simulationsanwendung CAST Pedestrian durchgeführt. Diese erlaubt es, beliebige Passagierabfertigungsprozesse zu modellieren und anwendungsnah abzubilden.

Im Rahmen der Untersuchung konnten mithilfe von CAST Pedestrian umfangreiche Bahnhofsinfrastrukturen simuliert werden. Dazu wurden insgesamt drei Bahnhöfe unterschiedlicher Größe modelliert und die bahnhofsspezifischen Prozesse in der Programmlogik aufgebaut (vgl. Abbildung 4) [11, 12]. Verschiedene Datensätze reeller Bahnhöfe dienen dabei als Basis und erlauben eine möglichst realitätsnahe Abbildung beispielsweise der Nachfrage, der Bahnhofsgeometrie oder der Personenverteilungen innerhalb des Bahnhofes. Die verwendeten Daten spiegeln dabei vorrangig die Hauptverkehrszeit als maßgebendes Belastungsszenario wider. Eine zusätzliche Skalierung der Werte ermöglicht es darüber hinaus unter außergewöhnlichen Belastungen, wie beispielsweise bei Großveranstaltungen, ebenfalls die Betriebsqualität zu überprüfen.

Zur Beurteilung der Simulationsergebnisse wurden Qualitätskennzahlen identifiziert und passende Referenzwerte der Terminalinfrastruktur von Flughäfen [13] für die spezifischen Rahmenbedingungen von Bahnhofsinfrastrukturen adaptiert (bspw. die verfügbaren Flächen je Reisendem oder die Wartezeit an Zugangskontrollen). Auf dieser Grundlage wurden insgesamt vier Testfälle simuliert und ausgewertet. Diese umfassen ein Basis-Szenario, die Verwendung von Bahnsteigbarrieren, die Verwendung von Zugangskontrollen (siehe Abbildung 5) sowie die kombinierte Anwendung beider Sicherheitsmaßnahmen. In allen Fällen konnten die festgelegten Referenzwerte erfüllt werden und mindestens eine ausreichende Betriebsqualität in allen Simulationsdurchläufen nachgewiesen werden.

7. Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen zeigen, dass Bahnsteigbarrieren und Zugangskontrollen als zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen grundsätzlich mit den Rahmenbedingungen des deutschen Vollbahnnetzes vereinbar sind. Die Auswahl der Ausführungsvariante und Aufstellform ist allerdings einzelfallspezifisch und maßgeblich vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig.

Um betriebliche Auswirkungen auf ein Minimum zu reduzieren, sollten Zugangskontrollen einen gesicherten Bahnsteigbereich abtrennen. Nur so können bestehende Umsteigebeziehungen unbeeinflusst fortgeführt werden. Zudem ist in Durchgangsbahnhöfen die Anordnung der bahnsteigspezifischen Kontrollen nicht immer uneingeschränkt möglich. In Kopfbahnhöfen sind bahnsteigspezifische Kontrollen eher realisierbar. Negative Auswirkungen auf Umsteigebeziehungen müssen jedoch beachtet werden.

Zur weiteren Bewertung werden die Sicherheitsmaßnahmen Ende 2025 einer praktischen Erprobung unterzogen, welche sowohl Aufschlüsse über das reale Flussverhalten der Reisendenströme als auch die Wahrnehmung von solchen Sicherheitsmaßnahmen ermöglichen sollen. Dazu ist ein umfangreicher Test mit circa 250 bis 500 Proband:innen an einem Bahnsteig in Berlin im weiteren Untersuchungsverlauf in Vorbereitung. •

DOI 10.61067/250932

Die Forschungsinhalte dieses Beitrags wurden im Zuge der Bekanntmachung „Anwender – Innovativ: Forschung für die zivile Sicherheit II“ des BMFTR gemeinsam mit den Projektpartnern DB InfraGO AG (Geschäftsbereich Personenbahnhöfe) und Frankfurt University of Applied Sciences erarbeitet.

Literatur

- [1] hib 913/2023, Bahnverkehr-Störungen durch Personen im Gleisbett, Berlin: Deutscher Bundestag, Parlamentsnachrichten, 2023.
- [2] S. Behr, „Tod eines Achtjährigen: Die Schreckenstat vom Frankfurter Hauptbahnhof“, Frankfurter Rundschau, Frankfurt, 2020.
- [3] Knorr-Bremse, „Platform Screen Door Systems“, Melksham.
- [4] ST Engineering, „Variable Pitch Platform Screen Door (VP-PSD)“, Singapur.
- [5] S Traffic, „Vertical Platform Screen Doors (VPSD)“, [Online]. Available: https://www.go-straffic.com/solutions/ground_transportation/psd_vpsd.html.
- [6] Rope Screen Door, „Rope Screen Door“, [Online]. Available: <https://rsd.bg/>.
- [7] DB InfraGO AG, Richtlinie 813, 2022.
- [8] N. Baron und N. Le Bot, „Railway station boarding controls: issues and limits. Performing security to secure performance?“, cybergeog, 2020.
- [9] Bundesministerium für Verkehr (BMV), Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), Bundesgesetzblatt 1967, zuletzt geändert 2019.
- [10] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 18040 - 1 „Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude“, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2023.

Summary

Feasibility of platform barriers and access controls in the German mainline railway system

In order to reduce the risk of track accidents and thus sustainably improve travellers' perception of safety, the implementation of platform barriers and access controls in the German mainline railway system is being examined. For this purpose, different design variants of the safety measures are presented and technical, operational, economic and legal factors are analysed and evaluated for feasibility.

Einfluss des Deutschlandtickets auf Nachfrage und Kundenbindung im SPFV

Für den Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) führt das Deutschlandticket nicht nur zu einem Verlust von bis zu 10 % der Fahrten, sondern verringert auch die Kundenbindung und verstärkt die Forderung nach einfacheren Tarifen.



1. Bestandszuwachs beim Deutschlandticket und Nachfrageentwicklung beim DB Fernverkehr seit Mitte 2023

Nach einem Rekordjahr 2019 in punkto Anzahl an Fahrgästen (150 Mio.) [1], gefolgt von einem Nachfrageeinbruch bedingt durch die Corona-Krise [2], standen die Zeichen im Bahnfernverkehr ab dem Jahr 2023 wieder auf Wachstum [3]. Gleichzeitig zeigen sich aber auch erhebliche Performance-Schwächen. Das Statistische Bundesamt berichtet von einem Rückgang im Bahnfernverkehr von 148 Mio. Fahrten im Jahr 2023 auf etwa 142 Mio. im Jahr 2024 und nennt als Grund „streikbedingte Ausfälle im ersten Quartal 2024“. Gleichzeitig sind die Fahrten im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) im Jahr 2024 um 5 % angestiegen. Dazu die Erklärung: „Hierzu dürfte das im Mai 2023 eingeführte Deutschlandticket beigetragen haben, das seit seiner Einführung zu Fahrgastzuwächsen geführt hatte und im gesamten Jahr 2024 genutzt werden konnte“ [4]. Auf mögliche Abhängigkeiten zwischen der Nachfrageentwicklung im Bahnfernverkehr und dem im Mai 2023 eingeführten Deutschlandticket (DT) wird in der Berichterstattung nicht eingegangen. Dabei hat sich der DT-Bestand seit Marktstart (ca. 9 Mio. DT) bis Dez. 2024 (14,5 Mio. DT) um ca. 60 % erhöht [5].

Bei der Analyse des Einflusses des DT auf den Bahnfernverkehr stößt der Betrachter wieder auf das Phänomen einer weit verbreiteten Wahrnehmungsverzerrung im Sinne von „What-you-see-is-all-there-is“ (WYSIATI). Es zählt also nur das, was im Moment und unmittelbar sichtbar ist [6]. So untersucht die Bundesnetzagentur in 2024 die Nachfrageveränderungen im Bahnfernverkehr mittels Zeitreihendarstellung (Jahres- und Monatsdaten). Da

sich Nachfragezuwächse auch in Monaten nach Einführung des DT zeigen, wird eine Nachfragesubstitution beim DB Fernverkehr durch den Bahnregionalverkehr von der Bundesnetzagentur ausgeschlossen: „Beachtlich ist, dass trotz Einführung des Deutschlandtickets im Mai zugunsten des Nahverkehrs in den Folgemonaten auch im Fernverkehr ein weiterer Zuwachs zu verzeichnen war. Gegebenenfalls wurden zusätzliche SPNV-Fahrten mit Fernverkehrsfahrten kombiniert oder als Zubringerfahrten genutzt. Festzuhalten ist, dass die Einführung des Deutschlandtickets nicht zu Nachfragerückgängen im Fernverkehr geführt hat“ [7]. Ende 2024 wird im Manager Magazin von erheblichen wirtschaftlichen Problemen bei der Deutschen Bahn u. a. im Fernverkehr berichtet, mit Verweis auf einen Umsatzverlust in Höhe von 700 Mio. Euro im Jahr 2024. Die Probleme werden einzig und allein dem Faktor „Verspätung“ zugeschrieben [8]. Das DT bleibt unerwähnt. Anders Ende Februar 2025, als der DB Fernverkehr aggressive Preisaktionen ankündigt und sich dabei die Erklärung von Marketing-Vorständin Berk findet, die Entwicklungen mit dem Deutschlandticket seien zwar allgemein positiv, „aber man muss auch offen zugeben: Es gibt negative Effekte im Fernverkehr, und auf die müssen wir reagieren“ [9].

Während in einem früheren Beitrag der negative Einfluss des Deutschlandtickets auf den SPFV zum Marktstart des DT skizziert wurde [10], ist die Datenlage zwei Jahre später auch dank neuer eigener Erhebungsdaten deutlich verbessert.

Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Beitrag die folgenden Fragestellungen untersucht werden:

- Wie hat sich die Nutzung des Deutschlandtickets seit Marktstart Mai 2023 entwi-



Prof. Dr. Andreas Krämer

Gründer und Vorstandsvorsitzender der exeo Strategic Consulting AG, Bonn

andreas.kraemer@
exeo-consulting.com

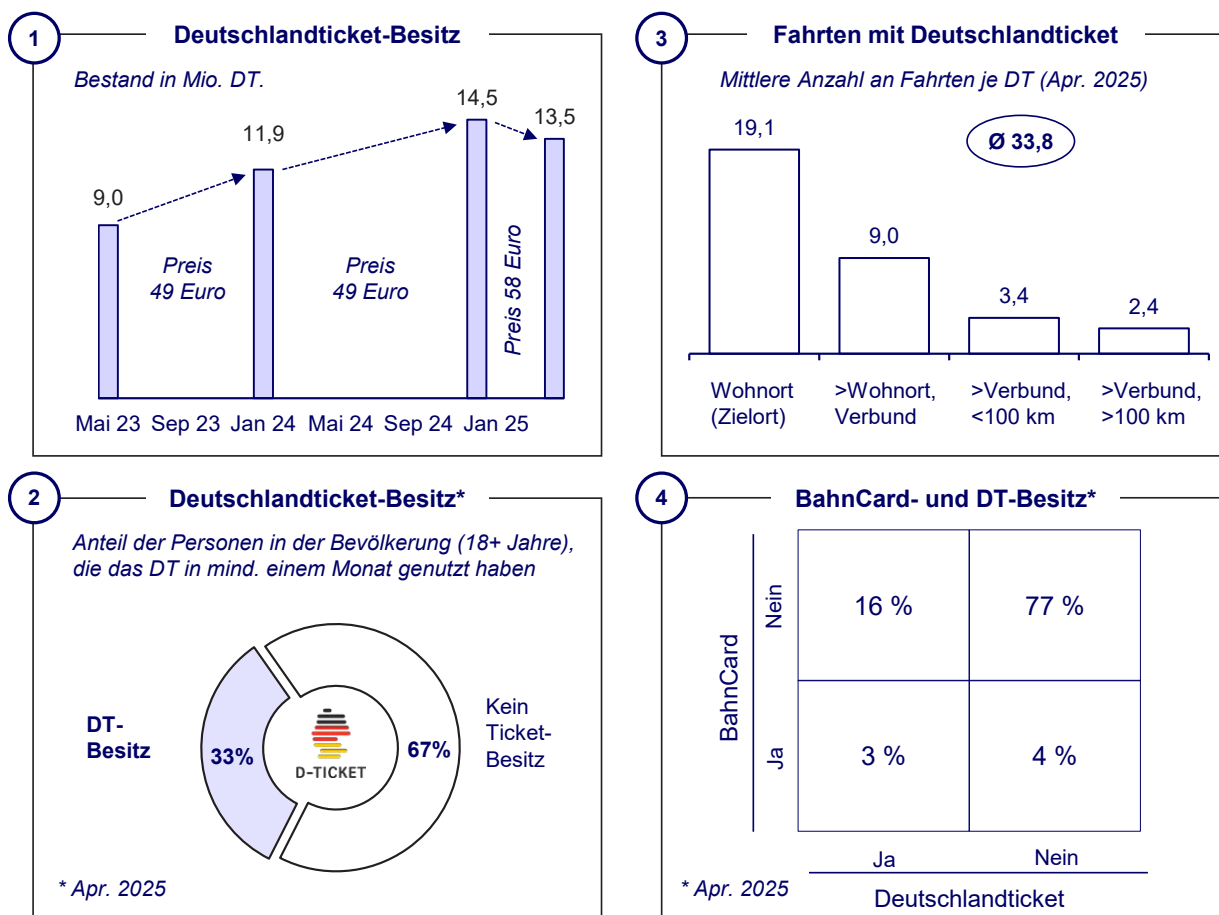
ckelt und welchen Einfluss hat dies auf die Kundenbeziehung im Bahnfernverkehr?

- Wie hat sich die Wettbewerbsposition der Bahn nach Ende der Pandemie entwickelt? Welche Veränderungen ergeben sich in der wahrgenommenen Attraktivität der Verkehrsträger und welchen Einfluss hat das Deutschlandticket?
- Wie stellt sich die konkrete Wettbewerbsstellung im Parallelverkehr von SPNV und SPFV dar und wie wirkt das Deutschlandticket auf die Verkehrsmittelwahl?
- Wie stark handelt es sich bei den Fahrten mit dem Deutschlandticket um substituierte Fahrten des Bahnfernverkehrs? Welcher Nachfrageverlust ist durch das Deutschlandticket für den SPFV erwartbar?

Diese Fragen sollen u. a. auf Grundlage einer eigenen empirischen Studie sowie unter Einbeziehung von Sekundärdaten beantwortet werden.

2. Nutzung und Relevanz des Deutschlandtickets

Im Rahmen einer eigenen Studienreihe untersuchte die exeo Strategic Consulting AG in unterschiedlichen Wellen u. a. die Mobilitätsveränderungen in Deutschland und speziell das Deutschlandticket (DT), wobei der methodische Ansatz jeweils vergleich-



1: DT-Bestand, DT-Nutzer, mittlere DT-Fahrten pro Monat und DT- und BahnCard-Besitz

Quelle: exeo

bar ist (Onlinestudie 18+ Jahre, Teilnehmerrekrutierung über ein Online-Access-Panel). Mittels differenzierter Gewichtung wird die Repräsentativität sichergestellt [11].

2.1. Nutzer des Deutschlandtickets

Aus der aktuellen Welle (April 2025) ist ableitbar, dass der Bestand in 2025 leicht gesunken ist (Abb. 1, Nr. 1). Wenn die Gruppe der bisherigen DT-Nutzer bestimmt wird, also Personen, die mindestens in einem Monat seit Mai 2023 ein DT besessen haben, dann repräsentiert dieses Segment etwa ein Drittel der Bevölkerung ab 18 Jahren (Abb. 1, Nr. 2). Die Nutzung des DT umfasst mehr als 30 Fahrten je Deutschlandticket pro Monat, wobei fast 60% der Wege im Nahbereich stattfinden. Bei etwa 7% der Fahrten handelt es sich um längere Fahrten (über einen Verbundraum hinausgehend, 100+ km Entfernung, Abb. 1, Nr. 3). Damit wird auch deutlich, dass der Schwerpunkt der Mobilität mit dem Deutschlandticket in

einem Entfernungsbereich stattfindet, der für den Bahnfernverkehr nicht relevant ist [6]. Aufgrund des erheblichen Fahrtenvolumens des DT kann aber bereits ein sehr kleiner Fahrtenanteil, bei dem es zu einer Substitution von Fahrten aus dem Bahnfernverkehr kommt, einen signifikanten Nachfrageeffekt im SPFV haben.

2.2. Deutschlandticket und BahnCard

Zusätzlich kann bestimmt werden, wie hoch der Anteil der Besitzer eines DT sowie einer BahnCard ist und wie stark die Überlappung dieser wichtigen Kundenzielgruppen ist. Die Besitzer einer BahnCard machen zwar innerhalb der Nutzer des SPFV nicht die größte Kundengruppe aus, erreichen aber aufgrund der relativ intensiven Nutzung einen erheblichen Fahrtenanteil [12]. Wie Abb. 1, Nr. 4 erkennen lässt, beträgt der DT-Besitz in der Gruppe der BahnCard-Besitzer mehr als 40% (3% in Relation zu 7%), während der Anteil in

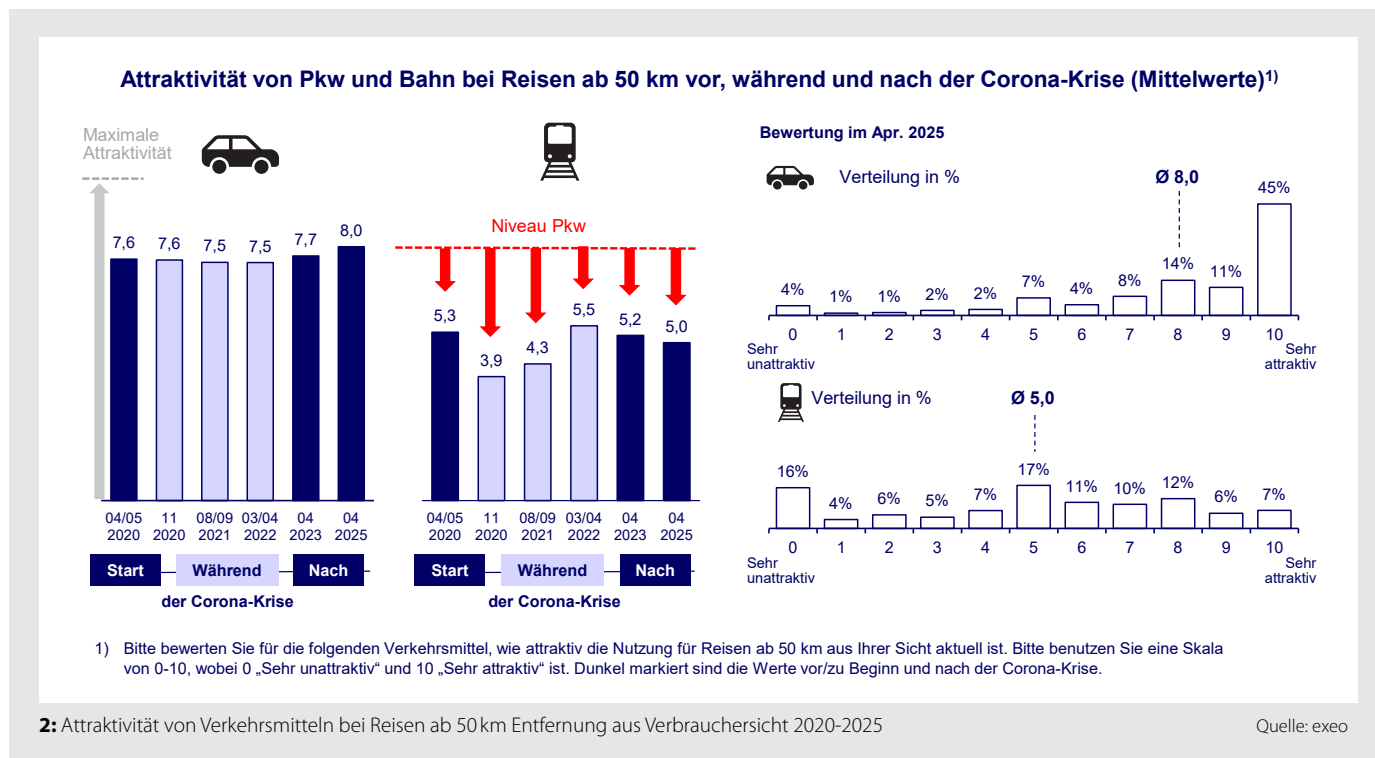
der Bevölkerung nur etwa halb so hoch ist (19%). Das bedeutet: Fast jeder zweite BahnCard-Besitzer nutzt gleichzeitig ein Deutschlandticket.

3. Veränderte wahrgenommene Attraktivität der Bahn

Innerhalb der einzelnen Untersuchungen kam ein identisches Fragedesign zum Einsatz, um die wahrgenommene Attraktivität von Verkehrsmitteln bei Reisen ab 50 km einfache Entfernung in Deutschland zu messen. Die Studienteilnehmer wurden gebeten, verschiedene Verkehrsmittel anhand einer 11er-Skala zu beurteilen (Skala von 0 = „Sehr unattraktiv“ bis 10 = „Sehr attraktiv“).

3.1. Mittelfristige Entwicklung der Verkehrsmittel-Attraktivität

Für die erste Messung im April/Mai 2020 liegt auch eine Bewertung für die Phase



der beginnenden Corona-Krise vor [13]. Wie Abb. 2 illustriert, zeigt sich für den Pkw als das Hauptverkehrsmittel während der gesamten Krisenabschnitte mit unterschiedlichen Lockdowns insgesamt ein relativ stabiles Urteil, während die Bewertungen von Bahn, Flugzeug und Fernbus während der Corona-Krise stark reduziert waren, diese also relativ erheblich an Wettbewerbskraft gegenüber dem Pkw einbüßten [14]. Aktuell wird die Attraktivität der Bahn (Mittelwert 5,0) fast so gut eingeschätzt, wie zu Beginn der Corona-Krise (Mittelwert 5,3). Im Nov. 2020 wurde mit einem Wert von 3,9 die schlechteste Bewertung für die Bahn gemessen. Damit ergeben sich aktuell gute Chancen für eine weitere Nachfrageerholung bei Bahnfernreisen. Historisch hohe Spritpreise (Frühjahr 2022) haben beim Pkw nicht zu einem deutlichen Minus im Attraktivitätsurteil der Verbraucher geführt, möglicherweise werden aber die Alternativen zum Auto gerade deshalb besser bewertet (beste Bewertung der Bahn mit durchschnittlich 5,5 Punkten). Allerdings kommt es später nicht zu einer weiteren Erholung – ein erheblicher Abstand in der Attraktivitätsbewertung von Pkw und Bahn bleibt bestehen. Während 56 % der Bevölkerung im April 2025 den Pkw mit 9 oder 10 (sehr attraktiv) bewerteten (Mittelwert 8,0), sind es bei der Bahn lediglich 13 % (Mittelwert 5,0; Abb. 2).

3.2. Verkehrsmittel-Attraktivität der Bahn nach Deutschlandticket-Besitz

Bereits in einer ersten Bestandsaufnahme zur Wirkung des DT an der Schnittstelle von SPNV und SPFV wurde erkennbar, dass sich für den Bahnfernverkehr Bedrohungen durch das im Markt eingeführte Deutschlandticket ergeben. Ein Risiko stellt der Kunden-Shift im Parallelverkehr zwischen SPFV und SPNV dar. Eine zweite Ebene der Bedrohung betrifft die BahnCard als zentrales Kundenbindungsinstrumentarium im Bahnfernverkehr [12]. Besitzen Reisende eine BahnCard, ergeben sich positive Wirkungen für die Verkehrsmittelwahl [15] und damit Mehrverkehrseffekte [16]. Die auf Basis der eigenen Studienergebnisse erwartete hohe DT-Nutzungsquote bei BahnCard-Besitzern wird durch die aktuellen Ergebnisse (2 Jahre später) bestätigt.

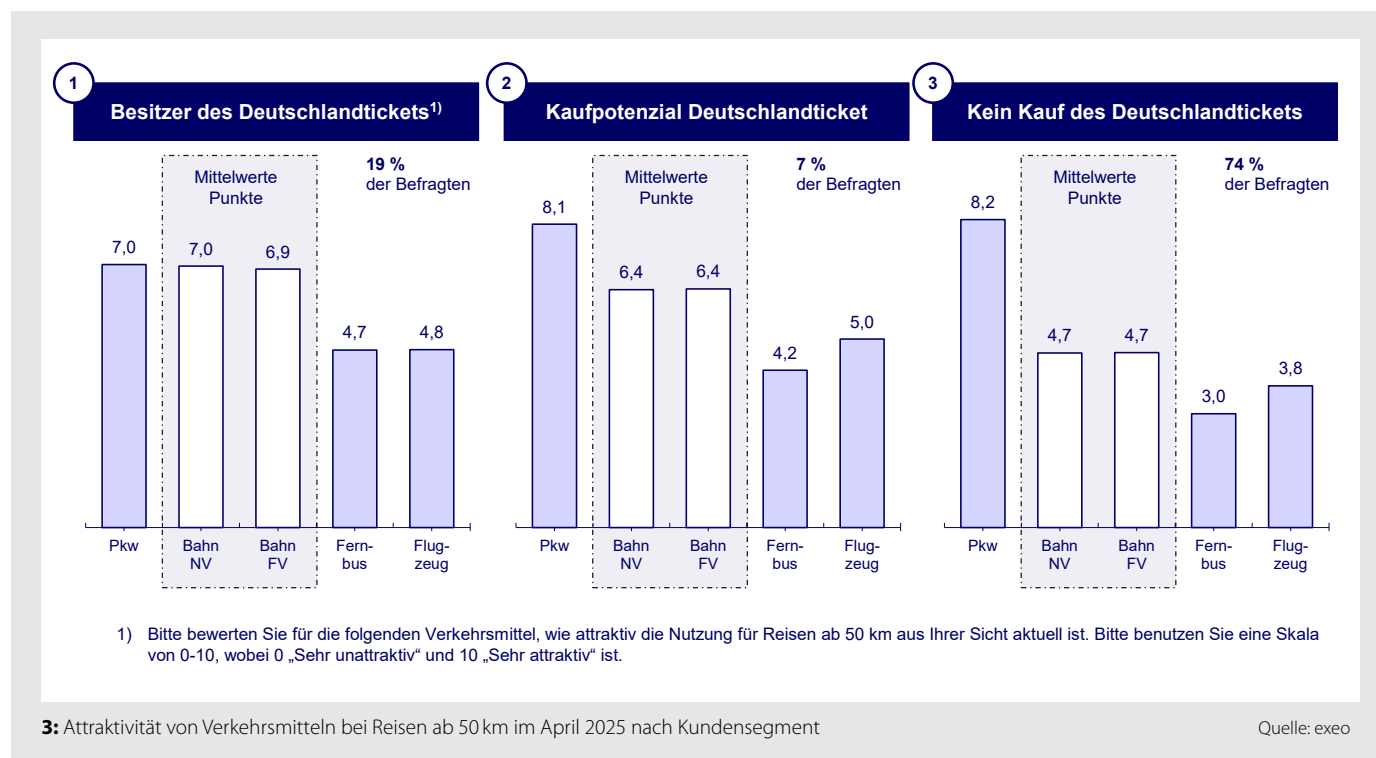
In einem weiteren Schritt ist zu fragen, welche Beurteilung das Verkehrsmittel Bahn – differenziert nach Regional- und Fernverkehr – in Abhängigkeit vom DT-Besitz erhält. Dabei werden drei Segmente unterschieden: Erstens Besitzer des DT im April 2025, zweitens Personen, die das DT im April 2025 nicht besitzen, aber einen Kauf in den nächsten zwei Monaten planen (Kaufpotenzial-Segment), und drittens Personen, die keine DT-Nutzung beabsichtigen. Personen, die bereits über

das Deutschlandticket verfügen oder einen Kauf planen, bewerten die Attraktivität der Bahn im Nah- und Fernverkehr annähernd gleich gut (Abb. 3).

Bei DT-Besitzern zeigt sich ein im Mittel ähnliches Attraktivitätsniveau für Pkw, Bahnfernverkehr und Bahnnahverkehr. Dies deutet darauf hin, dass in diesem Kundensegment sehr spezifische (intensive) Wettbewerbsbedingungen vorherrschen, gleichbedeutend mit elastischen Nachfragereaktionen. In den anderen beiden Segmenten wird mit abnehmender Relevanz des DT eine Kluft in der Wahrnehmung des Pkw (höheres Attraktivitätsniveau) und der Bahn (geringeres Attraktivitätsniveau) erkennbar. Für Reisende, die über ein Deutschlandticket verfügen, verändert sich die Wettbewerbsposition für den SPNV dramatisch, wenn für die Nutzung des Bahnregionalverkehrs keine zusätzlichen Ticketkosten (über das DT hinaus) anfallen, beim DB Fernverkehr allerdings nach wie vor schon.

3.3. Nutzung der Bahn mit dem Deutschlandticket

Immer wieder tauchen in den Medien Erfahrungsberichte auf, bei denen die Nutzung des Deutschlandtickets auf längeren Fahrten quer durch die Bundesrepublik im Fokus steht. So beispielsweise die Reportage von Bonacker [17], der über



seine Reise mit dem DT von Hessen nach Schleswig-Holstein berichtet und statt einer Fahrt mit dem ICE (4 Stunden) die beschwerliche, aber auch interessante Reise mit dem Bahnregionalverkehr (effektiv 9 Stunden Reisezeit) unternahm. Dies ist deshalb im Kontext relevant, weil der Autor sich gegen die Nutzung des Bahnfernverkehrs (geschätzte Kosten 30 Euro) und für die „kostenlose“ Nutzung des Nahverkehrs entscheidet (der Autor besitzt seit Marktstart ein DT, die zusätzlichen Kosten sind in seinem Fall gleich Null). Darüber hinaus gibt es einige wenige Konstellationen (11 Strecken), bei denen die Nutzung des DT im Bahnfernverkehr möglich ist [18]. Allerdings: Der relevante Marktbereich, bei dem signifikante Nachfragebewegungen zu erwarten sind, dürften kürzere Strecken mit parallelem Angebot von SPNV und SPFV sein.

4. Wettbewerbsstellung vom SPNV und SPFV im Parallelverkehr auf kürzeren Strecken

Die Wettbewerbsstellung zwischen SPNV und SPFV soll zunächst ohne Berücksichtigung des DT erfolgen. In einem weiteren Schritt wird diskutiert, wie der Besitz des DT die Verkehrsmittelwahl verändert und welche Nachfrageverlagerungen zwischen SPNV und SPFV erwartbar sind.

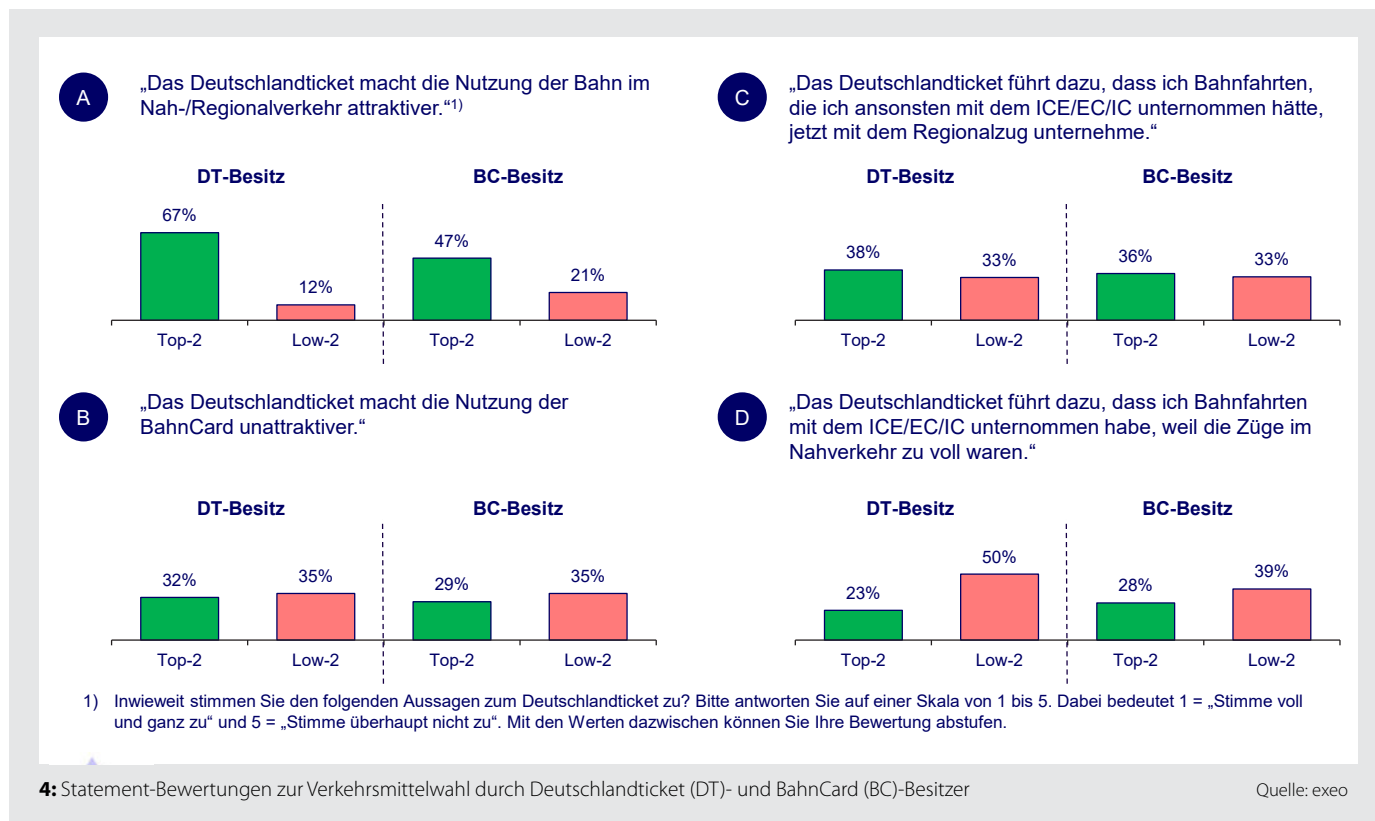
Tabelle 1: Angebots- und Preisvergleich Nah- und Fernverkehr auf kürzeren Strecken

Verbindung ¹⁾	Verkehr	Reisezeit (Std.:Min.)	Günstigster Preis (2023) 2025 in Euro	Ticket 2025
Bonn – Düsseldorf (0:50; 66 km) ²⁾	NV	0:57 (RE)	(21,40 €) 24,70 €	SchöneReiseTicket
	FV	1:03 (ICE/RB)	(17,90 €) 21,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis
Köln – Aachen (0:52; 72 km)	NV	0:52 (RE)	(18,43 €) 22,11 €	Einzelticket Erw. VRS
	FV	0:35 (ICE)	(17,90 €) 17,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis
Stuttgart – Karlsruhe (1:05; 80 km)	NV	0:53 (RE)	(14,90 €) 16,60 €	bwEINFACH
	FV	0:54 (IC/IC)	(19,90 €) 17,99 €	Super Sparpreis
Schwerin – Rostock (1:05; 88 km)	NV	1:42 (RB/RB)	(23,00 €) 25,00 €	MV-Ticket
	FV	---	(17,90 €) -----	Kein Angebot
Dresden – Leipzig (1:24; 116 km)	NV	1:43 (RE)	(18,60 €) 21,90 €	Regio120Ticket
	FV	1:36 (IC)	(19,90 €) 17,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis
Hamburg – Bremen (1:18; 119 km)	NV	1:09 (RE)	(25,60 €) 27,70 €	Normalpreis
	FV	0:56 (ICE)	(19,90 €) 17,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis
Magdeburg – Berlin (1:54; 157 km)	NV	1:42 (RE)	(24,60 €) 29,10 €	Regio120PlusTicket
	FV	1:26 (IC)	(34,90 €) 21,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis
München – Nürnberg (1:54; 172 km)	NV	1:46 (RE)	(24,00 €) 29,00 €	Regio-Ticket M-N
	FV	1:11 (ICE)	(25,90 €) 29,99 €	Super Sparpreis
Frankfurt – Kassel (1:59; 191 km)	NV	2:14 (RE)	(42,90 €) 49,00 €	QdL-Ticket ³⁾
	FV	2:07 (ICE)	(25,90 €) 27,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis
Hamburg – Berlin (3:04; 289 km)	NV	4:17 (RE)	(46,00 €) 49,00 €	QdL-Ticket ³⁾
	FV	1:45 (ICE)	(49,90 €) 39,99 € (Vorteil)	Super Sparpreis

1) Buchungsanfrage Do., 24.4.2025, auf Fr, 25.4.2025: Zeitfenster 8 Uhr bis 12 Uhr (kein BahnCard-Besitz); mit „(Vorteil)“ markiert sind die Fälle, bei denen der Fernverkehr der Deutschen Bahn (FV) einen günstigeren Preis als der Nahverkehr (NV) anbietet. Ohne Recherche Flixtrain.

2) Reisezeit der Fahrt mit dem Pkw in Stunden; Entfernung in km laut Routenplaner

3) Beim Quer-durchs-Land-Ticket sind mehrere Fahrten pro Tag möglich



4.1. Angebots- und Preisstellung auf kürzeren Strecken

Einen Überblick zu ausgewählten Bahnverbindungen gibt Tabelle 1. Dargestellt sind die günstigsten Verbindungen und die Reisezeit im direkten Vergleich des Bahnfernverkehrs mit Regionalbahnen, die bereits bei der vorhergehenden Analyse aus 2023 zugrunde gelegt wurden [10]. Da die Sparpreise der Bahn verfügbarkeitsgesteuert sind [19], erfolgt die Analyse für eine standardisierte kurzfristige Buchungsanfrage im April 2025. Auch bei kurzfristiger Buchung sind für alle untersuchten Relationen Super Sparpreise im Fernverkehr im Angebot. Damit ist in sieben von zehn Konstellationen die Situation gegeben, dass die Reise mit dem Bahnfernverkehr günstiger ist als mit dem Bahnregionalverkehr. Unter Einbeziehung von Komfort- und Reisezeit-Vorteilen zeigt sich eine hohe Wettbewerbsfähigkeit des SPFV im intermodalen Vergleich (nur der Vollständigkeit halber sei angemerkt: Diese ist auch im Vergleich mit dem Pkw gegeben).

Die Analyse unterstreicht die übertragende Bedeutung des Sparpreis-Segments für den DB Fernverkehr. Dieses Ticketsegment war bereits vor der Corona-Krise ein wichtiger Motor des Nachfra-

gewachstums [20] und hat im Bahnfernverkehr bereits seit längerem eine höhere Fahrtenbedeutung als Flexpreise [21, 22]. Bei DT-Besitz verändert sich jedoch die Entscheidungssituation zugunsten des SPNV.

4.2. Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl durch den DT-Besitz

Im Rahmen der Untersuchung wurden die Studienteilnehmer gebeten, unterschiedliche Aussagen zur Verkehrsmittelwahl zu bewerten. So wird der Aussage „Das Deutschlandticket macht die Nutzung der Bahn im Nah-/Regionalverkehr attraktiver“ von ca. 67 % der DT-Besitzer, aber immerhin auch von 47 % der BahnCard-Besitzer zugestimmt (Abb. 4, A). Jeweils etwa 30 % sind der Meinung, das DT

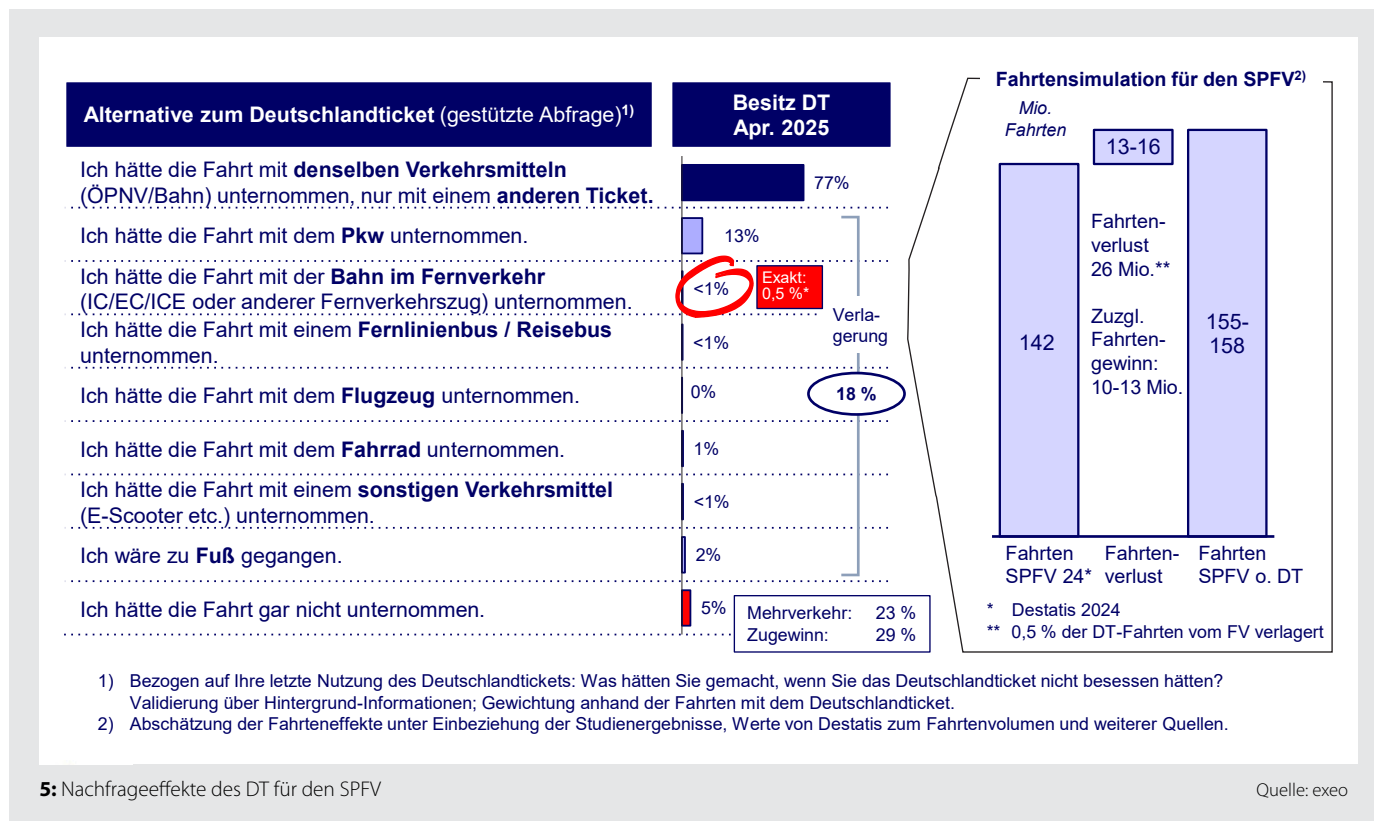
machte die Nutzung der BahnCard unattraktiver (Abb. 4, B).

Fast 40 % der DT-Besitzer sind der Meinung, das DT führe dazu, dass Bahnfahrten, die ansonsten mit dem ICE/EC/IC unternommen worden wären, jetzt mit dem Regionalzug unternommen werden. Demgegenüber sehen nur gut 20 % der DT-Besitzer einen Nachfrage-Shift zugunsten des SPFV aufgrund einer zu hoch empfundenen Auslastung im Bahnregionalverkehr bedingt durch das DT (Abb. 4, C+D).

4.3. Abschätzung der Nachfrageverlagerung zwischen SPNV und SPFV

In einem weiteren Schritt wird versucht, die Nachfrageverlagerung empirisch zu messen und hochzurechnen. Dabei kommt ein von exeo entwickeltes und beim DT bereits mehrfach genutztes Studiendesign zur Anwendung: Abgefragt wird zum Monatsende die Nutzung des DT [23], um dann eine typische Fahrt mit dem DT detaillierter zu beschreiben, inklusive der Erfassung alternativer Verkehrsmittel. Bei Hochrechnung auf die Fahrten-Ebene ergibt sich folgendes Bild: Bei fast 80 % der Fahrten mit dem DT im April 2025 handelt es sich um bestehende Fahrten mit dem Nahverkehr (die auch

Durch die Einführung des Deutschlandtickets hat sich die Wettbewerbsposition des Schienenpersonenfernverkehrs auf kürzeren Strecken verschlechtert.



ohne das DT unternommen worden wären), 13 % sind vom Pkw verlagert worden und 5 % wurden induziert (also gänzlich neu aufgrund des DT unternommen, Abb. 5). Deutlich weniger als 1 % der DT-Fahrten sind Reisen, die ohne das DT mit dem SPFV unternommen worden wären (Bandbreite der letzten Untersuchungen: 0,4-0,5 % [24]). Andere empirische Analysen weisen deutlich höhere Anteile aus, zum Beispiel die Evaluierungsstudie im Auftrag des BMDV, der zufolge in 2024 ca. 5 % der Fahrten mit dem DT vom Fernverkehr (Bahn) verlagert worden sind (hochgerechnet etwa 21 Mio. Fahrten monatlich!) [25].

Zur Verdeutlichung: Bei 0,5 % Fahrten-Verlagerung vom SPFV und einem Gesamtvolumen von 5,2 Mrd. Fahrten mit dem DT p.a. ergeben sich ca. 26 Mio. Fahrten, die dem Bahnfernverkehr durch das DT jährlich fehlen. Dem sind Fahrtengewinne in der Gegenrichtung gegenüberzustellen, die bei einem Plus von 10-13 Mio. Fahrten liegen dürften. Im Saldo ergibt sich ein Fahrtenverlust für den SPFV von etwa 13-16 Mio. Fahrten p.a. Bezogen auf ein Gesamtvolumen von 155-158 Mio. Fahrten p.a. entspricht dies ca. 9-10 % (in Bezug auf die Verkehrsleistung (Personenkilometer) ist der Effekt deutlich kleiner).

5. Ausblick: Verstärkter Wettbewerb auf kürzeren Strecken

Das Deutschlandticket bringt für viele Reisende eine Tarifvereinfachung mit sich, allerdings nicht zwingend im Bahnfernverkehr. Hier müssen Reisende nun entscheiden bzw. für sich selbst „optimieren“, beispielsweise ob sie den bisher durchgehenden Fahrschein (bestehend aus FV- und NV-Anteilen) aufbrechen, mit den entsprechenden Konsequenzen für die Fahrgastrechte. Für den SPFV ergeben sich Risiken durch das DT auf unterschiedlichen Ebenen: Die erste Ebene betrifft eine signifikante Fahrtenverlagerung, die sich auch durch extrem günstige Super Sparpreise auf kurzen Strecken nur bedingt umkehren lässt. Im Juni 2025 bietet der DB Fernverkehr Aktionsangebote auf kürzeren Strecken zum Preis von 6,99 Euro (5,24 Euro mit BahnCard) je Fahrt an, offensichtlich eine direkte Maßnahme gegen den Wettbewerb durch das DT [26]. Die zweite Ebene betrifft den Einfluss des DT auf die BahnCard als zentrales Loyalitäts-Instrument des DB Fernverkehrs. Die dritte Ebene betrifft die Herausforderung zur Vereinfachung des Tarifsystems (durch das DT haben viele Kunden im SPFV erlebt, was einfache Tarife im SPNV bedeuten und passen ihre Erwartungshaltung auch

an den SPFV daran an). Vereinfachungen könnten Kunden zukünftig auch bei den Tarifen im Bahnfernverkehr erwarten. •

Literatur

- [1] N.N. (2022). Bahn erzielt Fahrgast-Rekord im Fernverkehr, Der Spiegel, <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/deutsche-bahn-erzielt-fahrgast-rekord-im-fernverkehr-a-30509468-b0b4-4fa5-9419-de7aea921671>, Abruf am 28.4.2022.
- [2] Krämer, A. (2021). Perspektiven für Bahn-Geschäftsreisen nach der Corona-Pandemie. ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, 69 (H. 3), S. 13-19.
- [3] N.N. (2023). Schienenverkehr – Deutsche Bahn rechnet mit Fahrgastrekord für 2023. Die Zeit online v. 30. März 2023. <https://www.zeit.de/mobilitaet/2023-03/deutsche-bahn-fahrgastrekord-2023-fernzuege>. Abruf am 9.6.2023.
- [4] Destatis (2025). 5 % mehr Fahrgäste im Linienverkehr mit Bussen und Bahnen im Jahr 2024, Pressemitteilung Nr. 135 vom 8. April 2025. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/04/PD25_135_461.html?templateQueryString=verkehr&templateQueryString=verkehr&utm_source=chatgpt.com. Abruf am 23.4.2025.
- [5] Abeling-Zuber, M., Ackermann, T., Hübner, K. (2025). Das Deutschlandticket im Spiegel der Marktforschung. Der Nahverkehr, 43 (H. 4), S. 6-9.
- [6] Krämer, A. (2025). New Mobility – vom Deutschlandticket zur Verkehrswende? 2. Aufl., Springer, Wiesbaden.
- [7] Bundesnetzagentur (2024). Marktuntersuchung Eisenbahnen - Kurzerhebung Berichtsjahr 2023 - Referat 702 - Technische Grundsätze der Eisenbahnregulierung,

Digitalisierung im Eisenbahnbereich; Marktbeobachtung, Statistik, Bonn.

- [8] N.N. (2024). Bilanz für 2024 - Verspätungen beschleunigen der Bahn einen Umsatzverlust von 700 Millionen Euro. Manager Magazin v. 21.12.2024, https://www.manager-magazin.de/unternehmen/deutsche-bahn-verspaetungen-fuehren-2024-zu-umsatzverlust-von-700-millionen-euro-a-324bb85c-fe81-4d5f-bde6-97167e18622d?xing_share=news. Abruf am 26.12.2024.
- [9] Timmler, V. (2025). Deutschlandticket: Warum die Bahn jetzt mit Schnäppchen um sich schmeißt. Süddeutsche Zeitung v. 27. Februar 2025, <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/deutsche-bahn-sparpreise-fernverkehr-schnaepchen-li.3210557>. Abruf am 17.3.2025.
- [10] Krämer, A. (2023). Einfluss des Deutschlandtickets auf die Wettbewerbsstellung des SPfV. Eisenbahntechnische Rundschau, 71 (H. 9), S. 16-21.
- [11] Krämer, A. (2020). Wo steht der Bahnfernverkehr nach der Krise? Eisenbahntechnische Rundschau, 68 (H. 7/8), S. 12-17.
- [12] Brocke, B., Neweling, S., Krämer, A. (2023). Fallbeispiel: Deutsche Bahn-Kundenmanagement im Spannungsfeld zwischen BahnCard/BahnBonus und Aktionsangeboten. In Stammkundenbindung versus Neukundengewinnung: Marketing und Vertrieb im Spannungsfeld von Hunting und Farming (pp. 61-77). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [13] Krämer, A. (2020). Mobilität nach der Corona-Krise. Internationales Verkehrswesen, 72 (H. 3), S. 89-93.
- [14] Krämer, A. (2022). Preisbereitschaften für Bahnfernreisen und Möglichkeiten der Beeinflussung durch das Marketing – eine empirische Untersuchung. Eisenbahntechnische Rundschau, 70 (H. 9), S. 80-86.
- [15] Krämer, A. (2015). Mythos BahnCard – wie wirkt die Rabattkarte aus Sicht der Kunden und Bahn? ZEVrail, 139 (H. 9), S. 321.
- [16] Krämer, A. (2018). Wirkungsweise der BahnCard aus Kunden- und Unternehmenssicht. Internationales Verkehrswesen, 70 (H. 3), S. 16-19.
- [17] Bonacker, J. M. (2025): Selbstversuch am Ostermontag: Vier Bundesländer in neun Stunden – für 58 Euro: So reist es sich mit dem Deutschlandticket 22.04.2025, <https://www.noz.de/lebenswelten/auto-fahrrad-bahn/>

artikel/guenstig-reisen-mit-dem-deutschlandticket-ein-selbsttest-48631029. Abruf am 9.6.2025.

- [18] Eickholt J. (2025). Reiseziele 2025: ICE fahren mit dem Deutschlandticket? Auf diesen Strecken ist es erlaubt. wmn.de v. 23.04.2025, <https://www.wmn.de/travel/reiseziele-2025-ice-ic-deutschlandticket-deutsche-bahn-nutzen-id794187>. Abruf am 9.5.2025.
- [19] Krämer, A., Jung, M., Wilger, G. (2014). Preisdifferenzierung und Erlösmanagement im Bahnfernverkehr – eine länderübergreifende Analyse zu den Potenzialen für Nachfragesteigerungen durch differenzierte Preisgestaltung. ZEVrail, 138 (H. 10), S. 428-434.
- [20] Krämer, A. (2022). Preisbereitschaften für Bahnfernreisen und Möglichkeiten der Beeinflussung durch das Marketing – eine empirische Untersuchung. Eisenbahntechnische Rundschau, 70(9), S. 80-86.
- [21] Krämer, A. (2018). Die Mobilisierung von preissensibler Nachfrage in einer digitalisierten Welt. Internationales Verkehrswesen, 70 (H. 1), S. 16-20.
- [22] Luhm, H.J. (2020). Preiskommunikation im Fernverkehr der Deutschen Bahn. In: Kalka, R., Krämer, A. (Hrsg.), Preiskommunikation - Strategische Herausforderungen und innovative Anwendungsfelder, Springer, Gabler Verlag, Wiesbaden 2020, S. 403-418.
- [23] Krämer, A., Wilger, G., Bongaerts, R. (2025). Deutschlandticket zum Preis von 29 Euro – Ticketbestand, Einnahmenwirkung und Verkehrsverlagerung. Eine Studie der exeo Strategic Consulting AG, im Auftrag von Greenpeace, Hamburg.
- [24] Krämer, A., Wilger, G., Bongaerts, R., Koch, N. Amberg, M. (2025). Die Mär vom induzierten Verkehr und geringer Pkw-Fahrten-Verlagerung beim Deutschlandticket - Eine Bestandsaufnahme empirischer Erkenntnisse. VARI Forschungsbericht Nr. 8, Bonn 24.5.2025.
- [25] infas (2024). Evaluation des Deutschlandtickets: Erster Zwischenbericht November 2024 im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV). November 2024, Bonn.
- [26] Reisevor9 (2025). Podcast mit Stefanie Berk, die im Vorstand von DB Fernverkehr Marketing und Vertrieb verantwortet. <https://reisevor9.podigee.io/440-mittwoch-11-juni-2025>. Abruf am 28.4.2025.

Summary

Influence of the Deutschlandticket on demand and customer loyalty in long-distance rail passenger transport

The introduction of the Deutschlandticket (DT) in May 2023 has worsened the competitive position of long-distance rail passenger transport (SPfV) on shorter routes. This has led to a net loss of demand of 10-13 million journeys per year. The DT also poses structural challenges for long-distance rail passenger transport due to changing customer preferences, a weakened BahnCard loyalty, and the demand for simpler fares.



BERLIN



Treffen Sie uns auf der
TRAKO 2025
Stand E 49

Erfahren Sie, was Berlin
Ihnen zu bieten hat!



Pods for Healthcare – Ein evolutionärer Ansatz zur Stärkung von Notfallnetzen weltweit

Im Rahmen des Projekts Pods4Rail, das von Europe's Rail JU gefördert wird und an dem Siemens, DLR, EURNEX und Moodley als Partner beteiligt sind, wurde ein innovatives Konzept entwickelt, das ein revolutionärer Ansatz für den medizinischen Notfalleinsatz ist, indem es autonome, modulare Gesundheitskapseln in ein intermodales, schienengebundenes Transportsystem integriert. Die autarken Einheiten ermöglichen den schnellen Einsatz von Intensivversorgung, Operationssälen und fortschrittlicher Diagnostik, um eine medizinische Versorgung auf Krankenhausniveau in Katastrophengebieten, Konfliktzonen und unterversorgten Regionen bereitzustellen.



Die europäischen Gesundheitssysteme werden durch die Bevölkerungsalterung und den steigenden Pflegebedarf belastet. Die Herausforderungen werden durch eine schlechte Koordination zwischen den Versorgungsebenen und eine unzureichende Infrastruktur noch verschärft. Mobile Gesundheitseinheiten, die mit modernen medizinischen Geräten ausgestattet sind, bieten eine Lösung, indem sie dezentralisierte Diagnostik und Behandlung anbieten, insbesondere in ländlichen oder unterversorgten Regionen. Diese Einheiten können die Krankenhäuser entlasten, den Zugang verbessern und die Widerstandsfähigkeit des Systems erhöhen.

Seit mehr als einem Jahrhundert spielt die Eisenbahn eine wichtige Rolle im Gesundheitswesen; von Ambulanzzügen, die während der Weltkriege zur Evakuierung verwundeter Soldaten eingesetzt wurden, bis hin zu modernen Krankenzügen wie dem indischen Lifeline Express, der seit 1991 über eine Million Patienten in ländlichen Gebieten kostenlos medizinisch versorgt hat. Traditionell transportierten diese „Krankenzüge“ entweder Patienten zu medizinischen Einrichtungen oder fungierten bei planmäßigen Stopps als mobile Kliniken. [1, 2, 3, 4]

Herkömmliche Lazarettzüge hatten eine starre Struktur, die den Einsatz einschränkte und die medizinische Versorgung auf zugängliche Bahnhöfe beschränkte. Moderne Lösungen für die Krisenbewälti-

gung verwenden jetzt erweiterbare, starrwandige Container, die nach ISO-Normen dimensioniert sind und als eigenständige medizinische Einheiten funktionieren. Diese Einheiten können schnell mit Güterzügen oder Schiffen transportiert werden und ermöglichen die Einrichtung vollständiger Behandlungseinrichtungen in abgelegenen oder krisengeschüttelten Gebieten. Im Gegensatz zu Ambulanzzügen, die lediglich Patienten transportieren, bringen diese „containerisierten Krankenhäuser“ eine einsatzfähige medizinische Infrastruktur direkt dorthin, wo sie am dringendsten benötigt wird. [5] Jüngste Studien haben aktualisierte Konzepte für Krankenzüge erforscht, deren Anwendung jedoch nach wie vor stark eingeschränkt ist. [6, 7]

Aufbauend auf dem im Rahmen des europäischen Pods4Rail-Projekts entwickelten Ansatz, ein intermodales Transportsystem für einen nahtlosen Übergang zwischen der Schiene und anderen Verkehrsträgern zu schaffen, könnte ein neues, flexibles Modell für die Bereitstellung von medizinischer Notfallausrüstung und -diensten entstehen. Anstatt Patienten in geschlossenen Zügen zu transportieren, können nun voll ausgestattete und skalierbare medizinische Einheiten direkt in Krisengebiete transportiert werden, um eine Behandlung vor Ort zu ermöglichen. Ihr modularer Aufbau ermöglicht den schnellen Aufbau kompletter Ad-hoc-Krankenhäuser. Die Innovation steht im Einklang



Dr. Andreas Liliequist

Head of Cardiothoracic ICU and OR
Perioperative Medicine
Heart and Vascular center
Karolinska University hospital



Dr.-Ing. Armando Carrillo Zanuy

Secretary General EURNEX
(European Rail Research Network of Excellence)
Coordinator Academics4Rail and
PhDs EU-Rail projects
acarrillo@eurnex.eu

Dipl.-Ing. Dirk Winkler

Im Chief Technology Office von Siemens Mobility im Bereich Innovationsstrategie tätig. Seit September 2023 Projektkoordinator und Projektleiter des EU-geförderten Projekts Pods4Rail
dirk.winkler@siemens.com

Dr. Walter Struckl

Bei CTO Office von Siemens Mobility im Bereich innovative Lösungen und alternative Antriebsformen für die Mobilitätsanforderungen der Zukunft. Seit 2012 auch Lehrbeauftragter für Schienenfahrzeugtechnik an der Technischen Universität Wien und Gastdozent für digitale Themen im Bahnbereich
walter.struckl@siemens.com

Maria Traunmüller

Director Strategy and Innovation, moodley strategy & design group GmbH
maria.traunmueller@moodley.com



1: Transport Carrier (TC) und abnehmbarer Pod für medizinische Geräte

mit den wichtigsten europäischen Zielen: Nutzung der Eisenbahn zur Unterstützung der zivilen, militärischen und Notfallmobilität. Die intermodalen Fähigkeiten von Pods4Rail bedeuten, dass die medizinischen Pods überall dort eingesetzt werden können, wo Katastrophenhilfe benötigt wird.

Die zunehmende Belastung der Gesundheitssysteme, der Abbau stationärer Kapazitäten, verzögerte technische Investitionen und die Nachfrage nach mobiler, vernetzter Infrastruktur schaffen eine Chance für Innovationen wie Pods4Rail – nicht nur als technologische Lösung, sondern als strukturelle Ergänzung zur zentralisierten Gesundheitsversorgung.

Implementierung eines mobilen Gesundheitssystems

Die Pod-Systeme sind flexible, autarke medizinische Einheiten, die für den Einsatz auf der Schiene, der Straße, zu Wasser und in der Luft konzipiert sind. Sie sind so konstruiert, dass sie in das Lichtraumprofil der Eisenbahn passen und gleichzeitig den Innenraum maximieren. Jeder Pod unterstützt spezifische medizinische Funktionen und umfasst Systeme für unabhängige Abläufe wie Strom, Wasser, Abfallentsorgung und medizinische Gasproduktion. Einige verfügen über erweiterbare Wände,

um die Nutzbarkeit zu verbessern. Ihr Design ermöglicht einen schnellen Einsatz in entlegenen Gebieten unter Beibehaltung krankenhaushogerechter Bedingungen. Die verschiedenen geplanten Pod-Typen sind:

■ Crew Pod (Mannschaftskabine)

Die Mannschaftskabine dient als operatives Zentrum des Lazarettzuges und bietet den medizinischen Teams bei längeren Einsätzen Wohn- und Koordinationsmöglichkeiten. Sie umfasst Schlafkojen, eine kompakte Küche, sanitäre Einrichtungen und einen Bereich für die Koordination des Personals. Die auf Autonomie ausgelegte Kapsel kann auch als Kommandozentrale fungieren und verfügt über eine Satellitenverbindung für Fernkonsultationen und Echtzeitkoordination mit zentralen Gesundheitsbehörden.

■ AUX (Auxiliary) Pod

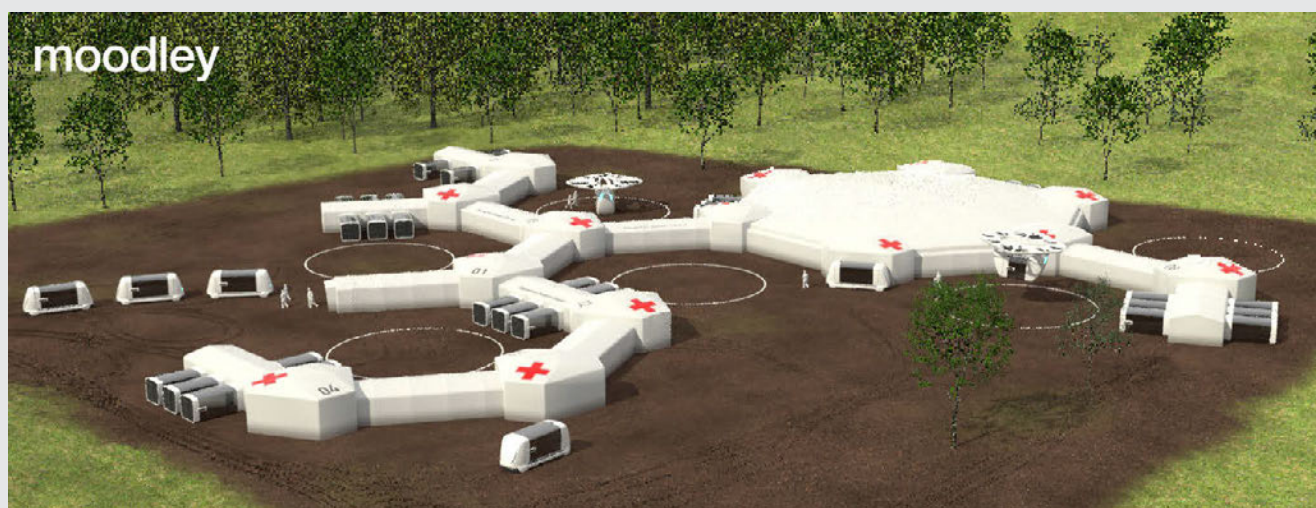
Der AUX-Pod bietet wichtige Unterstützung für den klinischen Betrieb, indem er Infrastrukturen wie Sterilisationssysteme, Lager für medizinische Güter und Apotheken, Wäscheservice und IT-/Netzwerk-ausrüstung beherbergt. In größeren Einrichtungen können mehrere AUX-Pods spezielle Funktionen erfüllen, z.B. als mobile Labore oder als zentrale Knotenpunkte für die Strom- und Wasserversorgung der angeschlossenen Pods.

■ ICU Pod / Intensivstation

Die Intensivstation bietet eine voll ausgestattete, autonome Intensivpflegeumgebung mit bis zu vier Betten, die jeweils mit Beatmungsgeräten, Monitoren, Infusionspumpen und Absaugsystemen ausgestattet sind. Sie wurde für die Bekämpfung von Infektionskrankheiten konzipiert und hat eine Unterdruckisolierung und ein gefiltertes HVAC-System. Integrierte PSA-Sauerstoffgeneratoren und eine Notstromversorgung sorgen für eine unterbrechungsfreie Beatmungsunterstützung. Dank der redundanten lebenserhaltenden Systeme arbeitet der Pod auch in abgelegenen oder ressourcenbeschränkten Umgebungen zuverlässig.

■ Stationsmodul

Das Stationsmodul bietet eine flexible stationäre Unterbringung, die je nach Bedarf für 4 bis 8 Betten konfiguriert werden kann und umfasst Patientenüberwachung, Schwesternrufsysteme, medizinische Gasversorgung und Platz für mobile Diagnostik oder Rehabilitation. In der Regel wird es mit Intensivstationen und OP-Gehäusen kombiniert und unterstützt die Übergangspflege und Rekonvaleszenz. Das Stationsmodul erfüllt die Hygienestandards eines Krankenhauses.



2: Modulares Krankenhaus

■ OP-Pod

Der OP-Pod ist ein voll ausgestatteter, mobiler Operationssaal, der den internationalen Standards für sterile Bereiche entspricht. Er verfügt über eine chirurgische Beleuchtung, einen Anästhesiearbeitsplatz, einen Operationstisch, medizinische Gassysteme und eine Sterilisation vor Ort. Ein laminarer Luftstrom und eine HEPA-gefilterte HVAC-Anlage sorgen für eine sterile Umgebung, während stoßdämpfende Halterungen die Ausrüstung während des Transports schützen. Der OP-Pod ist sowohl für Notfälle als auch für geplante Eingriffe konzipiert und bietet volle chirurgische Leistungsfähigkeit vor Ort.

■ CT Pod (Computed Tomography Imaging Unit)

Der CT-Pod bringt hochauflösende diagnostische Bildgebung direkt an den Einsatzort und unterstützt die Beurteilung von Traumata, die Diagnose von Schlaganfällen und die Behandlung von Infektionskrankheiten. Er beherbergt einen Multi-Slice-CT-Scanner in einem vibrationsgedämpften, strahlungsgeschützten Container mit integriertem Kontrollraum, Bildverarbeitungssystemen und Tele-Radiologie-Funktionen. Ausgestattet mit unabhängiger Stromversorgung, Bleiabschirmung und präziser klimatisierter HVAC gewährleistet der Pod einen zuverlässigen Betrieb unter verschiedensten Bedingungen. Beim Militär und im Katastrophenfall ermöglicht er eine schnelle Beurteilung von Verletzungen und die Planung von Operationen. In ländlichen Gebieten bietet er einen wichtigen dia-

gnostischen Zugang, der Verzögerungen reduziert und die Frühintervention verbessert. Als Schlüsselkomponente des mobilen Krankenhaussystems verbessert der CT-Pod die Funktionalität sowohl der Intensivstation als auch des OP.

Anwendungen und Vorteile

Mobile medizinische Einrichtungen auf Schienen bieten anpassungsfähige Lösungen sowohl für die routinemäßige Gesundheitsversorgung als auch für die Notfallversorgung. In Krisengebieten oder abgelegenen Gegenden verkürzt die sofortige Behandlung vor Ort die Wartezeiten, verbessert die Ergebnisse und minimiert die Notwendigkeit eines Patiententransports über lange Strecken. Dies ist besonders wertvoll bei Einsätzen des Militärs, der Katastrophenhilfe oder des öffentlichen Gesundheitswesens, wo der Zugang zu medizinischer Versorgung eingeschränkt ist. Nach Beendigung des Einsatzes kann das mobile Krankenhaus abgebaut und wieder eingesetzt oder zur Basis zurückgebracht werden - ohne dauerhafte Infrastruktur.

Modulare Krankenhauspods sind eine Lösung für die Gesundheitsversorgung in abgelegenen, unterversorgten und krisengeschüttelten Gebieten. Sie können regelmäßig ländliche Regionen aufsuchen, innerhalb weniger Stunden eine umfassende medizinische Versorgung in Katastrophengebiete bringen und flexibel bei Großveranstaltungen oder saisonalen Erfordernissen eingesetzt werden. Bei Pandemien können diese Pods als mobile Isolierstationen

oder Intensivstationen fungieren und die lokalen Kapazitäten schnell erweitern. Da sie skalierbar und wiederverwendbar sind, sind sie kostengünstiger und umweltfreundlicher als stationäre Krankenhäuser oder Lösungen, die per Flugzeug transportiert werden. Die autarken und schnell einsetzbaren Lazarettzüge können kritische Pflege direkt dorthin bringen, wo sie am dringendsten benötigt wird, wenn die Zeit am wichtigsten ist.

Pod-Konfigurationen sind auf spezifische Einsatzfälle zugeschnitten. Militärische Einrichtungen können traumataugliche OP-Pods, Intensivstationen mit fortschrittlicher Beatmung und kommandofähige Crew-Pods umfassen, während in Katastrophenszenarien Triage-Stationen, diagnostische AUX-Einheiten und isolationsfähige Intensivstationen zum Einsatz kommen können. Alle Pods entsprechen den Standards für den intermodalen Transport und ermöglichen einen effizienten Transport per Schiene, Straße oder Schiff unter Verwendung automatisierter Handhabungssysteme wie Kräne oder Reach Stacker.

Die speziellen Transporteinheiten werden von autonomen Trägern sowohl auf der Schiene als auch auf der Straße befördert, so dass während des Transports keine zusätzlichen Personen beschäftigt werden müssen. Der Transport wäre aber auch mit herkömmlichen Containertransportfahrzeugen möglich. Während des Einsatzes kann der Medical Pod vor Ort schnell und ebenerdig entladen werden. Nach der Aufstellung am Boden können die Medical Pods nebeneinander oder in einer Reihe

positioniert und über flexible Tunnelvorräume oder feste Verbindungsstücke zu einer zusammenhängenden Krankenhausstruktur verbunden werden. Auf diese Weise können sich Patienten und Personal sicher zwischen den Einheiten bewegen.

Diese Technologie hat sich bereits in Militär- und Katastrophenkrankenhäusern bewährt. Die französische Notfalleinheit UMPEO beispielsweise verwendet einen 13 Meter langen Container, der sich in fünf Behandlungsräume aufklappen lässt, in 20 Minuten einsatzbereit ist und 18 Patienten auf einmal behandeln kann. Das modulare Krankenhauscontainerkonzept überträgt diese Machbarkeit auf den Eisenbahnbereich. [8,9]

Logistik und Infrastruktur

Die Implementierung von modularen Krankenhauskapseln auf der Schiene erfordert die Integration in bestehende Logistiksysteme und Infrastrukturen. Die wie überdimensionale intermodale Frachteinheiten konzipierten Pods sind mit den üblichen Bahnstrecken und Umschlaggeräten kompatibel und ermöglichen den Umschlag auf Straßenfahrzeuge für die Zustellung auf der letzten Meile. Bei der Ankunft werden die Züge idealerweise auf Abstellgleisen oder Ausläufen an vorher festgelegten Standorten abgestellt. Die Pods können mit Standard- oder bordeigener Ausrüstung entladen werden, wobei eine flexible ebenerdige Anordnung möglich ist. Für den kurzfristigen Einsatz können sie auf den Waggons verbleiben; bei längeren Einsätzen wird die Platzierung am Boden für eine bessere Zugänglichkeit und Integration bevorzugt. Wenn örtliche Versorgungseinrichtungen vorhanden sind, können die Pods an Strom-, Wasser- und Abwassersysteme angeschlossen oder mit Tankwagen versorgt werden.

Aus bahnbetrieblicher Sicht können Krankenzüge über die bestehenden Fahrpläne für den Güterverkehr mobilisiert werden, wobei sie bei Bedarf Vorrang vor anderen Zügen haben. Die europäischen Netze erlauben Sonderfahrten, die einen schnellen Einsatz ermöglichen [11]. Da die Pods in Containern untergebracht sind, können sie bei geringerer Dringlichkeit auch einzeln im normalen Güterverkehr befördert werden. Ein spezieller Zug gewährleistet jedoch eine schnellere Reaktion. Der Krankenzug kann als autarker medizinischer Konvoi fungieren, der für längere Einsätze bereit ist.

Mit modularen Pods ausgestattete Krankenzüge können über bestehende Güterverkehrsnetze eingesetzt werden. Das intermodale Design ermöglicht es, die Container einzeln oder als Ganzzüge zu transportieren und autarke Hilfskonvois zu bilden. Wenn sie nicht im Einsatz sind, werden sie an strategischen Knotenpunkten gelagert und gewartet.

Danksagung und Haftungsausschluss

Finanziert von der Europäischen Union.

Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die des Autors / der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die der Europäischen Union oder des Gemeinsamen Unternehmens Europe's Rail wider. Weder die Europäische Union noch die Bewilligungsbehörde können für sie verantwortlich gemacht werden. Das Projekt Pods4Rail wird von dem gemeinsamen Unternehmen Europe's Rail und seinen Mitgliedern unterstützt.

DOI 10.61067/250934



Literatur

- [1] Bossig, Klaus: Deutsche Reichsbahn und Landesverteidigung. Katastrophenzüge, Lazarettzüge, sowjetische Militärzüge. EK-Verlag Freiburg 2019, ISBN 978-3-8446-6418-8.
- [2] Alexandria L. Soto, W. Sanders Marble, Justin Barr: Wartime Hospital Trains Have a Track Record of Success. ACS Bulletin, Vol.110 (3), March 2025, pp. 34-40.
- [3] Alan Hawk: An Ambulating Hospital: or, How the Hospital Train Transformed Army Medicine. In: Civil War History 48 (3), 2002, pp.197-219, DOI:10.1353/cwh.2002.0036.
- [4] Jashim Uddin Ahmed, Saima Siddiqui, Asma Ahmed, Kazi Pushpita Mim: Lifeline Express: Hospital Train in Rural India. In: Emerging Economies Cases Journal, February 2021, pp. 1-11, DOI: 10.1177/2516604220977243.
- [5] Raising the bar with a containerized naval hospital, see: <https://www.seabox.com/news/detail/raising-the-bar-with-a-containerized-naval-hospital> (viewed on 22.04.2025).

[6] Space agency backs hospital train demonstrator. In: Railway Gazette International, 20 October 2020, see: <https://www.railwaygazette.com/technology/space-agency-backs-hospital-train-demonstrator/57607.article> (viewed on 22.04.2025).

[7] <https://iafastro.directory/iac/archive/browse/IAC-21/E5/4/65480/>

[8] New mobile hospital to support emergency medical services (14/01/2021) see: <https://www.theagilityeffect.com/en/article/new-mobile-hospital-to-support-emergency-medical-services/> (viewed on 22.04.2025).

[9] Vanessa Houze-Cerfon, Benoit Viault, Eric Marcou, Thomas Pardon, Anna Ribera-Cano, Cédric Nouzières, Vincent Bounes: An Innovative Mobile Hospital for the Management of a Massive Flow of Victims. 22nd Congress on Disaster and Emergency Medicine, Volume 38 - Supplement S1 - May 2023, DOI:10.1017/S1049023X23002522

[10] Jacobs Engineering. Reimagining Shipping Containers as Emergency ICUs (CURA Pods) (2020) – COVID-19 project converting 20-ft containers into biocontainment ICU units in Italy.

[11] Commission implementing regulation (EU) 2025/675 of 4 April 2025 Military Mobility: European Commission adopts new specifications for EU-wide authorisation of carriages for personnel escorting military freight trains.

Summary

Pods for Healthcare - An evolutionary approach to strengthen emergency networks worldwide

The Pods4Rail project, funded by Europe's Rail JU and involving Siemens, DLR, EURNEX and Moodley as partners, has developed an innovative concept that is a revolutionary approach to emergency medical deployment by integrating autonomous, modular healthcare pods into an intermodal, rail-based transport system. The self-sufficient units enable the rapid deployment of intensive care, operating theatres and advanced diagnostics to provide hospital-level medical care in disaster areas, conflict zones and underserved regions. In contrast to conventional hospital trains, which are primarily geared towards the evacuation of patients, this concept brings complete, mobile hospitals directly to where they are needed. Beyond emergency response, this system also revolutionises general healthcare by bringing high-cost diagnostic services to rural and underserved areas in response to demographic changes and limited resources. By utilising intermodal logistics, these scalable medical units ensure fast, efficient and sustainable healthcare.

Hamburgs neue U-Bahn: fahrerlos, vollautomatisch

Mit dem Großprojekt der U-Bahn Linie U5 schickt sich Hamburg an, verkehrstechnisch in die Gilde der weltweiten Megastädte einzutreten. 25 Kilometer Streckenlänge, 22 Stationen, quer durch die Hansestadt, geplant als vollautomatischer, fahrerloser Betrieb: Das sind Dimensionen wie in Paris oder London oder vor allem in den riesigen Urbanisationen Asiens. Mit dem Bau wurde bereits begonnen, doch bis der Verkehr auf der ganzen Linie in den Spitzenzeiten mit Zugfolgen von 90 Sekunden rollen kann, werden noch gut und gern anderthalb Jahrzehnte voller komplexer Bauaufgaben vergehen.



Die Prognosen lassen den Mobilitätsbedarf erkennen. Mit derzeit prognostizierten täglich 315.000 Fahrgästen rechnet die Hamburger Hochbahn, der zukünftige Betreiber, auf der neuen Linie und verspricht ihnen, sie schneller durch die Stadt zu bringen. Schneller in die City in der vom Individualverkehr teilweise chaotisch überlasteten Stadt und mehrere Verknüpfungspunkte zum Umsteigen in andere U-Bahnlinien am selben Bahnsteig sollen eine weithin flächendeckende Mobilität der kurzen Wege ermöglichen – in einer Stadt, die zwei Millionen Einwohner anpeilt. In der Form eines überdimensionalen U führt die Linie aus dem Nordosten südwärts ins Stadtzentrum, untertunnelt dort die Binnenalster, um dann in einem großen Schwenk erst

Richtung Norden – unter anderem mit einem Halt an Hagenbecks Tierpark – und dann weiter in den Westen zu gelangen.

Der sichtbare Anfang des Projektes liegt zwischen den Büropalästen der City Nord. Dort entsteht in offener Bauweise eine der ersten U-Bahn-Stationen für die neue Linie. Nebenbei, ein paar 100 Meter weiter östlich, befindet sich der U-Bahnhof Sengemannstraße in einer fundamentalen Umgestaltung. Heute ein Stopp der in diesem Abschnitt oberirdisch als Hochbahn geführten Linie U1, wird hier künftig auch die U5 aus dem Tunnel hervorkommen. Eine bereits vor Jahrzehnten angelegte, aber ungenutzte Trasse für ein Gleispaar mit Bahnsteig schafft Raum für einen U-Bahn-Knoten im Norden der Hansestadt,



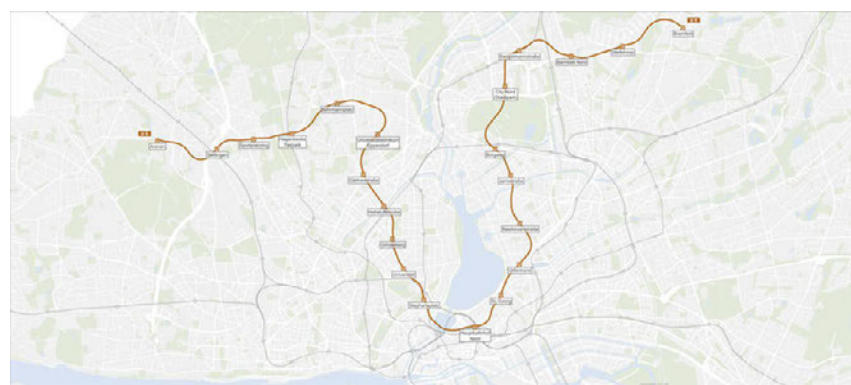
Eberhard Krummheuer

hat als Journalist lange Jahre beim Handelsblatt die Bahnreform und die Entwicklung des Verkehrsträgers Schiene kritisch beobachtet. Heute schreibt er als freier Autor u. a. für die FAZ und die NZZ

ekrummheuer@web.de

auch hier mit der kundenfreundlichen Möglichkeit, am selben Bahnsteig, von der einen U-Bahn in die andere zu wechseln.

Für die neue Linie wird dies der einzige Haltepunkt in Hochbahnlage sein. Derzeit wird die Strecke auf einer gut 400 Meter langen Rampe östlich der Überquerung der Sengemannstraße auf das Tunnelniveau in fünf Baudocks als offener Trog abgesenkt auf ca. 15 Meter Tiefe. Hier ist ein kurzes Stück der Röhre auf einer Länge von gerade einmal 30 Metern bereits im Rohbau fertiggestellt. Der Startplatz der Tunnelbohrmaschine befindet sich dann unmittelbar vor der Unterquerung der S-Bahngleise zwischen den Bahnhöfen Barmbek und Ohlsdorf. Sie wird von hier aus bis Bramfeld, der östlichen Endstation der U5, den Weg für die beiden Richtungsgleise durch den Untergrund graben. In offener Bauweise entstehen auf diesem knapp vier Kilometer langen Abschnitt lediglich die drei Haltestellen für die Anbindung der bislang etwas abgelegenen Stadtteile Steilshoop und Bramfeld.



1: Linienverlauf der U5 mit Haltestellen

Quelle: Hochbahn



2a und b: Baustelle U5 City Nord

Quelle a: Eberhard Krummheuer / Quelle b: Hochbahn

Während für das Gesamtprojekt, dessen Kosten heute nur schätzungsweise mit 14 bis 16,5 Milliarden Euro veranschlagt werden können, noch reichlich geplant werden muss, hat die für die Realisierung eigens gegründete Tochtergesellschaft Hochbahn U5 Projekt GmbH für den ersten kurzen Abschnitt des Mammut-Vorhabens eine Betriebsaufnahme zwischen den Haltestellen City, Nord und Sengemannstraße im Jahr 2029 anvisiert. Bramfeld steht für 2033 im Premierenfahrplan. Dann sollen auf der neuen Linie zunächst Fahrzeuge im Pendelverkehr bis zum vorläufigen westlichen Endpunkt Borgweg im Stadtteil Winterhude südlich des Hamburger Stadtparks verkehren. Durch die dann schon vorhandenen Umsteigemöglichkeiten an der Station Sengemannstraße von U1 und U5 und am Borgweg mit U3 und U5 werden mit der neuen Netzerweiterung attraktive ÖPNV-Möglichkeiten mit Fahrzeiten von beispielsweise 24 Minuten von Steilshoop zum Hauptbahnhof geschaffen.

Der weitere Linienverlauf in Richtung Stadtzentrum und Fernbahn bestimmt sich nach dem besonderen Erschließungskonzept für das Projekt U5. In der von zahlreichen Schienenverkehrslinien mit S- und U-Bahn durchzogenen Metropole wurde eine Streckenführung erarbeitet, die möglichst viele Stadtteile und -Viertel bisher ohne Schnellbahnanschluss erreichen sollte – Quartiere, die derzeit ausschließlich von völlig überlasteten Metro-Buslinien bedient werden können. Vom Stadtpark an der City Nord führt die Trasse deshalb vergleichsweise geradlinig durch die Stadtteile Winterhude und St. Georg direkt zum Hamburger Hauptbahnhof. Dort soll die U5 die derzeit von den Linien, U2 und U4 ge-

nutzte Station Hauptbahnhof Nord anfahren. Ähnlich wie an der Sengemannstraße ist auch hier geplant, das Umsteigen von den beiden alten und der neuen Linie komfortabel am selben Bahnsteig einzurichten. Den Plänen kommt entgegen, dass es hier bislang ungenutzte Tunnelbauwerke gibt, die künftig für die U5 ausgebaut werden können.

Im weiteren Streckenverlauf hat es eine in Hamburg viel diskutierte Änderung der Planung gegeben. Ursprünglich war vorgesehen, dass die U5 vom Hauptbahnhof aus den Knotenpunkt Jungfernstieg, unterhalb der Anlegestelle der Alsterschiffahrt und ein paar Fußminuten vom Hamburger Rathaus und den Nobel-Einkaufsmeilen entfernt, anfahren sollte. Dort haben bereits drei S-Bahn- und drei U-Bahn-Linien U1, U2, U4 ihre Bahnsteigkanten. Schon im

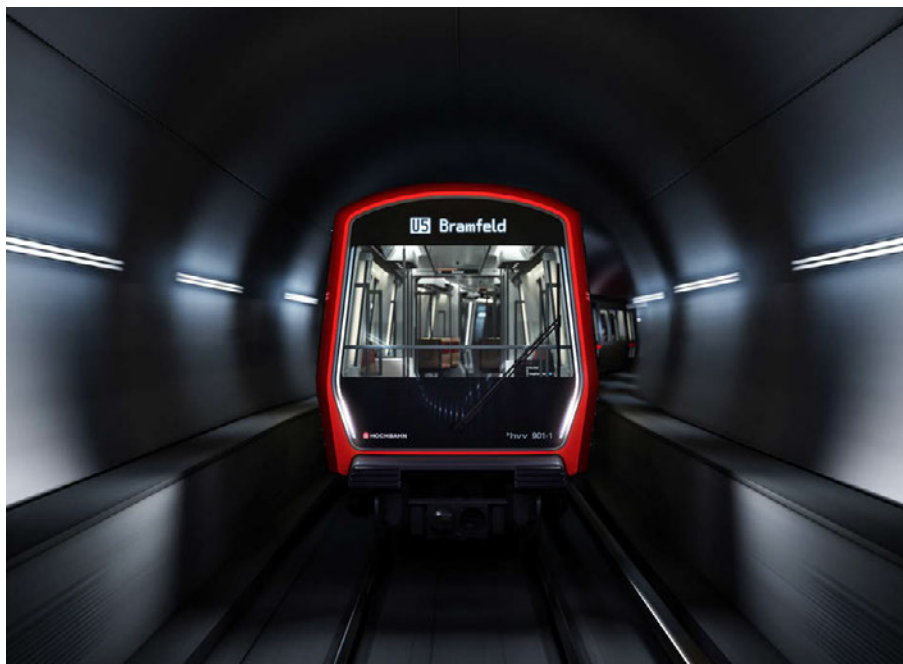
derzeitigen Zustand wird häufig kritisiert, dass die Umsteigewege lang und kompliziert sind. Das so gescholtene „Labyrinth“ der umständlichen Wege würde sich durch die Hinzufügung der neuen Linie, deren Tunnel ebenso wie der Haltepunkt aufwendig in die Binnenalster gebaut werden müssten, noch ausdehnen. Anfang dieses Jahres wurde deshalb entschieden, von der Baumaßnahme im sechsstelligen Investitionsbereich Abstand zu nehmen.

Stattdessen wird die U5 vom Hauptbahnhof aus direkt die Binnenalster durchqueren und unter dem Stephansplatz, unweit des Regional- und Fernbahnhofs Hamburg-Dammtor, den dortigen U-Bahnhof der Linie U1 erreichen. Auch dieser wird zur Kombistation mit bahnsteiggleichem Umstieg von Linie zu Linie ausgebaut. Verkehrstechnisch wird er aus der



3: Visualisierung U5-Haltestelle City Nord

Quelle: Hochbahn



4: Der DT 6 – das neue Fahrzeug in der Computer-Animation

Quelle: Hochbahn

Perspektive der U5 damit zum Pendant für die Station Hauptbahnhof Nord: Mit einmaligem Wechsel der Linie zehn Meter entfernt auf dem gegenüberliegenden Gleis wird der Knoten Jungfernstieg minuteschnell erreicht – links der Alster mit der U1, rechts der Alster mit U2 und U4. Das Projekt Stephansplatz sieht zudem einen verbesserten Zugang mit kürzeren Wegen zum Dammtor-Bahnhof vor. Erwartet wird dadurch eine nicht unwesentliche Entlastung des Hauptbahnhofs. Geschätzt wird, dass die Zahl der Umsteiger von der S-Bahn oder dem Regionalzug auf die U-Bahn in Dammtor von derzeit gut 8000 auf etwa 20.000 pro Werktag ansteigen wird.

In den Verkehrsprognosen sind die Haltestellen Hauptbahnhof und Stephansplatz die mit den höchsten Umsteigerzahlen. Als Start- und Zielort mit der höchsten Frequenz auf der U5 wurde aber die Haltestelle am „UKE“, dem Universitätsklinikum Eppendorf, mit nach derzeitigen Schätzungen 39.000 Passagieren täglich ermittelt. Bei der Hochbahn gibt es schon deshalb Überlegungen, das im westlichen Ast der neuen Linie liegende Klinikum, ähnlich wie bei den Plänen für das östliche Ende in Bramfeld schon vorzeitig in den 2030er-Jahren in das Schnellbahnnetz der Hansestadt zu integrieren. Gedacht ist an einen Teilabschnitt, der an zwei Stellen Übergangspunkte zum bestehenden U-Bahn-Netz schaffen würde.

Die gesamte Linienführung ist, abgesehen von Planungsvarianten, noch nicht in

Stein gemeißelt. So gibt es insbesondere in fernerer westlichen Stadtteilen wie Lurup die Forderung, das für die Station Jungfernstieg eingeplante, aber nicht mehr benötigte Geld für einen Weiterbau zu nutzen. Bislang ist die Endstation „Arenen“, besser bekannt als Volksparkstadion.

Großbaustellen haben bislang keine positive Umweltbilanz. Das soll in Hamburg anders werden. Die Hochbahn legt Berechnungen vor, denen zufolge bei bisheriger Bauweise für die U5 rund 2,7 Millionen Tonnen CO₂ ausgestoßen würden. „Dank der optimierten Planung und der erwarteten technologischen Entwicklung der Zement- und Stahlindustrie können die CO₂-Emissionen um 70 Prozent auf 850.000 Tonnen verringert werden“, heißt es in der von Gutachtern anerkannten Nachhaltigkeitsstrategie für das Projekt. Klaus Uphoff, Chef der Planungsgesellschaft, ergänzte kürzlich vor Journalisten, man setze nur „grünen“ Stahl und umweltschonende Zemente ein. Und für alle Bauprozesse werde ausschließlich zertifizierter Ökostrom verwendet. Das sei in den Ausschreibungen und den Auftragsvergaben festgeschrieben. Deshalb Sorge es nicht für eine Verteuerung des Gesamtprojektes.

Mit der Fertigstellung der ersten Streckenabschnitte in den nächsten Jahren sollen auch die nächsten Fahrzeuggenerationen für die Hochbahn zur Verfügung stehen. Unter der Typenbezeichnung DT6 rollen ab 2029 zum Start des Fahrgastbetriebes auf der U5 die ersten Züge für den vollautoma-

tischen Fahrbetrieb an. Gebaut werden sie im Werk Salzgitter, wo der Hamburger ÖPNV-Betreiber seit sechs Jahrzehnten seine Bahnen kauft – zunächst beim deutschen Traditionshersteller Linke-Hofmann-Busch, der 1997 von Alstom, damals noch firmierend als GEC Alsthom, übernommen wurde. Der Standort Salzgitter ist für den französischen Konzern mit weltweiter Präsenz die größte Produktionsstätte für den Bau von Schienenfahrzeugen für den Nahverkehr. Für das neue Modell der U5 paart sich solider und international nachgefragter Waggonbau mit den Hightech-Entwicklungen für automatisierten Bahnverkehr. Es handelt sich um ein „GoA 4“-Fahrzeug. Hinter der Abkürzung „Grade of Automation“ verbirgt sich mit der Ziffer 4 die höchste Qualifikationsstufe: Die Definition eines Eisenbahnfahrzeugs, das vollautomatisch, also fahrerlos und ohne weiteres Personal fährt, ausschließlich gesteuert durch digitale Leit- und Sicherungstechnik.

Alstom zählt international zu den führenden Anbietern der CBTC-Technologie für automatische Metrosysteme. Die Abkürzung steht für „Communications-Based Train Control“. Dahinter verbergen sich funkbasierte Kontroll- und Steuerungstechnologien für den Betrieb für in sich geschlossene Nahverkehrsnetze, wie beispielsweise U-Bahn-Linien. Die mittlerweile zum Teil schon seit Jahrzehnten im Einsatz befindliche, ständig weiter entwickelte Rechner-Technik wird beispielsweise auch für Teilautomatisierungen genutzt, etwa bei Stadtbahnen: Der Fahrer gibt zwar noch den Startbefehl, doch dann fährt der Zug ohne menschliches Zutun sicher bis zur nächsten Haltestelle. Nicht nur sicher, sondern auch energieeffizient. Die Hersteller sprechen von Einsparungspotenzialen in Größenordnungen von 20 Prozent.

Bislang funktionierte CBTC immer noch wie klassische Eisenbahn mit der Fahrt von Signal zu Signal und einer – automatisierten – Rückmeldung an eine Zentrale, ein Stellwerk. Für die Hamburger U-Bahn bietet Alstom nun eine innovative Weiterentwicklung an: eine „zugzentrierte Architektur mit train-to-train-Kommunikation“. Das bedeutet: Ein Stellwerk wird überflüssig, die Züge auf der Strecke kommunizieren miteinander und kontrollieren die Sicherheitsabstände von Zug zu Zug automatisch. Das spart Infrastruktur für die Betriebsüberwachung und die Verfahren sollen sich durch noch kürzere Reaktionszeiten auszeichnen. Mit der Folge, dass die Zugabstände kleiner werden, also mehr Züge fahren können. Al-

stom verspricht für den Hochbetrieb der Verkehrsspitzen Zugfolgen von 60 Sekunden. Die Planer für die U5 geben sich erst einmal mit 90 Sekunden zufrieden.

Der Einstieg in die vollautomatische Zug-Zukunft wird sich bei der Hamburger Hochbahn über zwei Jahrzehnte hinziehen. So viel Zeit ist eingeplant für die Lieferung von über 370 Zügen, die nicht nur die U5 bedienen werden. Der Auftrag mit einem Volumen von 2,8 Milliarden Euro umfasst die gesamte technische Infrastruktur für den automatischen Betrieb – einschließlich der Vereinbarung, Innovationsprozesse in der Leit- und Sicherungstechnik in den nächsten 15 Jahren nachzurüsten. Außerdem beinhaltet die Vereinbarung neben den für den fahrerlosen Verkehr vorgesehenen Triebzügen ohne Führerstände an beiden Enden auch eine DT6-Variante, die klassisch mit Arbeitsplätzen für Fahrer ausgestattet sein wird. Sie werden für ein weiteres Automatisierungs-Projekt der Hochbahn gebraucht. Viel früher als die neue Linie soll die „U-Bahn 100“ schon 2026 in Betrieb gehen: Alle 100 Sekunden ein Zug auf der Strecke, die U2 und U4 gemeinsam nutzen. Bislang können hier in zehn Minuten vier Züge fahren. Angesichts eines Fahrgastaufkommens von 90.000 Passagieren am Tag wird das bald sehr eng. Künftig

werden es sechs Züge sein. Die kürzeren Zugfolgen werden mit CBTC-Technologie möglich: Sie fahren im „moving block“, im wandernden Sicherheitsabstand Zug für Zug hintereinander her. Teilautomatisierung bedeutet „GoA 2“: Die Fahrer bleiben an Bord, übernehmen die Türsteuerung und geben den Abfahrtauftrag.

Für die Fahrgäste wird der Aufbruch in die neue Zeit vergleichsweise unspektakulär bleiben. Die neuen Fahrzeuge unterscheiden sich rein äußerlich kaum von der derzeitigen aktuellen Generation, sieht man einmal von den fehlenden Führerständen auf der U5 ab. Die Waggon sind geringfügig breiter, da ein Zug bei gleicher Länge wie die Vorgängermodelle aus vier kürzeren statt drei Wagen besteht. Aufgefallen ist in Hamburg schon, dass es künftig weniger Sitzplätze gibt. Die Hochbahn argumentiert, dass die durchschnittliche Reisezeit in der U-Bahn nur acht Minuten beträgt; da sei ein schneller Fahrgastwechsel vom Stehplatz aus durchaus zumutbar. In den modern gestalteten Stationen mit einem einheitlichen Gestaltungskonzept gibt es eine in deutschen Metros neue, überraschende Sicherheitsarchitektur: Die U-Bahn kommt hinter verschlossenen Bahnsteigtüren anrauscht. Wenn die sich öffnen, hat der Zug zentimetergenau angehalten. ●

Summary

Hamburg's new underground railway: driverless, fully automatic

With the major project of the U5 underground line, Hamburg is preparing to join the ranks of the world's mega-cities in terms of transport. 25 kilometres of track, 22 stations, right across the Hanseatic city, planned as a fully automatic, driverless operation: these are dimensions on a par with Paris or London or, above all, the huge urbanisations of Asia. Construction has already begun, but it will be a good decade and a half of complex construction work before traffic can run along the entire line at peak times with train frequencies of 90 seconds.



Mit modernem Infrastrukturmanagement zu maximaler Effizienz und Sicherheit.

Durch ein innovatives Infrastruktur- und Anlagenmanagement stellen wir die langfristige Funktionsfähigkeit Ihrer Gleisanlagen sicher. Präventive Instandhaltungsstrategien und höchste technische Qualitätsstandards optimieren die Betriebsprozesse, minimieren ungeplante Stillstandszeiten und maximieren die Betriebssicherheit – sowohl kurzfristig als auch nachhaltig.

Weitere Infos finden Sie hier:
www.eiffage-infra.de/rail



Optimierung der Zustandsbestimmung von Weichen durch innovative Überwachungssysteme

Die ÖBB Infrastruktur AG (ÖBB Infra) und voestalpine Signaling Austria GmbH (vaSIG) intensivieren zusammen mit ihrer gemeinsamen Tochter WS Service GmbH (WS) ihre Zusammenarbeit im Bereich der Weichendiagnose. Ziel dieser Partnerschaft ist die Steigerung der Verfügbarkeit sowie die Optimierung der über die Lebensdauer von Weichen anfallenden Kosten durch den Einsatz moderner Überwachungssysteme.



Im Rahmen des Projekts wird eine Optimierung der Weichenüberwachung durch den Einsatz fortschrittlicher Diagnosetechnologien angestrebt. Die Erweiterung und Verbesserung der bestehenden Weichendiagnosesysteme stellen dabei den zentralen Fokus dar. Zu diesem Zweck werden fortschrittliche Diagnosetechnologien integriert, die eine präzisere Überwachung und Analyse der Weichen ermöglichen. Die exakte Erfassung von Betriebsdaten sowie potenzieller Störungen wird durch die zusätzliche Ausstattung der Weichen mit innovativer

Sensorik ermöglicht. Das Ziel besteht darin, potenzielle Fehler und Störungen frühzeitig zu identifizieren, um Ausfälle zu verhindern und die Instandhaltungsprozesse effizienter zu gestalten. Kernstück für diese Realisierung bildet die Infrastruktur Monitoring Plattform „zentrak Infrastructure Monitoring (IM)“ der vaSIG. Durch ständige Überprüfung der Treffsicherheit der Prognosen im Zuge der Instandhaltungsarbeiten des Weichenspezialisten WS und dem daraus resultierenden Feedback wird die Diagnosequalität laufend verbessert.



Nikolas Pesek, M. Sc.

Fachbereich Fahrwegtechnik
ÖBB-Infrastruktur AG
Nikolas.Pesek@oebb.at



Markus Kormesser, B. Sc.

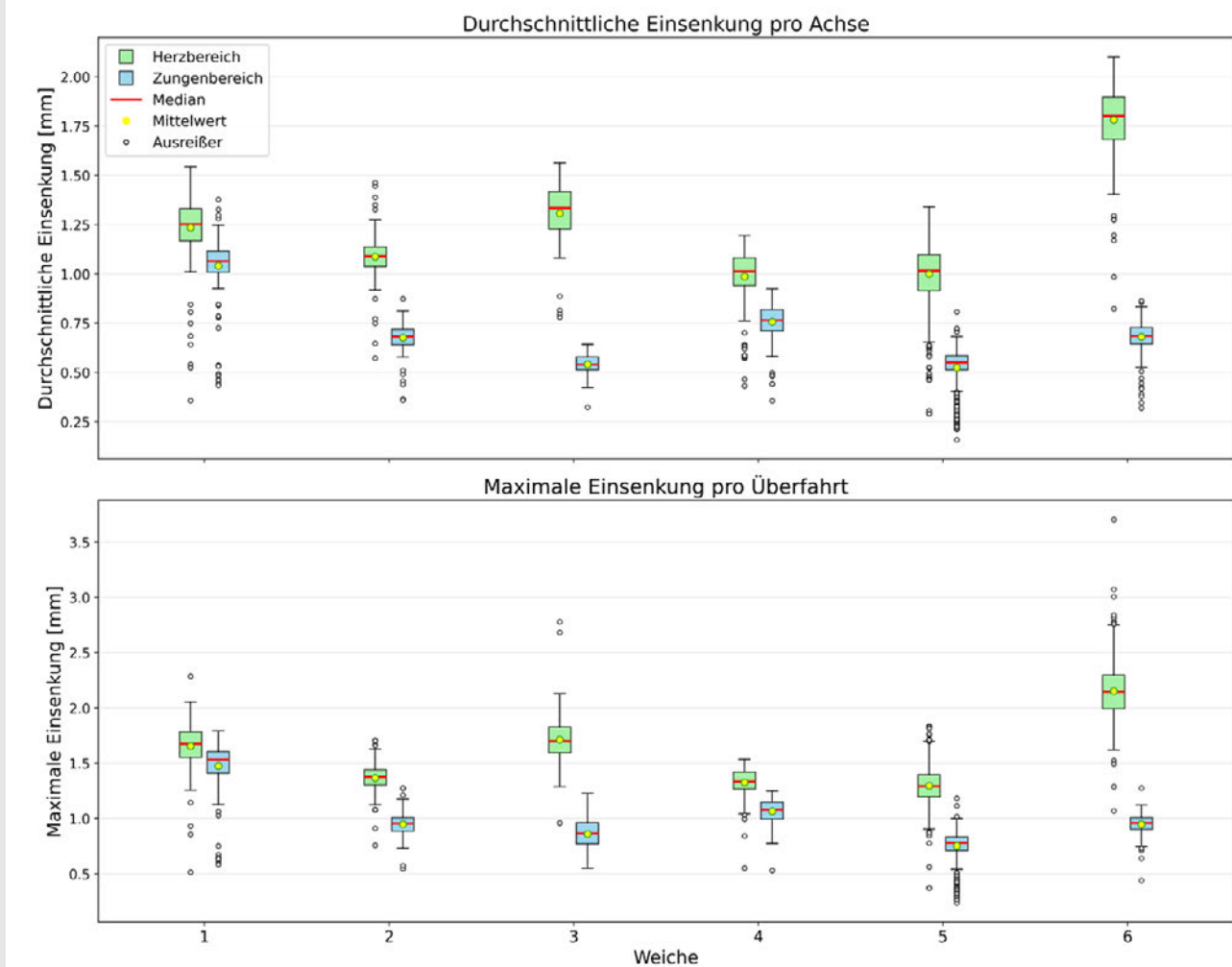
Fachbereich Sicherungstechnik/
Telematik
ÖBB-Infrastruktur AG
Markus.Kormesser@oebb.at



1: Eingebaute Messsensorik „zentrak IM“ der vaSIG in einer Zungenvorrichtung



2: Eingebaute Messsensorik „zentrak IM“ der vaSIG am Weichenantrieb



3: Auswertung der gemessenen Schwelleneinsenkung im Zungen- und Herzbereich. Dargestellt sind sechs Weichen mit 500 m Radius, welche in dem Projekt überwacht werden

Pilotprojekt mit 39 Weichen als repräsentative Stichprobe

Das Pilotprojekt umfasst insgesamt 39 Weichen, die als repräsentative Stichprobe für die Hochleistungsweichen im Netz der ÖBB Infra dienen. Um das neue Überwachungssystem im realen Umfeld zu testen, wurden 39 Testweichen ausgewählt, die das Hochleistungsnetz der ÖBB repräsentativ darstellen sollen, um diese mit der Monitoring Plattform „zentrak IM“ auszustatten. Im Zuge des Projektes wurden unterschiedliche Ausstattungsvarianten erarbeitet und in die Weichen integriert, wobei auch die Ausrüstungsstrategie selbst optimiert und bewertet werden soll. Die Ergebnisse des Projektes haben zum Ziel, den aktuellen Zustand der Weichen präzise zu erfassen, Potenziale in der Instandhaltung zu identifizieren und mögliche Maßnahmen abzuleiten.

Vorausschauende Ermittlung von anfallenden Störungen und daraus resultierende Optimierung der Instandhaltung

Durch die kontinuierliche Erfassung des aktuellen Anlagenzustandes aus den Messdaten und dem daraus ableitbaren Verhalten jeder einzelnen Weiche soll eine Steigerung der Verfügbarkeit der Anlage durch Reduktion ungeplanter Ausfälle aufgrund von Störungen erreicht werden. Die verbaute Sensorik bildet gemeinsam mit der dazugehörigen Datenanalyse und integrierten Softwarelösung ein umfassendes Monitoringkonzept. Ein zentrales Merkmal ist die frühzeitige Erkennung von Anomalien, die auf eine bevorstehende Störung hindeuten. Das Monitoring-System identifiziert Anomalien mit einer gewissen Vorlaufzeit und generiert daraufhin eine entsprechende Meldung, wodurch eine frühzeitige

Ableitung einer erforderlichen Maßnahme erfolgen soll. Hierdurch soll eine bessere Planbarkeit von Instandhaltungsarbeiten erreicht werden, um Sperrzeiten möglichst kurz zu halten und so die Auswirkungen auf den Betrieb zu minimieren.

Welche Parameter werden überwacht?

Das Messkonzept der vaSIG sieht die Montage von moderner Sensorik im gesamten Weichenbereich vor. Die Aufzeichnung von Messdaten bei jeder einzelnen Weiche erfolgt sowohl bei Überfahrt als auch bei jeder Umstellung. Im Bereich der Zungenvorrichtung sowie im beweglichen Herzbereich werden für die Umstellung und die Gewährleistung der Verfügbarkeit wesentliche Parameter überwacht. Hierbei liefert der Antrieb beziehungsweise die Position der Zungenschiene relevante Informatio-

nen, welche eine Bewertung des aktuellen Anlagenzustandes sowie eine Prognose von sich anbahnenden Störungen ermöglichen. Darüber hinaus wird der Schotterzustand erfasst, wodurch unerwünschte oberbautechnische Veränderungen erkannt werden sollen. Eine Verschleißdetektion der Schienen ermöglicht eine Bewertung der auftretenden Abnutzung. Durch die Analyse der oben genannten Messparameter kann der aktuelle Zustand der Weiche sowie der zeitliche Verlauf abgebildet und bewertet werden.

Erste Messergebnisse

Die Installation der Monitoringsysteme wurde mit Anfang Juni abgeschlossen

und die Datenerfassung und Auswertung wurde gestartet. Seither wurden bereits Zugüberfahrten aufgezeichnet und stehen für weiterführende Analysen bereit. Abbildung 3 zeigt einen ersten Vergleich der gemessenen Einsenkung in verschiedenen Bereichen der Weiche, dem Zungen- und Herzbereich. Es werden die Verteilungen der durchschnittlichen Einsenkung pro Achse sowie die maximale Einsenkung pro Überfahrt für die erfassten Zugüberfahrten als Box-Plot dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die gemessenen Einsenkungen im Herzbereich generell etwas höher sind als im Zungenbereich. Darüber hinaus sind signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Weichen zu beobachten. Diese können sowohl durch betriebliche

Parameter wie Zugtyp, Geschwindigkeit oder Achslasten beeinflusst werden, als auch durch unterschiedliche Zustände des Gleisbettes verursacht werden. Daher ist es essenziell, die betrieblichen Parameter der Strecke zu kennen und auch zu berücksichtigen um diese Einflüsse richtig einordnen und bewerten zu können.

Integration und zukünftige Perspektiven

Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg des Projekts ist in der engen Zusammenarbeit der Projektpartner zu sehen. Es wird im Zuge des Projektes ein Konzept entwickelt, welches die künftige Integration und Verwendung der Monitoring Plattform „zen-trak IM“ in der ÖBB Infra IT-Landschaft vor-

100 Jahre Fachwissen zu Technik und Management moderner Bahnen



VDEI
VERBAND DEUTSCHER
EISENBAHN-INGENIEURE

EIK
EISENBAHN-INGENIEUR
KOMPENDIUM

2026

Plasser, Theurer

Smart
Digitale Transformation in der Gleisinstanz



**Bewerben Sie Ihre Dienstleistungen
oder Ihre Produkte in den Rubriken**

- Fahrweg & Bahnbau
- Fahrzeuge & Komponenten
- Ausrüstung & Betrieb
- Projekte & Management
- Forschung & Entwicklung

Buchen Sie jetzt

➔ Ihren Firmeneintrag

➔ Ihr Businessprofil

➔ Ihre Anzeige



Ihr Ansprechpartner: Tim Feindt ■ tim.feindt@dvvmedia.com ■ Telefon +49 40 237 14 220

zurail
press

© 2025 DVV Media Group GmbH. Nur zum persönlichen Gebrauch, eine Weitergabe ist ohne Genehmigung des Verlags strengstens untersagt.

sieht. Nach Abschluss des Projektes werden die Ergebnisse evaluiert, um daraus ableiten zu können, welchen Mehrwert eine umfassende Integration in die Weichen der ÖBB Infra haben kann. Ein erfolgreicher Abschluss könnte zu neuen Konzepten der Überwachungssysteme für verschiedene Weichenausführungen im Gleis führen, welche eine Minimierung der Sperrzeiten und Instandhaltungskosten anstrebt. Im Zuge der Projektkooperation sind weiterführende Veröffentlichungen von Ergebnissen geplant.

Fazit

Die enge Kooperation zwischen der ÖBB Infra, der vaSIG und der WS stellt einen be-

deutenden Schritt in Richtung einer noch effizienteren und zuverlässigeren Gestaltung der Weicheninfrastruktur im österreichischen Bahnnetz dar.

Der Einsatz der innovativen Messsensorik und Monitoring Plattform „zentrak IM“ der vaSIG soll zu einer neuen Art der Zustandsbestimmung und einer daraus resultierenden Erkennung eines Zustandsverlaufes von Weichen beitragen. Ein positiver Abschluss des Projektes zwischen ÖBB Infra, vaSIG und WS soll somit zu einer Optimierung der Instandhaltung sowie einer Steigerung der Verfügbarkeit von Weichen im Gleisnetz beitragen. •

Summary

Optimisation of switch condition determination through innovative monitoring systems

ÖBB Infrastruktur AG (ÖBB Infra), voestalpine Signaling GmbH (vaSIG) and WS Service GmbH (WS) are carrying out a joint project in the field of switch diagnostics. The aim of this measure is to increase the availability and service life of turnouts by using state-of-the-art monitoring systems. The focus is on 39 turnouts that are to be monitored with innovative measuring sensors and the associated monitoring system "zentrak IM", the vaSIG. The aim is to detect potential switch faults at an early stage, minimise unplanned failures and make maintenance processes more efficient. The implementation of the "zentrak IM" system by the partners involved is intended to promote the digitalisation and sustainability of the railway infrastructure in the area of switch monitoring.



ALBERT FISCHER
BAUUNTERNEHMEN

ALBERT FISCHER GmbH
Heilswannenweg 53 ■ 31008 Elze
Tel. 05068 / 9290-0 ■ Fax -40
info@albert-fischer.de
www.albert-fischer.de

- Gleis- und Stadtbahnbau
- Hallen- und Industriebau
- Erd- und Bahnsteigbau
- Straßen- und Kanalbau
- Ingenieur- und Wasserbau



Albert Fischer GmbH – Alle Bauleistungen aus einer Hand!

Optimierte Einplanung großmaschinenbasierter Prävention im getakteten Sperrzeitensystem

Die DB InfraGO AG hat ihr Baustellenkonzept auf wiederkehrende Instandhaltungscontainer umgestellt. Die Umläufe der Großmaschinen für Präventionsmaßnahmen werden mit einem mathematischen Optimierungsverfahren der Firma Synoptics berechnet und anschließend sogenannte Präventions-Container eingeplant.



1. Getaktete Baustellenplanung – ein Paradigmenwechsel

Regelmäßige Verspätungen im Bahnbetrieb, mangelbedingte Langsamfahrstellen, kurzfristige Fahrplanänderungen und Baustellen an allen Stellen des Netzes stellen nur einen kleinen Abriss der Symptomatik unzureichender Ersatzinvestitionen in das Schienennetz dar.

Um diesen Effekten auch weiterhin bei enger Budgetlinie begegnen zu können, wird die Planung und Umsetzung von Infrastrukturmaßnahmen im Netz der DB InfraGO AG konsequent in Form eines getakteten Bausystems standardisiert. Grundgerüst bilden dabei Instandhaltungs-Container (IH-Container) und Invest-Container. Der Container stellt dabei eine unterschiedlich dimensionierte Sperrzeit für einen räumlich klar beschriebenen Bereich dar [1].

Während die Invest-Container mittel- bis langfristig ab 2027 für langlaufende Infrastrukturmaßnahmen von der Generalsanierung über die fokussierte Sanierung bis hin zu auswirkungsstarken Einzelbauprojekten zum Tragen kommen, befinden sich die IH-Container bereits seit dem 14.07.2024 in der

operativen Anwendung. Gemeinsam haben beide Container-Arten die gezielte Bündelung von Bau- und Instandhaltungsaktivitäten, eine frühzeitig vorgegebene zyklische Taktung, die großräumige verkehrliche Abstimmung der jeweiligen Takte und die zeitliche Trennung der technischen Ausplanung von der betrieblichen bzw. fahrplantechnischen Ausregelung. Besonders ausgeprägt ist diese Trennung bei den IH-Containern, da der konkrete Instandsetzungszeitpunkt zur Ausschöpfung des Abnutzungsvorrats oder durch kurzfristig auftretende Schädigungen der Anlage überwiegend erst zu einem Zeitpunkt feststeht, zu dem eine adäquate Abstimmung mit den Eisenbahnverkehrsunternehmen nicht mehr gegeben ist.

Damit einher geht ein Paradigmenwechsel, der initial einen Vertrauensvorschuss in das Konzept benötigt. Die vorab definierte Sperrzeit – gemeinhin als Sperrpause bekannt – wird unabhängig von einer tatsächlichen Belegung durch verkehrliche Ausregelung zur Verfügung gestellt. Nur ein hoher Belegungsgrad der Container sowie der Anspruch, die Instandhaltung nur beschränkt außerhalb der IH-Container umzusetzen, rechtfertigt dieses Vorgehen. Vorteil



Christian Rucho
DB InfraGO AG
christian.rucho@deutschebahn.com



Dr. Julian Reisch
Synoptics GmbH
julian.reisch@synoptics.de

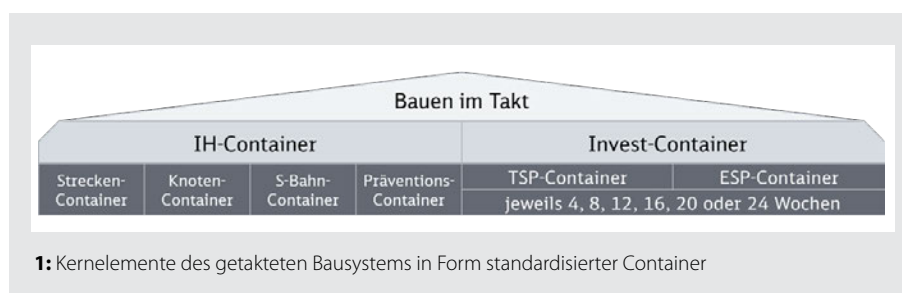
dieser proaktiven Einplanung und Bereitstellung der standardisierten Sperrzeiten ist ein für alle Seiten planbares und zyklisch wiederkehrendes verlässliches Konzept.

Aufgrund diverser verkehrlicher Gegebenheiten, Instandhaltungsverfahren und technisch-betrieblicher Rahmenbedingungen wie bspw. die räumliche Unterteilung der Oberleitung in Schaltgruppen und Abschnitte der freien Strecke, werden IH-Container in vier verschiedenen Typen eingeplant.

Dieser Artikel fokussiert sich auf den Sachverhalt der IH-Container und die Spezifika zur Abbildung präventiver Instandhaltung.

2. Präventive Instandhaltungsmaßnahmen

Abgeleitet vom lateinischen „*praevenire*“ geht es bei der Prävention als Teil der Instandhaltung des Gleises darum, Schie-



**Strecke**

**Knoten**

**S-Bahn**

**Prävention**

- 7 h Sperrzeit jeweils 22:00–05:00 Uhr
- ESP über 2 Überleitabschnitte (ca. 12 – 18 km)
- Ein Container alle 4 oder 8 Wochen

- 7 h Sperrzeit jeweils 22:00–05:00 Uhr
- Gleissperrung ausgehend v. OL-Schaltbereich
- Ein Container alle 4 oder 8 Wochen

- je nach S-Bahn Cluster (4 bis 6 h oder 8 h)
- ESP/TSP über individuell definierte Abschnitte
- Ein Container alle 4 Wochen oder individuell

- 8 h Sperrzeit jeweils 21:00–05:00 Uhr
- Analog Strecken-Container (ca. 12 – 18 km)
- Anzahl auf Basis Bedarfsprognose

ESP = Eingleisige Sperrung; TSP = Totalsperrung; OL = Oberleitung

2: Charakteristika der unterschiedlichen IH-Container-Typen

nen- und Gleislagefehlern so weit zu-
vorzukommen, damit mangelbedingten
Langsamfahrstellen und Gleissperrungen
aber auch übermäßigem Verschleiß vorge-
beugt wird. Es erfolgt somit eine Bearbei-
tung, ohne dass eine konkrete technische
Notwendigkeit zur Aufrechterhaltung der
vollständigen Anlagenverfügbarkeit be-
stünde [2]. Die präventive Instandhaltung
im Bereich des Oberbaus lässt sich grund-
sätzlich in die Durcharbeitung von Gleisen
und Weichen bzw. die maschinelle Schie-
nenbearbeitung unterscheiden.

Die Durcharbeitung von Gleisen und
Weichen erfolgt ohne wesentlichen Aus-
tausch von Oberbaustoffen oder Gleiskom-
ponenten und zielt auf die Wiederherstel-
lung der geometrischen Soll-Lage in Höhe
und Richtung durch Nivellieren, Richten
und Stopfen sowie Reprofilierung des
Schotterbetts ab [3,4].

Bei der maschinellen Schienenbear-
beitung erfolgt durch gezielten abrasiven
oder spanabhebenden Materialabtrag die
Wiederherstellung der Sollgeometrie des
Schienenkopfes im Längs- und/oder Quer-
profil bzw. die Vorbeugung oder Beseiti-
gung von Schienenfehlern [2].

Beide Ansätze sind elementarer Teil ei-
ner ganzheitlichen Instandhaltungsstrate-
gie zur Gewährleistung eines sicheren und
gebrauchstauglichen Anlagenzustands.
Damit einher geht nicht nur ein komforta-
bler und leiser Fahrzeuglauf, sondern auch
ein für Anlage und Fahrzeug geringerer
Verschleiß durch Vermeidung, zumindest
aber Minimierung von Belastungsspitzen.

Der Fortschritt im Bereich der An-
triebstechnik von Schienenfahrzeugen hat
nicht nur zu einem erhöhten Verschleiß
in Form von Materialabnutzung, sondern

zur forcierten Ausbildung und Entstehung
neuartiger Schienenfehler geführt [2].
Die Opportunitätskosten einer reaktiven
Schienenfehlerbeseitigung steigen mit
zunehmender Belastung der Streckenab-
schnitte an, da vorhandene Schienenfeh-
ler die Lebensdauer des gesamten Ober-
baus herabsetzen. Durch eine präventive
Schienenbearbeitungsstrategie kann der
Aufwand für die nachträgliche Behebung
von Schadstellen überkompensiert wer-
den. Infolgedessen ergeben sich nicht nur
direkte wirtschaftliche Vorteile durch einen
verlängerten Lebenszyklus der Anlage, es
werden sperrzeitintensive Schadstellenbe-
hebungen vermieden.

Mit Ausnahme des High-Speed-Grin-
ding (HSG) erfordern dennoch alle ande-
ren, bei der DB InfraGO AG zur Anwendung
kommenden präventiven Verfahren eine
mehrstündige bauzeitliche Sperrung von
Gleisen. Um dem Ansatz der Standardisie-
rung im Bau- und Instandhaltungsprozess
zu folgen, ist es mehr als naheliegend, das

Grundkonzept der präventiven Instandhal-
tung in die Container-Logik einzubinden.

3. Großmaschinentechnik zur präventiven
Schienen- und Gleisbearbeitung

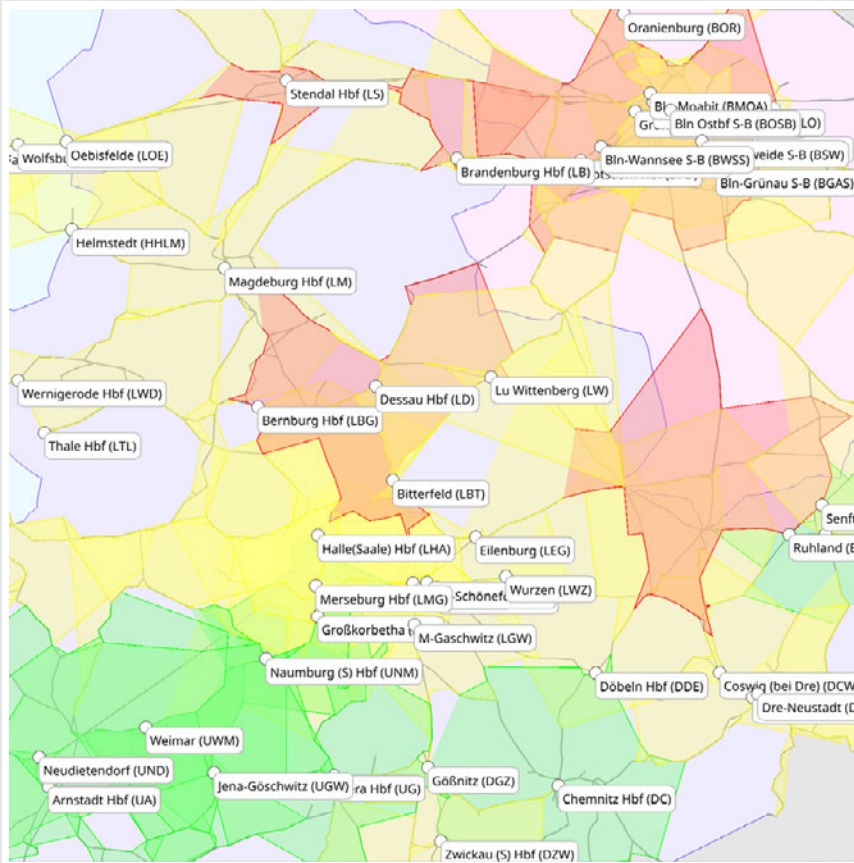
Zur Gewährleistung eines kontinuierlichen
Bearbeitungsergebnisses bei hoher Leis-
tung kommen fast ausschließlich spezielle
und auf den Anwendungsfall ausgerichtete
Eisenbahnfahrzeuge zum Einsatz.

Zur Durcharbeitung der Gleise wer-
den insbesondere Stopf- und Schotterplan-
iermaschinen genutzt. Durch spezielle
Hebeaggregate werden Höhenfehler aus-
geglichen, das Gleis in horizontaler Ebene
ausgerichtet, um Richtungsfehler zu korri-
gieren und anschließend das Gleis durch
Stopfen mittels Hartmetallstopfpickel der
Stopfmaschinen verdichtet. Nachlaufend
erfolgt mittels Schotterplaniermaschine
die Wiederherstellung der gleichmäßigen
Schotteroberfläche und die Profilierung
der Böschung zur Herstellung des Regel-
bettungsquerschnitts [3]. Aufgrund der
jahrzehntelangen Weiterentwicklung und
Einführung der kontinuierlichen Stopftech-
nik ist es so möglich, mehrere Gleiskilome-
ter innerhalb einer Schicht durchzuarbei-
ten.

Für die Schienenbearbeitung kommen
abhängig vom Anwendungsfall sehr un-
terschiedliche Fahrzeuge zum Einsatz. Für
die präventiven und leicht korrektiven Be-
darfe sind Schleifmaschinen mit rotieren-
den oder oszillierenden Schleifscheiben
die beste Wahl. Dabei genügt ein Abtrag
im Bereich von mehreren Hundertstel-
millimetern bis zu wenigen Zehntelmil-
limetern, um Rollkontaktermüdungen
wie Head-Checks vorzubeugen, Aufhär-
tungen zu entfernen und eine gewisse
Reprofilierung zu erzielen. Liegen jedoch

Tabelle: Übersicht großmaschinenbasierter Gleis- und Schienenbearbeitung [2,3]

Technik	Arbeitsverfahren	Anwendungsfälle
Durcharbei- tung (DUA)	DUA Gleise	Herstellung der Soll-Lage von Gleis und Weichen in Höhe und Richtung bei gleichzeitiger Beseitigung etwaiger Mängel der Oberbaukonstruktion
	DUA Weiche	
Maschinelle Schienen- bearbei- tung	TPG (Two-Pass-Grinding)	Vorbeugung von Oberflächenfehlern, Verringerung der Lärmemission, leicht korrektive Eingriffe
	Konventionelles Schleifen	Vorbeugung von Oberflächenfehlern, Verringerung der Lärmemission, leicht korrektive Eingriffe, Entfernung herbstlicher Schmierfilmbildung
	HSG (High-Speed-Grinding)	Vorbeugung von Oberflächenfehlern, Entfernung herbstlicher Schmierfilmbildung, Reduktion der Lärmemission durch Oberflächenglättung
	Fräse, Hobel	Korrektur stark ausgeprägter Schienenfehler, Beseitigung von Spurverengungen, Herstellung von Schienensonderprofilen, Entgratung des Schienenkopfes



3: Wetterampel je Depot für eine Beispielwoche: In Berlin und Brandenburg herrscht Waldbrandgefahr (rot), im Mittelgebirge nicht (grün). Darstellung in ChronoPath [7]

entsprechende Arbeiten gleichzeitig erhebliche verkehrliche Auswirkungen mit teils großer Netzwirkung. Die Beachtung verkehrlicher Wechselwirkungen und Ausschlüsse der Präventionsmaßnahmen mit denen des fest vorgegebenen Rahmenwerks zehntausender IH-Container als auch weiteren Infrastrukturmaßnahmen zu harmonisieren, ist daher weder Selbstzweck noch trivial.

Die schlichte Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten und Komplexität der vorgenannten Zielvorgaben ließen schnell den Bedarf nach einem mathematischen Optimierungsansatz aufkommen. Dahingehend wurden, ausgehend von den prognostizierten, strategisch relevanten Bearbeitungsabschnitten explizite Präventions-Container gebildet. Wie auch bei den anderen IH-Containern werden diese frühzeitig ausgeregelt und ermöglichen so weiterhin die Möglichkeit, auch kurzfristig – beruhend auf den jeweils neuesten Messergebnissen – den konkreten Bearbeitungsabschnitt zu justieren.

5. Optimierungsalgorithmus zur effizienten Umlaufplanung

Die Umläufe der Großmaschinen für präventive IH werden mit einem ganzheitlichen Optimierungsansatz berechnet [6]. In einem mathematischen Erfüllbarkeitsproblem (Maximum Satisfiability) wird eine hierarchische Zielfunktion optimiert:

1. Maximiere die von Präventions-Containern abgedeckten Bedarfe
2. Minimiere die von Präventions-Containern ausgehenden verkehrlichen Auswirkungen
3. Minimiere die Anzahl Schichten, für die keine idealen Wetterbedingungen herrschen

Der erste Teil führt dazu, dass jede Maschine möglichst viele Schichten mit jeweils hoher Schichtleistung erbringt. Das bedeutet eine effiziente Nutzung der Großmaschinen und somit eine hohe Wirtschaftlichkeit. Im zweiten Teil zahlen diejenigen Schichten negativ auf die Zielfunktion ein, die dazu führen, dass die Umleitungsstrecken einer verkehrlichen Relation von IH-Containern betroffen sind. Ist die Hauptverbindung zwischen zwei Regionen bspw. bereits mit einem Streckencontainer oder einer anderen Infrastrukturmaßnahme eingeschränkt, soll so vermieden werden, dass auf der Umleitungsstrecke ein Präventions-Container eingeplant wird. Im letzten

stärkere Schädigungen in Form von Fahrflächenunebenheiten (Riffel, Schlupfwellen, Schleuderstellen und Eindrückungen) oder Rollkontaktermüdungen (Head-Checks, Belgrospis und Squats) vor, so kann je nach Fehlertiefe ein Abtrag von mehreren Millimetern erforderlich sein. Dazu werden spanabhebende Verfahren mittels Schienenfräse oder Schienenhobel genutzt [2] [5].

4. Umlaufplanung für präventive Großmaschineneinsätze

Die reaktive und kurzfristig notwendige konventionelle IH findet heute bereits zum Großteil in den bereits implementierten Strecken- / Knoten- und S-Bahn-Containern statt. Sie führt in der Regel im jeweiligen Arbeitsbereich zu temporär unbefahrbaren Gleisabschnitten. Die Umsetzung wesentlich langfristiger, planbarer präventiver IH durch leistungsfähige Großmaschinen innerhalb ein und desselben IH-Containers wie die reaktive konventionelle IH würde nicht selten zu einer gegenseitigen Behinderung führen.

Unter Beachtung der knappen Ressource der Schienenbearbeitungsmaschinen ist es erforderlich, die Schichtleistung der Maschine maximal nutzstiftend wirksam werden zu lassen. Die Minderung der effektiven Schichtleistung oder gar Ausfälle durch kurzfristig auftretende Wechselwirkungen zur konventionellen IH gilt es zu vermeiden. Überdies kommen die Maschinen deutschlandweit zum Einsatz. Damit ist auch die nicht produktionswirksame Überführung der Maschinen zwischen den temporären Depots und den unterschiedlichen Einsatzorten zu minimieren. Gleichzeitig muss ein attraktiver Arbeitgeber den Bedürfnissen der Maschinenbesatzung Rechnung tragen und so bspw. eine möglichst stabile Hotelunterbringung gewährleisten. Nicht zuletzt soll trotz eines ganzjährigen Maschineneinsatzes das durch den Funkenflug aufkommende Risiko von Wald- und Böschungsbränden durch gezielte Beachtung von Wetterdaten minimiert werden.

Da die Präventionsmaßnahmen auf den verkehrlich stark belasteten Strecken den größten Nutzen erzeugen und somit vorrangig dort zur Anwendung kommen, haben

Teil wird die Reihenfolge der erbrachten Schichten dahingehend optimiert, dass tendenziell keine Schichten zu Zeiten eingeplant werden, in denen an der jeweiligen Örtlichkeit ein temperatur- und witterungsbedingt erhöhtes Böschungs- oder Waldbrandrisiko besteht.

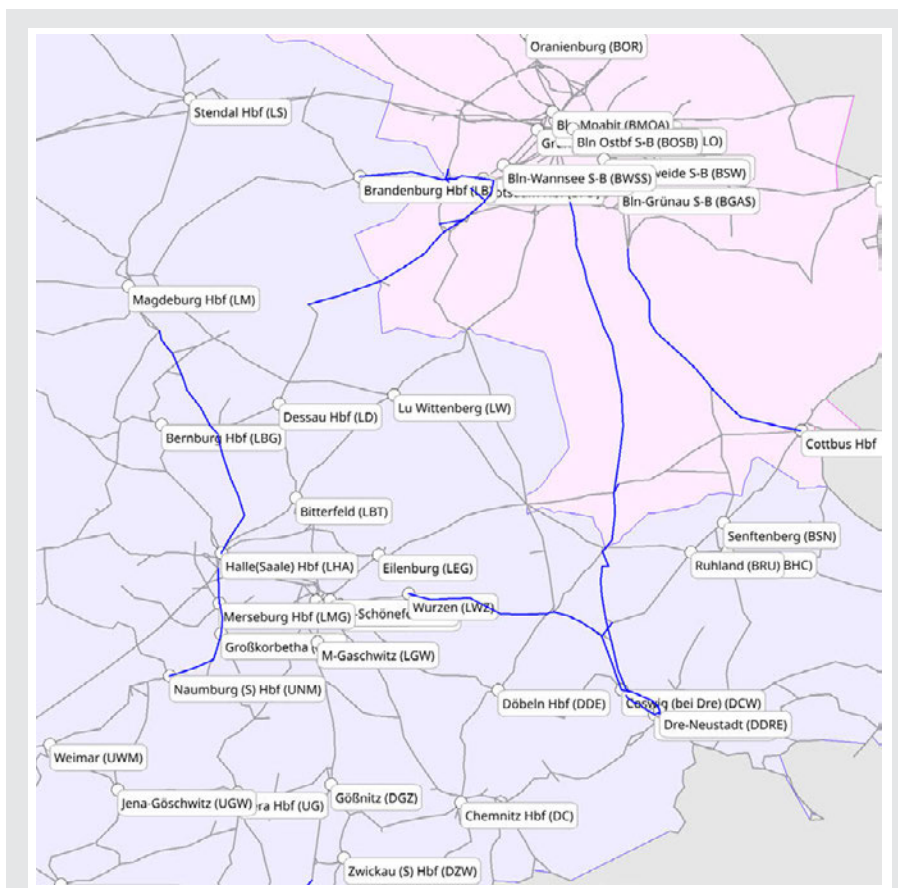
Darüber hinaus sind zwingend die folgenden Randbedingungen zu erfüllen:

- Die Bedarfsprognose wird ausschließlich in Präventions-Containern eingeplant
- Die Präventions-Container weisen keine räumlichen Konflikte zu anderen Containern oder sonstigen Infrastrukturmaßnahmen auf
- Die maximale Schichtleistung je Maschine wird eingehalten
- Jede Maschine wird für jede Kalenderwoche einem temporären Depot zugeordnet, von dem die Präventionsmaßnahmen innerhalb einer Schicht gut erreichbar sind
- Ein Wechsel zwischen den Depots erfolgt unter Beachtung einer maximalen Entfernung
- Regionale Beschränkungen für den Maschineneinsatz werden berücksichtigt

Das Ergebnis der Optimierung gibt je Tag und Maschine vor, aus welchem Depot heraus welche Präventionsleistung zu erbringen ist. Diese Grundlage determiniert wann und wo Präventions-Container einzuplanen sind, um die entsprechende Leistung darin abzuarbeiten. Die so für das Jahr 2026 berechnete Umlaufplanung ermöglicht eine Abdeckung von 95% der prognostizierten Präventionsbedarfe des TPG-Verfahrens durch Präventions-Container. Die tatsächliche Fahrbarkeit der Umläufe wurde DB InfraGO-intern validiert und positiv beschieden.

6. Fazit und Ausblick

Das Grundgerüst der IH-Container befindet sich seit Juli 2024 in der praktischen Anwendung. Die zusätzliche Produktivsetzung der ersten Präventions-Container erfolgte im Februar 2025, zeigte jedoch wegen wechselnder Rahmenbedingungen, der letztendlich knappen Zeitschiene und dem Ansatz, möglichst allen präventiven Bearbeitungsverfahren gerecht zu werden, weitere Verbesserungsbedarfe auf. Bei den für das Jahr 2026 bereits geplanten Präventions-Containern ist daher mit einer Steigerung des Qualitätsniveaus aufgrund der Berücksichtigung weiterer Optimierungs-



4: Visualisierung des Simulationsergebnisses in Form eines Maschinenumlaufs in der Region Ost und Südost. Darstellung in ChronoPath [7]

kriterien und der bewussten Fokussierung allein auf das Bearbeitungsverfahren TPG zu rechnen. Für die Zukunft sollen auch wieder andere großmaschinenbasierte Arbeitsverfahren umlaufoptimiert in Präventions-Containern zur Anwendung kommen – beispielsweise DUA Gleise. Überdies gilt es, weitere Optimierungskriterien zu implementieren und die bestehenden auf Grundlage der praktischen Erkenntnisse zu justieren.

[5] Weigand, Werner (2008): Handbuch - Das System Bahn. In Lübke, Dietmar (Hg.): Instandhaltung, 1. Aufl., Hamburg, S. 407.

[6] Reisch, Julian; Großmann, Peter; Weiß, Reyk (2025): A MaxSAT Model for Solving the Track Maintenance Possession Problem for the Railway Network in Germany. figshare. Preprint. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28592444.v1>

[7] Reisch, Julian; Großmann, Peter; Weiß, Reyk (2022): Chronopath. figshare. Preprint. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19103399.v1>

Literatur

- [1] Feil, Matthias (2024): Getaktete Sperrzeiten für mehr Planbarkeit, Stabilität und Qualität. In: Deine Bahn 06/2024, S. 6 ff.
- [2] Hartleben, Dieter u.a. (2008): Schienenbearbeitung. In Köstermann, Heinrich; Meisner, Klaus; Sladek, Herbert (Hg.): Handbuch der Schienentechnik, 1. Aufl., Düsseldorf, S. 144 ff.
- [3] Marx, Lothar; Mosmann, Dietmar (2011): Arbeitsverfahren für die Instandhaltung des Oberbaus, 7. Aufl., Berlin, S. 618 ff.
- [4] Wenty, Rainer: Kontinuierliche Gleisdurchbearbeitungstechnologie im internationalen Vergleich. In EIK – Eisenbahn Ingenieur Kalender 2016, S. 63.

Summary

Optimised scheduling of large machine-based prevention in the clocked locking time system

Since 2024, DB InfraGO has been implementing regularly alternating and systematized track closures for maintenance works on its infrastructure. A specific form of this standardization approach are so-called prevention containers, which are generated using a mathematical optimization procedure so that temporary speed restriction and short-notice track closures are avoided.

Der Schienenlebenszyklus im Fahrweg – eine Ende-zu-Ende-Analyse

Die genaue Analyse des Schienenlebenszyklus vom Einbau bis zum Ausbau erlaubt es, gezielt Strategien, Maßnahmen und Technologien zum Einsatz zu bringen, mit dem Fokus auf maximale Verlängerung der Schienenlebensdauer.



1. Einleitung

Der Begriff „Ende-zu-Ende“ (abgekürzt auch E2E) ist in der Welt der Telekommunikation weit verbreitet. Unter Ende-zu-Ende-Verschlüsselung beim Chat-Verkehr versteht man eine Verschlüsselung der übertragenen Nachrichten über den gesamten Kommunikationsweg, von Gesprächspartner 1 zu Gesprächspartner 2. Eine E2E-Betrachtung des Lebenszyklus von Schienen deckt den gesamten Zeitraum vom Einbau der Schiene bis zum Ausbau am Ende der Nutzungsdauer ab. Die prinzipiellen Stationen im Lebenszyklus von Schienen sind in Abbildung 1 dargestellt.

2. Am Beginn des Schienenlebenszyklus

Das Lebenszyklusmanagement für Schienen beginnt schon vor dem eigentlichen Einbau mit der Wahl der geeigneten Schienengüte. Neben einer Normalgüte stehen mehrere wärmebehandelte Schienengüten zur Auswahl, die einen verbesserten Wider-

stand gegen Verschleiß und Rollkontaktarmüdung bieten. Entsprechend kann schon zu diesem Zeitpunkt der Grundstein für maximale Lebensdauer gelegt werden. Im nächsten Schritt müssen die Schienen zum Einbauort gebracht werden. Langschienen mit Produktionslänge von 120 m werden in stationären Schweißwerken manchmal zu Bändern mit vielfacher Länge verschweißt. Für den Transport zur Baustelle und das Abladen kommen Schienenladezüge [1] zum Einsatz. Mit solchen Systemen ist gewährleistet, dass es in keiner Phase zu unsachgemäßer Handhabung der Schienen kommt und Beschädigungen der Schienenoberfläche vermieden werden.

Im nächsten Schritt muss die Schiene im Gleis installiert werden. Hier kommen spezielle Einbau- und Umbauzüge zum Einsatz. Diese arbeiten kontinuierlich im Fließbandverfahren [2] und installieren/tauschen neben den Schienen auch andere Fahrwegkomponenten (Plasser ConstructionLiner, Plasser AssemblyLiner). Hier liegt das Augenmerk darauf, dass die Schienen



Dipl.-Ing. Dr. mont. Richard Stock

Global Head of Rail Solutions
rstock@plausa.com

möglichst schonend manipuliert werden, um etwaige Beschädigungen zu vermeiden.

Als Teil des Einbaus müssen die (Lang-) Schienen auch verbunden werden. Stand der Technik ist es, ein lückenlos verschweißtes Gleis zu erzeugen. Ziel einer Schweißung ist es, eine Schienenverbindung zu erzeugen, die möglichst gleiche Eigenschaften wie die verbundenen Schienen aufweist. Vorzeitige Schädigung auf den Schweißstößen führt unweigerlich zu einer Verkürzung der Lebensdauer der verbundenen Schienenstränge. In Europa kommen zwei Schweißtechnologien zur Anwendung, das aluminothermische Verfahren und das Abbrennstumpfschweißen. Das Thermitschweißen benötigt keine externe Energiequelle, erfordert jedoch aufwendige, manuelle Vorbereitungs- und Nachbereitungstätigkeiten, was die Fehleranfälligkeit steigert. Das Abbrennstumpfschweißen ist ein automatisiertes Verfahren, das über den elektrischen Widerstand die Schienenenden erhitzt und mittels Stauchschlag verschweißt. Der Prozess benötigt eine externe Energiequelle und wird sowohl stationär in Schweißwerken als auch mobil mit Trägerfahrzeugen im Gleis verwendet. Moderne Schweißmaschinen wie der Plasser FlashWelder (Abbildung 2) automatisieren den gesamten Schweißprozess [3]. Nach jedem Schweißvorgang





2: Die Schweißmaschine Plasser FlashWelder

wird ein Schweißprotokoll erstellt, das eine direkte Aussage über die Qualität und den Erfolg der Schweißung zulässt. Generell ist die Schweißnaht beim Abbreinstumpfverfahren kleiner, bei gleichzeitig erhöhter Qualität und Reproduzierbarkeit im Vergleich zum Thermitverfahren.

Sind die Schienen im Gleis installiert, ist zeitnah eine Bearbeitung der Neulagen notwendig. Dabei werden (hauptsächlich mittels Schleifen – siehe später) die randentkohlte Schicht (auch Walzhaut genannt) entfernt, diverse oberflächliche Verletzungen (vom Einbau) beseitigt und bei Bedarf auch das Schienenprofil angepasst. So wird initial ein idealer und fehlerfreier Schienenzustand hergestellt.

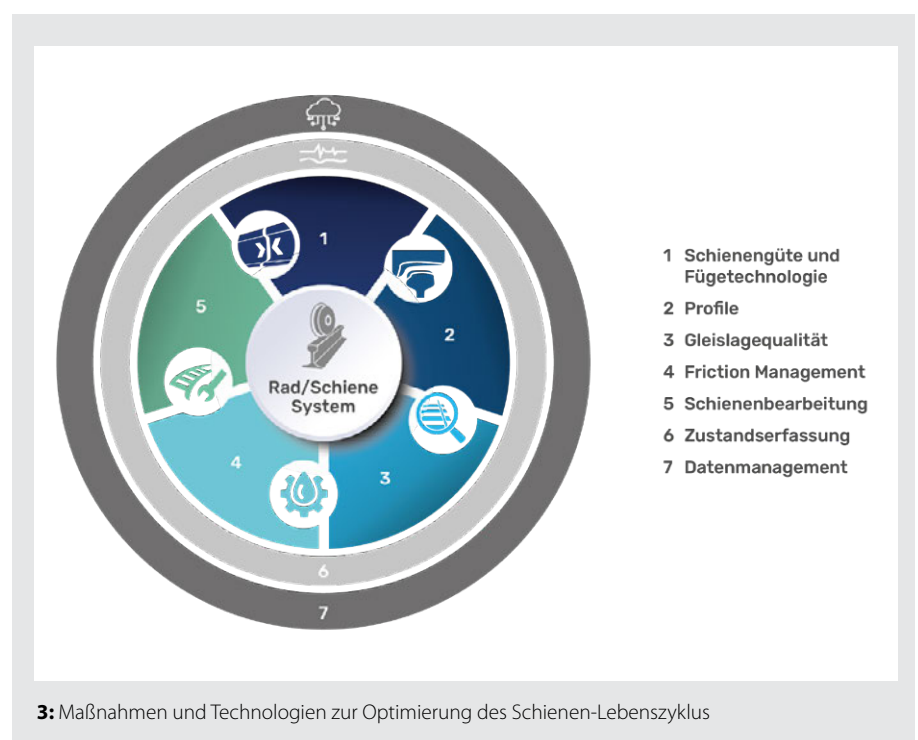
3. Messdaten und intelligente Auswertung

Mit der ersten Zugüberfahrt beginnt der eigentliche Lebenszyklus. Abhängig von den Belastungen entsteht nach einiger Zeit Schienenschädigung in Form von plastischer Verformung, Verschleiß, Rollkontaktermüdung (Risse) und thermischer Schädigung. Ebenso kann es zu Ermüdungsdefekten im Inneren der Schiene kommen. Diese Schädigungen verkürzen die Schienenlebensdauer und erfordern entsprechende Maßnahmen im Rahmen des Optimierungskreislaufs: Auf die messtechnische Erfassung des Schienenzustands folgt die Auswertung und Analyse der Messdaten, um entsprechende Strategien und Maßnahmen zu planen. Nach deren Durchführung wird der Schienenzustand im Rahmen der Qualitätskontrolle

wieder erfasst und der Kreis schließt sich. In weiterer Folge werden die Schritte Messen – Planen – Instandhalten – Messen in kontinuierlicher Abfolge wiederholt. Dieser Zyklus erlaubt es auch, frühzeitig auf Veränderungen im System zu reagieren sowie Maßnahmen und Strategien anzupassen. Dem Infrastrukturbetreiber steht eine Reihe von Werkzeugen und Technologien zur Verfügung (Abbildung 3), die ihn bei Implementierung und Durchführung dieses Optimierungszyklus unterstützen.

4. Messtechnik und Datenmanagement

Bevor entsprechende Optimierungsmaßnahmen geplant und durchgeführt werden können, muss der Zustand der Schienen in regelmäßigen Abständen erfasst werden [4]. Das Querprofil der Schiene oder auch die Schienenform kann entweder taktil oder mittels Laser gemessen werden. Die taktile Messung eignet sich nur für stationäre (Hand-) Messungen, während mit Lasertechnologie bis 200 km/h schnell gemessen werden kann. Auch bei der Messung von Längsprofil oder Schienenwelligkeit kommen taktile oder berührungslose Systeme zum Einsatz. Taktile Systeme erzielen höhere Genauigkeit, sind aber auf maximal 25 km/h beschränkt. Berührungslose Systeme auf Laserbasis weisen geringere Genauigkeiten auf, sind dafür je nach System für Geschwindigkeiten bis 250 km/h einsetzbar. Zum Detektieren von Oberflächeneffekten (Risse, flächige Defekte, Walzzeichen...) kommen hochauflösende, KI-gestützte Videoinspektionssysteme zum Einsatz. Oberflächenrisse können mittels Wirbelstromprüfung oder magnetischer Streuflussprüfung charakterisiert werden. Wirbelstromtechnologie lässt sich für Geschwindigkeiten bis zu 80 km/h verwenden und misst die Länge eines Risses. Die eigentliche Risstiefe (maximal 3 bis 5 mm) muss über einen angenommenen (unbekannten) Winkel berechnet werden. Fakto-



3: Maßnahmen und Technologien zur Optimierung des Schienen-Lebenszyklus



4: Links: Schleifzug RR24MB der Firma Speno. Rechts: Fräse ROMILL Mainline 2 der Firma Robel

ren wie Schienengüte oder Sensorabstand zur Oberfläche beeinflussen das Messergebnis. Die magnetische Streuflussprüfung erlaubt direkte, materialunabhängige Bestimmung der Schädigungstiefe (bis 7 mm), ist jedoch auf maximal 25 km/h Prüfungsgeschwindigkeit beschränkt [5]. Innenfehler im Schienenkopf, im Steg und im zentralen Bereich des Schienenfußes können mittels Ultraschall bis 80 km/h detektiert werden. Aufgrund physikalischer Beschränkungen eignet sich diese Prüftechnik nicht für oberflächennahe Fehler bis ca. 7 mm Tiefe. Diese Messsysteme können in Instandhaltungsmaschinen, Messfahrzeugen [6], Messdraisinen etc. integriert oder als Handmessgeräte ausgeführt sein und verfügen auch über entsprechende Analyse- und Darstellungs-Softwareanwendungen. Da die Daten von unterschiedlichsten Messsystemen inklusive Verortung auch mit Daten des Infrastrukturbetreibers (z. B. GIS-Informationen, Anlagenverzeichnis) kombiniert werden müssen, sind Systeme notwendig, die sichere Datenübertragung und generelle Datensicherheit gewährleisten, Datenintegrität sicherstellen, Daten aus verschiedensten Quellen miteinander verknüpfen und intelligente Auswertungen sowie benutzerfreundliche Visualisierungen anbieten. Darüber hinaus sollen aus diesen Analysen entsprechende Arbeitsanweisungen generiert werden, um sie an Instandhaltungsmaschinen übermitteln zu können [7].

5. Werkzeuge zur Lebenszyklusoptimierung

Die eigentlichen Werkzeuge zur Optimierung des Schienenlebenszyklus lassen sich in fünf Kategorien unterteilen (Abbildung 3). Die Kategorie Schienengüte und Füge-

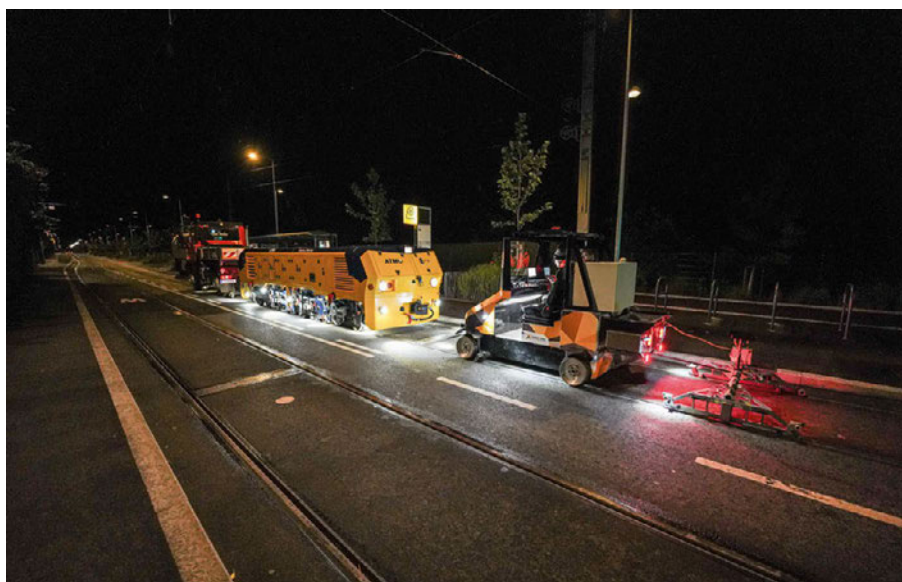
technologie wurde schon behandelt. Diese Entscheidungen zu Beginn des Lebenszyklus beeinflussen nachhaltig die Lebensdauer der Schiene und den Optimierungszyklus.

Die nächste Kategorie beschäftigt sich mit der Optimierung der Rad- und Schienenprofile. Dadurch können Kontaktspannungen zwischen Rad und Schiene reduziert und der Fahrzeuglauf in Gerade und Bogen (dynamische Kräfte) optimiert werden.

Die Gleislagequalität hat maßgeblichen Einfluss auf die Schienenlebensdauer und umgekehrt. Fehlerfreie Schienenoberfläche und hohe Gleislagequalität unterstützen sich gegenseitig im positiven Sinne. Sobald einer dieser beiden „Partner“ unter einen gewissen Qualitätslevel sinkt, wird auch der andere Partner negativ be-

einflusst, selbst wenn er sich in fehlerfreiem Zustand befindet.

Das Thema „Friction Management“ zielt darauf ab, einerseits zu hohe Reibwerte (beschleunigte Schädigung – hohe Kontaktspannungen) entsprechend zu reduzieren, andererseits zu geringe Reibwerte zu beseitigen. An der Fahrkante im engeren Bogen wird versucht, den Reibwert mittels eines Schmiermittels auf ein Minimum zu begrenzen, um Verschleiß möglichst gering zu halten. Auf der Lauffläche ist ein mittlerer Reibwert (0,3 bis 0,4) nötig, um sicheres Anfahren und Bremsen zu gewährleisten. Hier werden hohe Reibwerte auf Laufflächen mit Hilfe eines Konditionierungsmittels auf den gewünschten mittleren Wert reduziert (Schädigungsreduzierung) [8]. Im Falle von zu geringem Reibwert aufgrund von Oberflächenkontamination (z. B. Laub) können



5: Integrierter Arbeitseinsatz – ATMO mit ROSPECT Messfahrzeug

Traktionsverbesserer (Traktionssand etc.) in den Rad-Schiene-Kontakt eingebracht oder auch die Schiene mit speziellen Verfahren gereinigt werden. Eine innovative Lösung befreit die Schienenoberfläche effizient von jeder Kontamination mittels Hochdruckwasserstrahl (bis zu 4000 bar) und beigemengtem Abrasivmaterial [9].

Die letzte Kategorie betrifft die Instandhaltung von Schienen. Das ist das einzige Werkzeug, das die Schienenlebensdauer nicht nur verlängert, sondern auch bestehende Schädigung entfernen kann [10]. Klassisches Schienenschleifen verwendet rotierende Topfschleifsteine, um Material entlang einer Facette (Schleifsteinspur) von der Schienenoberfläche zu entfernen. Das Querprofil wird flexibel durch entsprechende Winkelanordnung mehrerer Schleifsteine als Polygonzug erzeugt. Die Schleiftechnologie eignet sich besonders für geringen bis mittleren Materialabtrag (präventive und korrektive Strategien) – Abbildung 4 links. Das Schienenfräsen als zweite Haupttechnologie entfernt Schienenmaterial über einen rotierenden Schneidprozess. Das Schienenprofil ist über die Form des Schneidwerkzeuges (Messerkopf bestückt mit Hartmetallplättchen) definiert. Damit können sehr große Materialabträge in einer Überfahrt erzielt werden, wodurch sich diese Technologie besonders für korrektive oder regenerative Strategien eignet – Abbildung 4 rechts. Speziell für den urbanen Bereich kommen auch andere Verfahren zum Einsatz wie die Blocksteintechnologie [11] im Rutscherstein- oder oszillierenden Betrieb. Damit lässt sich einerseits die Lauffläche präventiv auf hohem Qualitätsniveau halten, andererseits können auch korrektiv Schlupfwellen und Riffel entfernt werden (Abbildung 5). Neue Entwicklungen erlauben eine automatisierte Lösung zur lokalen Defektreparatur von Schienen und Herzstücken [12]. Der gesamte Reparaturvorgang wird automatisiert durchgeführt, ohne dass das Gleis betreten werden muss. Das erhöht die Prozesssicherheit und trägt auch aktuellen demografischen Trends Rechnung.

6. Das Ende ist der Anfang

Ist das Verschleiß- oder Schädigungslimit der Schienen nach vielen Jahren (und multiplen Optimierungszyklen) erreicht, werden sie ausgebaut und durch neue Schienen ersetzt, womit der nächste Lebenszyklus beginnt. Ebenso können andere Gründe wie Schienen- oder Schweißbruch sowie

generelle Erneuerung des Fahrweges zu (vorzeitigem) Tausch führen. Auch für den Ausbau der Schienen kommen die anfangs erwähnten Umbauzüge zum Einsatz. Nach dem Ausbau werden Schienen als hochwertiger Schrott dem Recycling-Prozess zugeführt. Mit diesem letzten Schritt endet der Lebenszyklus einer Schiene. •

Literatur

- [1] Flämig, J.: Schienenlogistik auf neuem Sicherheitsniveau. EI – Der Eisenbahningenieur, Oktober 2024, S. 25–29.
- [2] Misar, S.; Hansmann, F.: Bahnbau im ökologischen Wandel – grüner Übergang in der Gleisinstandhaltung. ZEVrail, Jahrgang 148, Ausgabe 01/02, 2024.
- [3] Lottersberger, F.; Antony, B. et al.: Weiterentwicklung beim Schienenschweißen: Die Plasser FlashWelder-Serie. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR), Nr. 4, April 2023, S. 50–54.
- [4] Stock, R.; Obexer, C.; Herter, R.: Schienenzustandserfassung für effiziente Instandhaltungsplanung. ZEVrail, Jahrgang 148, Ausgabe 05, 2024.
- [5] Stock, R.; Herter, R.: Neue Messtechnologie zur Bestimmung rissartiger Oberflächenfehler. EI – Der Eisenbahningenieur, September 2022, S. 98–101.
- [6] Obexer, C.: Neues Leistungsniveau für die Inspektion der Bahninfrastruktur. EI – Der Eisenbahningenieur, Dezember 2023, S. 30–33.
- [7] Brennstetter, A.; Stuntner, B.: Nahtloser Datenfluss: intelligente Vernetzung von Gleisbaumaschinen und Backoffice. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR), Nr. 4, April 2024, S. 38–42.
- [8] Stock, R.; Beck, M.: Reibwertoptimierung zwischen Rad und Schiene – ein nachhaltiger Lösungsansatz für das Schlupfwellenproblem. ZEVrail, Jahrgang 138, Ausgabe 11/12, 2014.
- [9] Stock, R.; Mateo, J.: Effizienter und sicherer Betriebsablauf durch saubere Schienen. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR), Nr. 11, November 2024, S. 54–57.
- [10] Stock, R.: Vom Wettbewerb zur Synergie – Schienenschleifen und Schienenfräsen. EI – Der Eisenbahningenieur, Juli 2024, S. 8–12.
- [11] Stock, R.; Aulinger, F. et al.: Schienenpflege für urbane Anwendungen. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR), Nr. 6, Juni 2025, S. 28–32.
- [12] Koch, E.; Reiter, M. et al.: Automatisierte Weicheninstandhaltung für einen hochverfügbaren Fahrweg, EI – Der Eisenbahningenieur, September 2023, S. 50–54.

Summary

The rail life cycle in the track - an end-to-end analysis

Precisely analysing the rail life cycle from installation to removal makes it possible to implement targeted strategies, measures and technologies with a focus on maximising rail service life.

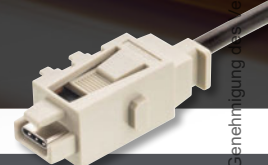


Pushing Performance
Since 1945

KOSTENFREIES
PRODUKTMUSTER
ANFORDERN

Vibrationssichere Kameraanschlüsse und High-Speed Datenraten auf kleinstem Bauraum

Han-Modular® Domino Module:
Platz- und Gewichtsersparnis
von bis zu 50 % für modulare
Steckverbinder.



- **Vibrationssichere USB-C-Verbindungen** für anspruchsvolle Umgebungen
- **Platzersparnis von bis zu 30 %** bei Schaltschrankinstallationen
- **Nachhaltige Lösung** dank reduziertem Platz- und Materialbedarf für Schnittstellen
- **Höhere Datenübertragungsraten** von bis zu 20 Gbit/s (optional)
- **Zukunftssichere Lösung** für Ethernet Cat. 5 und 6a sowie Single Pair Ethernet (SPE)

One Range. No Limits:

www.HARTING.com/domino-usbc



Neue Kunststoffschwelle für den Nahverkehr

Die Vorteile von Kunststoffschwellen liegen klar auf der Hand: langlebig, nachhaltig, vielseitig und flexibel einsetzbar. Sie werden sowohl für Gleis- und Weichenschwellen als auch Brückenbalken verwendet. Durch ihr geringes Gewicht können sie problemlos in Gleisanlagen zum Beispiel in Sumpfbereichen oder auf Dämmen eingebaut werden.



Obwohl sie deutlich leichter sind als Betonschwellen, halten sie hohen Belastungen stand und kommen auch im Schwerlastbereich wie in Stahlwerken zum Einsatz. Viele Vollbahnen haben diese Vorteile der Kunststoffschwellen bereits erkannt und setzen sie erfolgreich ein. Für den Nahverkehr waren hochwertige Kunststoffschwellen bisher jedoch schlichtweg noch zu teuer. Das ändert sich nun mit der optimierten Kunststoffschwelle, STRAILway 30, von Kraiburg Strail. Der Spezialist für den Einsatz von Gummi und Kunststoffen in der Bahn-Infrastruktur hat die neue Schwellenvariante für eine Achslast von 16t sowie für die im Nahverkehr übliche maximale Zuggeschwindigkeit von 120 km/h ausgelegt und bietet sie als Gleis- sowie Weichenschwelle an.

Optimierte Materialmischung

Alle Kunststoffschwellen aus Tittmoning bestehen aus einer Mischung aus faserverstärktem Polyolefinrecyclat-Compound. Dabei handelt es sich um Sekundärrohstoffe. Die von STRAIL selbst entwickelte Mischung ist so formuliert, dass sie besonders widerstandsfähig gegen Umwelteinflüsse ist. Dadurch hat die Kunststoffschwelle eine Lebensdauer von bis zu 50 Jahren. Je nach Anwendung wird die Mischung angepasst. So lassen sich die Kunststoffschwellen in gleichbleibend hoher Qualität und maßgeschneidert für die jeweiligen Anforderungen produzieren. Dieses adaptive Herstellungsverfahren ermöglicht die kostenoptimierte Variante für den Nahverkehr mit einer tendenziell aggressiven



Josef Lindlbauer

seit 25 Jahren in unterschiedlichen Positionen für die Kraiburg-Gruppe tätig. Seit Mitte 2022 Business Development Manager für den Bereich STRAILway Kunststoffschwellen bei der Kraiburg Strail GmbH & Co. KG
Josef.lindlbauer@strail.de



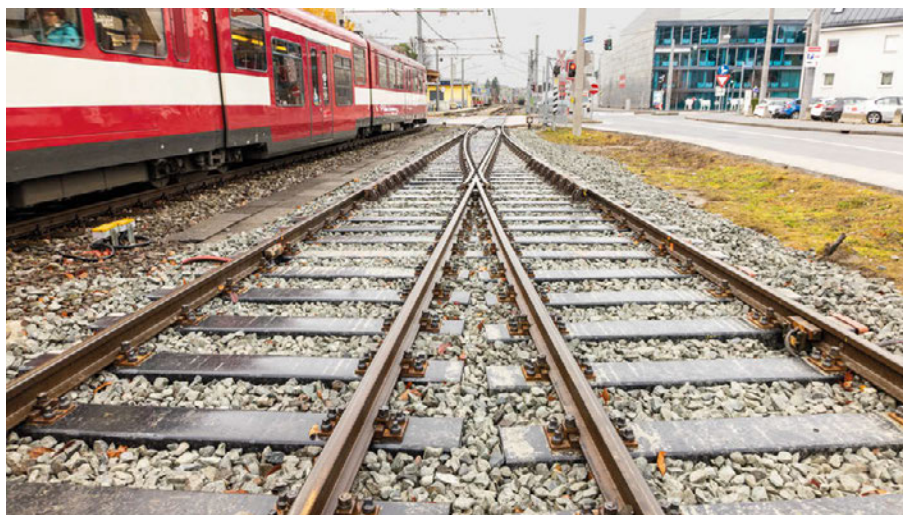
Martin Schnell

seit 2012 bei Kraiburg Strail als Entwicklungsingenieur tätig, leitet seit 2018 die Abteilung Entwicklung
Martin.schnell@strail.de



Carola Schwankner

Unternehmensredakteurin bei Kraiburg Strail und auf technische Produktkommunikation spezialisiert
Carola.schwankner@strail.de



1: Mit der STRAILway 30 bringt Kraiburg Strail eine hochwertige Kunststoffschwelle eigens für den Nahverkehr auf den Markt
Quelle aller Bilder: KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG

Preisgestaltung im Vergleich zu Mitbewerbern. Neben Gleis- und Weichenschwellen steht die neue Schwelle auch in einer feuerfesten Version für Tunnel zur Verfügung.

Nachhaltig und langlebig

Die äußerst lange Lebensdauer der STRAILway Kunststoffschwelle von rund 50 Jahren ist einer der wesentlichsten Vorteile des nachhaltigen Produkts. Besonders im Hinblick auf die stark steigenden Kosten für Servicemitarbeiter und Ingenieure und die Problematik des Fachkräftemangels, der

Tabelle 1: Übersicht der Eigenschaften der unterschiedlichen Varianten der STRAILway 30 Kunststoffschwelle für den Nahverkehr

	STRAILway 30 T (Weiche)	STRAILway 30 (Gleisschwelle)	STRAILway 30 TF (Weiche Tunnel)	STRAILway 30 F (Gleisschwelle für Tunnel)
	≤ 16	≤ 16	≤ 16	≤ 16
Geschwindigkeit [km/h]	≤ 120	≤ 120	≤ 120	≤ 120
Elastizitätsmodul [MPa]	3.400	3.000	3.400	3.000
Wärmeausdehnung [*10E-6 1/K]	37	50	37	50
Feuer und Rauchentwicklung	Cfl – s1	Cfl – s1	Bfl – s1	Bfl – s1
Höhe [mm]	160 (+/-3)	160 (+/-3)	160 (+/-3)	160 (+/-3)
Breite [mm]	260 (+10/-5)	260 (+10/-5)	260 (+10/-5)	260 (+10/-5)
Länge [m]	bis zu 13 m (+/-10)	bis zu 13 m (+/-10)	bis zu 13 m (+/-10)	bis zu 13 m (+/-10)
Ebenheit der Oberfläche [mm]	1.0	1.5	1.0	1.5
Gewicht [kg/lfm]	50	50	50	50

sowohl Vollbahnen als auch den Nahverkehr immer mehr trifft, ist die pflegeleichte und nahezu wartungsfreie Kunststoffschwelle eine lohnende Investition.

Darüber hinaus weisen die Kunststoffschwellen eine ausgezeichnete CO₂-Bilanz auf, da keine weiteren nachwachsenden oder fossilen Rohstoffe für die Herstellung benötigt werden. Die Schwellen selbst sowie alle Bearbeitungsabfälle sind zudem zu 100 % recycelbar.

Erfolgreich getestet

Für die Kunststoffschwelle für den Nahverkehr liegt die Zulassung zur Betriebs-

erprobung des deutschen Eisenbahn-Bundesamtes vor. Damit ist belegt, dass die Schwellenvariante die Anforderungen des Nahverkehrs in Europa erfüllt.

Die Schwelle wurde umfangreichen Testverfahren unterzogen. Unter anderem einer Überprüfung der thermischen Ausdehnung, der Auszugskraft von Schrauben sowie einer permanenten Prüfung der Biegeeigenschaften. Dabei zeigte sich zum Beispiel, dass der Schraubenauszug besonders gute Werte liefert und sich die Kunststoffschwelle aus Tittmoning hier deutlich von vergleichbaren Schwellen anderer Hersteller abhebt, und auch bessere Werte liefert, als sie bei Betonschwellen üblich sind.

Bei den Prüfungen hinsichtlich Schlägen, elektrischem Widerstand, Alterung, seitlicher und chemischer Beständigkeit sowie Ozon- und UV-Beständigkeit liefern alle Varianten aufgrund der ähnlichen Mischungszusammensetzung die gleichen positiven Werte.

Vorgebohrte Schwellen

Die Kunststoffschwellen können in jeder beliebigen Länge bis hin zu 13 m aus einem Guss gefertigt werden. Auch individuelle Vorbohrungen, zum Beispiel für Weichen sind möglich. Dabei handelt es sich um eine standardisierte und erprobte Zusatzleistung, die mit einem Qualitätsprotokoll überprüft und dokumentiert wird. Für die Bohrungen wird die Weichenzeichnung auf die Schwellen übertragen. Sämtliche Datenformate können dafür verwendet werden.

Die Bohrungen werden direkt im Anschluss an das Herstellungsverfahren der Schwellen von STRAIL selbst durchgeführt. Dies bringt sowohl einen erheblichen Zeitgewinn als auch eine Verringerung des Arbeitsaufwandes mit sich. Zusätzliche Transporte zu Subunternehmen, die sowohl kosten- als auch zeitintensiv sind und zudem einen CO₂-Ausstoß verursachen, entfallen.

Rundum-sorglos-Paket

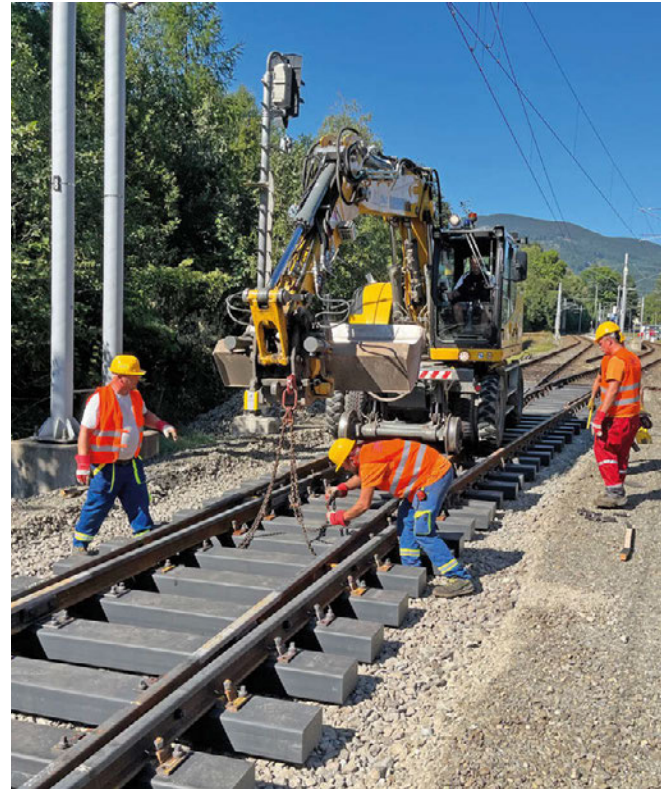
Die kundenspezifischen Anpassungen direkt bei der Produktion der Schwellen sorgen für eine optimierte Time-to-Market.



2: STRAIL kann sämtliche Bohrungen z. B. für Weichen an den Kunststoffschwellen selbst vornehmen. Dafür wird die Weichenzeichnung auf die Schwellen übertragen und die Bohrungen mittels Qualitätsprotokoll überprüft und dokumentiert



3: Die Bearbeitung der Kunststoffschwelle ist unbedenklich, erfordert keine Spezialausrüstung und kann mit handelsüblichen Werkzeugen vorgenommen werden



4+5: In Tschechien in Loucna nad Desnou wurde die neue Kunststoffschwelle STRAILway 30 für eine Weiche eingebaut. Die Installation der Schwellen für zukünftige Modernisierungen des Bahnnetzes verlief reibungslos

Die Schwellen können unmittelbar nach der Lieferung verbaut werden und erweisen sich als wirtschaftliches Rundum-sorglos-Paket mit einem Ansprechpartner für alle Arbeitsschritte sowie einer klaren Preisstruktur. Darüber hinaus lassen sich die Kunststoffschwellen innerhalb sehr kurzer Zeit fertigen und liefern. Das gilt auch für Schwellen mit spezifischen Anpassungen.

Resistent gegen Hitze und Kälte

Ein weiteres wichtiges Kriterium für Schwellen ist die Wärmeausdehnung und damit einhergehend die Auswirkung der Umgebungstemperatur auf die Tragfähigkeit der Schwelle. Verändert sich zum Beispiel eine Weichenschwelle aufgrund der Temperatur auch nur minimal, wird die Funktionsweise der Weiche stark beeinträchtigt. Deshalb sind besonders für Weichenschwellen sämtliche Grenzwerte im Bereich Wärmeausdehnung äußerst streng bemessen. Die Kunststoffschwellen aus Tittmoning erfüllen alle Vorgaben nachweislich.

Kunststoffschwelle widerstandsfähiger bei Entgleisungen

Bei einer Entgleisung können zum Beispiel bei Betonschwellen Mikrorisse entstehen,

in die nach und nach Feuchtigkeit eindringt. Der Stahl im Inneren der Betonschwelle beginnt dadurch zu korrodieren und die Stabilität der Schwelle ist nicht mehr gegeben. Somit müssen in den meisten Fällen Betonschwellen nach einer Entgleisung entweder aufwendig versiegelt oder gleich komplett ausgetauscht werden. Bei den Kunststoffschwellen entstehen aufgrund der Materialbeschaffenheit in solchen Fällen keine Mikrorisse. Der Kunststoff wird lediglich oberflächlich zerschrammt. Dabei handelt es sich jedoch um rein optische Beeinträchtigungen und die Schwellen können weiterhin verwendet werden.

Einfach zu bearbeiten

Auch das Handling der Kunststoffschwellen gestaltet sich einfach. Egal ob sägen, fräsen, hobeln oder bohren – alle diese Arbeiten sind problemlos jederzeit, direkt vor Ort am Gleis und mit handelsüblichen Werkzeugen möglich. Das Bearbeiten der Kunststoffschwellen ist komplett unbedenklich und erfordert keine Spezialausrüstung.

Die STRAILway 30 Kunststoffschwelle wurde Ende 2023 in den Markt eingeführt und kam bereits für eine Weiche in Tschechien in Loucna nad Desnou zum Einsatz.

Der Einbau verlief reibungslos und die Baufirma zeigte sich beeindruckt, wie unkompliziert und schnell die Installation vonstattenging. Auch die gute Bearbeitbarkeit der Kunststoffschwellen fiel positiv auf. Das Projekt in Tschechien dient als Referenz- und Vorzeigeprojekt für zukünftige Modernisierungen des Bahnnetzes und wurde sowohl von Vertretern der tschechischen als auch der slowakischen Staatsbahn besichtigt. Weitere Installationen der neuen Schwellenvariante fanden bereits in Deutschland, Italien und Asien statt. ●

Summary

New plastic sleeper for local transport

The advantages of plastic sleepers are obvious: durable, sustainable, versatile and flexible in use. They are used for track and points sleepers as well as bridge beams. Thanks to their low weight, they can be easily installed in track systems, for example in marshland areas or on embankments.

Das Prud'homme-Kriterium: ein Überblick über seine Anwendung bei der Fahrzeugzulassung

Das Prud'homme-Kriterium – eine Begrenzung der Radsatzquerkraft während der Fahrt – wird seit fast sechzig Jahren als sicherheitsrelevantes Zulassungskriterium für Schienenfahrzeuge herangezogen. Die Literatur-Recherche zeigt, welches Schutzziel damit erreicht wird, aber auch, dass sich die Anwendung dieses Kriteriums mit der Zeit verändert hat. Wir schließen daraus, dass das Prud'homme-Kriterium als sicherheitsrelevantes Zulassungskriterium für Schienenfahrzeuge in sehr engen Kurven nicht relevant ist.



1. Einführung

Seit Anbeginn gilt die Anforderung, die sichere Fahrt eines Schienenfahrzeuges durch möglichst ruhiges Fahrverhalten in der Geraden und durch eine Bogenfahrt ohne Zwänge zu erreichen und darüber hinaus die Instandhaltungsaufwände gering zu halten. Ausreichende Fahrsicherheit und geringe Fahrwegbeanspruchung wird durch die fahrtechnische Fahrzeugprüfung sichergestellt. Die Einhaltung definierter Grenzen für relevante Beurteilungsgrößen, abgeleitet aus den Radkräften und den Beschleunigungen von Fahrzeugkomponenten, wird gefordert. Einer dieser Grenzen ist aktuell das Prud'homme-Kriterium [1], das die Radsatzquerkräfte (ΣY) auf das Gleis begrenzt. Eine detaillierte Darstellung der Thematik findet sich in Schmid et al. [2].

Die experimentellen Arbeiten von Prud'homme, die zur Festlegung des Prud'homme-Kriteriums führten, wurden in der Zeit durchgeführt, als Entgleisungen von Fahrzeugen aufgrund von Fahrinstabilitäten schon lange bekannt, die Möglichkeiten zur Vermeidung jedoch sehr bescheiden waren. Damals waren bereits die wichtigsten Strecken der großen Bahnen lückenlos verschweißt, sodass bei hohen Temperaturen insbesondere auf frisch gerichteten Gleisen Verwerfungen auftraten. Die Lagestabilität der Gleise wurde nach der „Energimethode“ von Meier [3] berechnet, die jedoch aufgrund der Unsicher-

heiten bei den Eingangsparametern doch recht ungenaue Ergebnisse lieferte.

Die Aufrechterhaltung der Gleislagequalität erfolgte zu dieser Zeit hauptsächlich mit der „Schaufel-“ und der „Soufflage-Methode“, bei denen feinkörniger Schotter unter der Schwelle eingebracht wurde [4]. Der Querverschiebewiderstand (QVW) der Schwelle verringert sich dadurch [1]. Die Stopfung des Gleises wurde erst später mit ihrer Mechanisierung vorherrschend.

2. Die Experimente von Prud'homme

In diesem Umfeld fassten Ende der 1960er Jahre der französische Eisenbahningenieur A. Prud'homme und seine Mitarbeiter bei der SNCF jahrelange Untersuchungen zur seitlichen Gleislagestabilität und deren Einflussfaktoren zusammen. Ihre Schlussfolgerungen beziehen sich auf den Einfluss der Schienentemperatur [5, 6] beziehungsweise der Fahrzeuge [1] auf die laterale Gleislagestabilität. Während sie keinen Zusammenhang zwischen den Radsatzquerkräften und dem Ausknicken des Gleises feststellten, führten sie Untersuchungen durch, um einen Zusammenhang zwischen den Querkraften und der inkrementell zunehmenden seitlichen Gleisverschiebung herzustellen. Die Versuche wurden auf geraden Strecken und in weiten Bögen durchgeführt.

Die grafische Darstellung des ermittelten QVW zeigte im Wesentlichen zwei lineare Segmente: einen steilen linearen



Dipl.-Ing. Roman Schmid

Fachexperte Rad-Schiene-Interaktion der Maschinentechnischen Messgruppe der ÖBB-Produktion GmbH
roman.schmid@oebb.at



Dr. Vesna Micić Batka

Expertin für Forschung und Entwicklung bei ÖBB-Infrastruktur AG
vesna.micicbatka@oebb.at

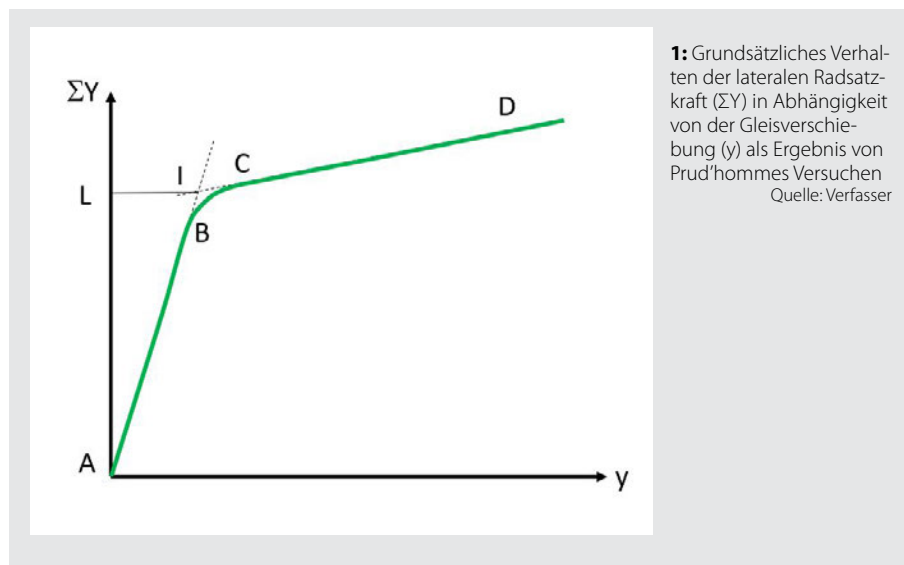


Univ.-Prof. Dr. techn. Ferdinand Pospischil

Vorstand des Instituts für Eisenbahn-Infrastrukturdesign an der TU Graz
ferdinand.pospischil@tugraz.at

Das Prud'homme-Kriterium bezieht sich auf die Fahrwegbeanspruchung und soll die erforderliche Gleislagequalität für eine möglichst lange Zeit sicherstellen.





Anstieg der Seitenkräfte (ΣY) bei einer mäßigen seitlichen Gleisverschiebung (Segment A-B in Abb. 1) und einen weniger steilen Anstieg der Seitenkräfte bei einer weiteren Gleisverschiebung (Segment C-D in Abb. 1). Im Schnittpunkt der beiden linearen Verlängerungen der Segmente, im Punkt I, liegt die entscheidende kritische Seitenkraft L. Bleiben die Radsatzquerkräfte unterhalb von L, sind keine zusätzlichen Instandhaltungsmaßnahmen am Gleis erforderlich.

Prud'homme definierte den radsatzlastabhängigen Grenzwert (L) für die Radsatzquerkräfte (ΣY) im Gleis in einem Referenzgleis (46 kg-Schienen auf Holzschwellen mit 60 cm Abstand ohne thermische Belastung, unmittelbar nach Gleisinstandhaltungsarbeiten) als:

$$L = k \cdot \left(1 + \frac{P}{3}\right)$$

mit:

L = kritische Radsatzquerkraft

k = 0,85 bei Gleisinstandhaltung mit „Soufflage“- oder „Schaufelmethode“

k = 1,00 bei Gleisinstandhaltung durch Stopfung

P = vertikale Radsatzlast

Prud'homme hat die Faktoren, die einen spürbaren Einfluss auf den QVW haben, wie folgt zusammengefasst:

- Vertikale Radsatzlast (P): Ihr Einfluss auf die kritische Seitenkraft (L) kann vereinfacht wie in der obigen Formel dargestellt werden

- Schwellenmaterial: Gleise mit Holzschwellen verformen sich stärker als solche mit Stahl- oder Betonschwellen
- Korngröße des Schotter: Je größer die Korngröße des Schotter ist, desto höher ist der QVW
- Gleisverfestigung: Der Zugverkehr verfestigt das Gleis, während die Instandhaltung das Gleis auflockert. Dieser Effekt wirkt sich stark auf den QVW aus, der sich verschlechtert, wenn die Instandhaltung mit der „Soufflage“- oder „Schaufelme-

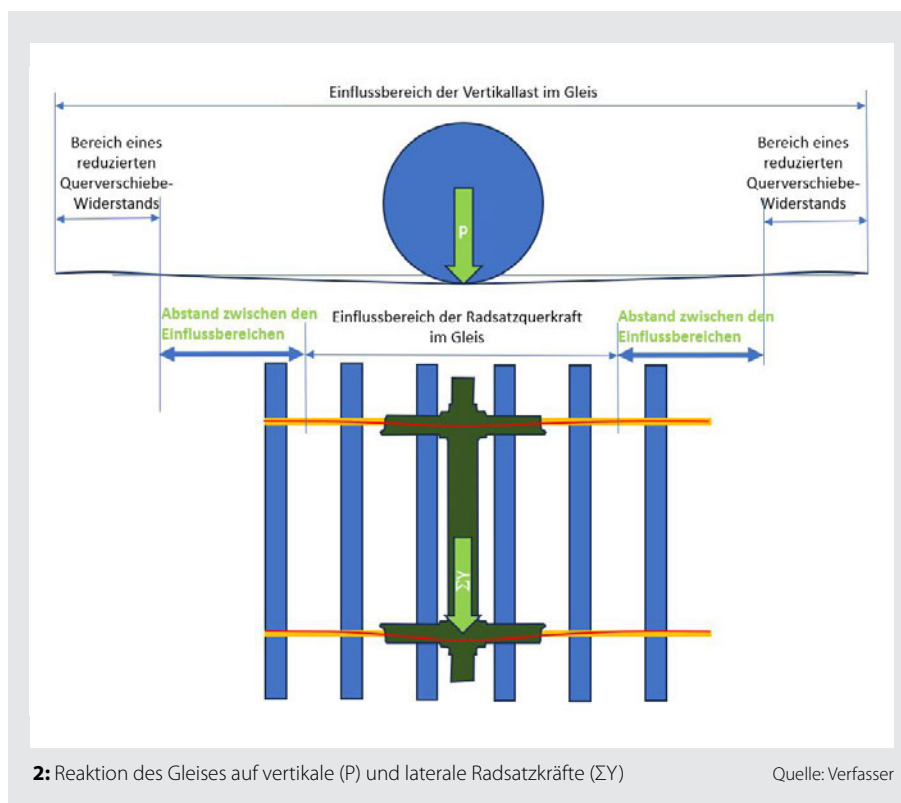
thode“ im Vergleich zum Stopfverfahren durchgeführt wird.

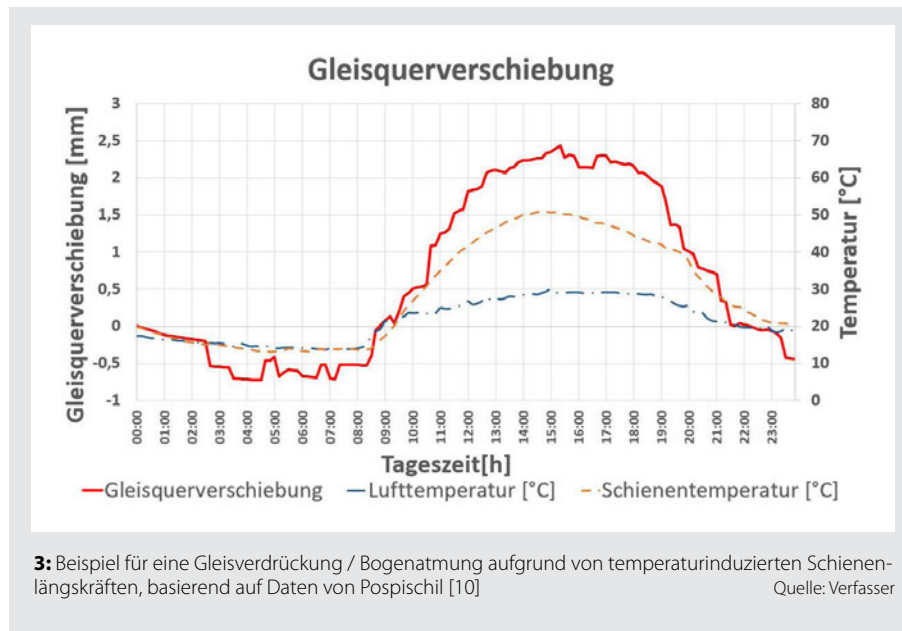
Keinen Einfluss auf den QVW haben die Fahrgeschwindigkeit, das Anziehen der Schienenbefestigungen und die thermischen Längsspannungen der Schienen.

Das Fahrzeugzulassungskriterium nach Prud'homme für eine Höchstgeschwindigkeit v war erfüllt, wenn bei der Prüfungsgeschwindigkeit $v + 10 \text{ km/h}$ die Radsatzquerkräfte (ΣY) in allen Versuchen $\leq k \cdot (1 + P/3)$ waren. Dies ist die historische Grundlage für das bis heute gültige Zulassungskriterium für Schienenfahrzeuge.

Amans und Sauvage [7] bestätigten die experimentellen Ergebnisse von Prud'homme numerisch. Sie verglichen die Einflusslänge der Radsatzquerkräfte ΣY entlang des Gleises mit derjenigen der vertikalen Radsatzlast P und stellten fest, dass sich die Zone des reduzierten QVW in der Abhebewelle nicht mit der Einflusszone von ΣY mit Schienenquerverformung überschneidet (Abb. 2).

Sie kamen auch zu dem Schluss, dass eine Überschreitung der kritischen Kraft durch die Fahrzeuge zu dauerhaften Gleisverformungen führen kann. Diese können erst nach einer gewissen Zeit gefährlich werden. Die Vermeidung solcher Verformungen wird durch ein angepasstes Niveau der Gleisinstandhaltung gewährleistet.





3. Exkurs: Fahrzeugeinfluss auf die Gleisquerstabilität

Als Grundlage für die weiteren Überlegungen werden die drei wesentlichen Schadensmechanismen für plastische Gleisquerverschiebungen gemäß Eisenmann [8,9] beschrieben und nach Ursachen unterschieden:

Fall 1 - hohe thermische Schienenlängskräfte

Fall 2 - hohe thermische Schienenlängskräfte in Kombination mit äußeren vertikalen Lasten

Fall 3 - sehr hohe Seitenkräfte durch den Radsatz.

Fall 1: Insbesondere in engen Gleisbögen können hohe thermische Schienenlängskräfte eine (fast vollständig) reversible Verschiebung („Gleisverdrückung“ oder „progressives Beulen“, auch „Bogenatmung“) verursachen, die proportional zur Änderung der Schienentemperatur ist [10] (Abb. 3).

Die Ausdehnung der Schienen bewirkt die seitliche Verschiebung des Gleises unabhängig von den Zugfahrten. Diese helfen jedoch dem Gleis, eine möglichst spannungsfreie Lage zu erreichen, indem sie durch dynamische Fahrwegbelastung und Lockerung die Längenänderung der Schienen durch Gleisquerverschiebung erleichtert.

Fall 2: Die „Gleisverwerfung“ ist eine Folge von thermisch induzierten Längskräften in den Schienen und tritt als plötzliche, schnelle Querbewegung mit hohen Amplituden auf. Sie kann durch das Schie-

nenfahrzeug - unabhängig von seinen Radsatzquerkräften - vorzeitig ausgelöst werden, wenn die durch den Radsatz induzierte Abhebewelle [11] den QVW ausreichend reduziert. Deshalb entstehen die meisten Gleisverwerfungen durch eine Zugfahrt (Abb. 4).

Fall 3: Hohe Radsatzquerkräfte, verursacht durch einen „instabilen“ Lauf des Fahrzeugs, können zu einer irreversiblen Verbiegung des Gleisrosts direkt unter dem Radsatz führen [13] (Abb. 5).

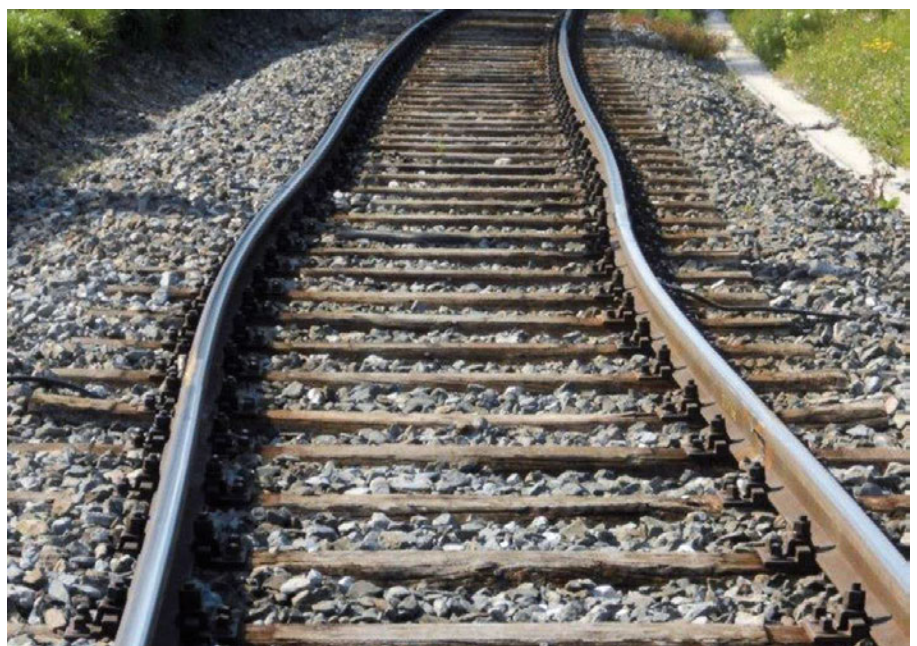
Alle drei Fälle können sicherheitsrelevant sein. Die Fahrsicherheit beschreibt in

diesem Zusammenhang die Wahrscheinlichkeit einer plötzlichen Entgleisung durch unerwünschtes Verhalten des Fahrzeugs und/oder des Gleises [14]. Eine den betrieblichen Anforderungen entsprechende Fahrsicherheit ist gegeben, wenn diese Wahrscheinlichkeit hinreichend gering ist. Daher müssen Maßnahmen ergriffen werden, um ihr Auftreten zu vermeiden.

Im Gegensatz zur Fahrsicherheit ist die Fahrwegbeanspruchung die Gesamtheit der auf das Gleis übertragenen Fahrzeugwirkungen am Rad-Schiene-Kontaktpunkt. Sie ist hinreichend gering, wenn keine dauerhafte Verschlechterung des Gleiszustandes verursacht wird oder wenn diese im Rahmen der geplanten Instandhaltung beseitigt werden kann. Wird die Verschlechterung des Gleiszustandes durch unangepasste Instandhaltungsmaßnahmen nicht rechtzeitig behoben, kann sie auch zu betrieblichen Risiken führen. Diese treten im Gegensatz zur Fahrsicherheit nicht unmittelbar auf [14] und sind daher nicht mit der Fahrsicherheit zu verwechseln.

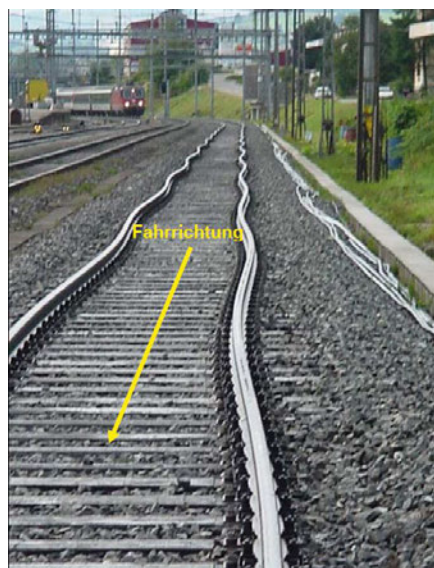
4. Veränderung der Anwendung des Prud'homme-Kriteriums im Lichte bemerkenswerter Entgleisungen

Mit dem zunehmenden Einsatz von schnellen, vierachsigen elektrischen Lokomotiven wurde die Stabilität des Radsatz-Wellenlaufs auch für schwere Triebfahrzeuge relevant. Dabei zeigten Untersuchungen in Deutschland mit der Baureihe E10 mess-



4: Beispiel einer irreversiblen Gleisverwerfung

Quelle: Ruef, N. aus [12]



5: Ein verbogenes Gleis aufgrund hoher Querkkräfte einer über mehrere hundert Meter instabil fahrenden Lokomotive
Quelle: Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe aus [13]

technisch keinen signifikanten Unterschied im Verhalten bei 10 km/h und 200 km/h Fahrgeschwindigkeit [15]. In diesem Umfeld wurde bei der DB 1967 die zulässige Fahrgeschwindigkeit von 120 bzw. 140 auf 160 km/h und die zulässige unausgeglichene Querbeschleunigung bei Bogenfahrt von $0,65 \text{ m/s}^2$ auf $0,85 \text{ m/s}^2$ bei unveränderter Fahrzeug- und Gleiskonstruktion erhöht, wodurch die dynamischen Reaktionen zwischen Fahrzeug und Gleis stark anwuchsen [16].

Doch ohne leistungsfähige Computer war es nach wie vor noch nicht möglich, komplexe numerische Simulationen der Fahrdynamik durchzuführen, und es gab noch keine ausreichenden Kenntnisse über den Umgang mit Fahrinstabilität. Daher konnten zahlreiche Vorfälle, wie z.B. der Entgleisung ein Etelsen 1966, in Kelsterbach 1967, in Leiferde/Meinersen 1969, in Celle 1970, in Alfeld 1970 und in Kellmünz 1971 [17] nicht verhindert werden. Die Untersuchungen nach der Entgleisung in Celle zeigten periodische Gleisquerverschiebungen mit einer Wellenlänge von etwa 20 m [16]. Die Gleisverschiebung war also auf eine zu hohe Fahrzeuggeschwindigkeit in einem nicht mehr ausgewogenen technischen System zurückzuführen.

In der Folge wurde der Zusammenhang zwischen Radsatzquerkraften und Gleisquerverschiebungen in der europäischen Forschung untersucht. Zur Bewertung stand allein das Prud'homme-Kriterium zur Verfügung. Es wurde somit als sicherheitsrelevanter Grenzwert für die Gleisla-

gestabilität definiert, unabhängig von der Ursache der Gleisverschiebung. Dies war die Grundlage für die Festlegung der internationalen Bewertungsverfahren für die Zulassung von Fahrzeugen [18,19].

Erst 1999 erkannte man die Notwendigkeit eines modifizierten Prüfkriteriums für die Fahrinstabilität [20], um Gleisverbiegungen (Fall 3 nach Eisenmann) zu

verhindern, womit sich Unfälle wie die oben genannten zuverlässig vermeiden lassen. Allerdings ist der Grenzwert von Prud'homme deutlich zu konservativ, um eine Gleisverbiegung in sehr engen Gleisbögen zu beschreiben [21]. Dies zeigen auch Erkenntnisse aus den Vereinigten Staaten, wo die Bewertung anhand eines radsatzbezogenen Quotienten L/V , dem

Tabelle 1: Überblick über die historische und aktuelle Anwendung des Prud'homme-Kriteriums

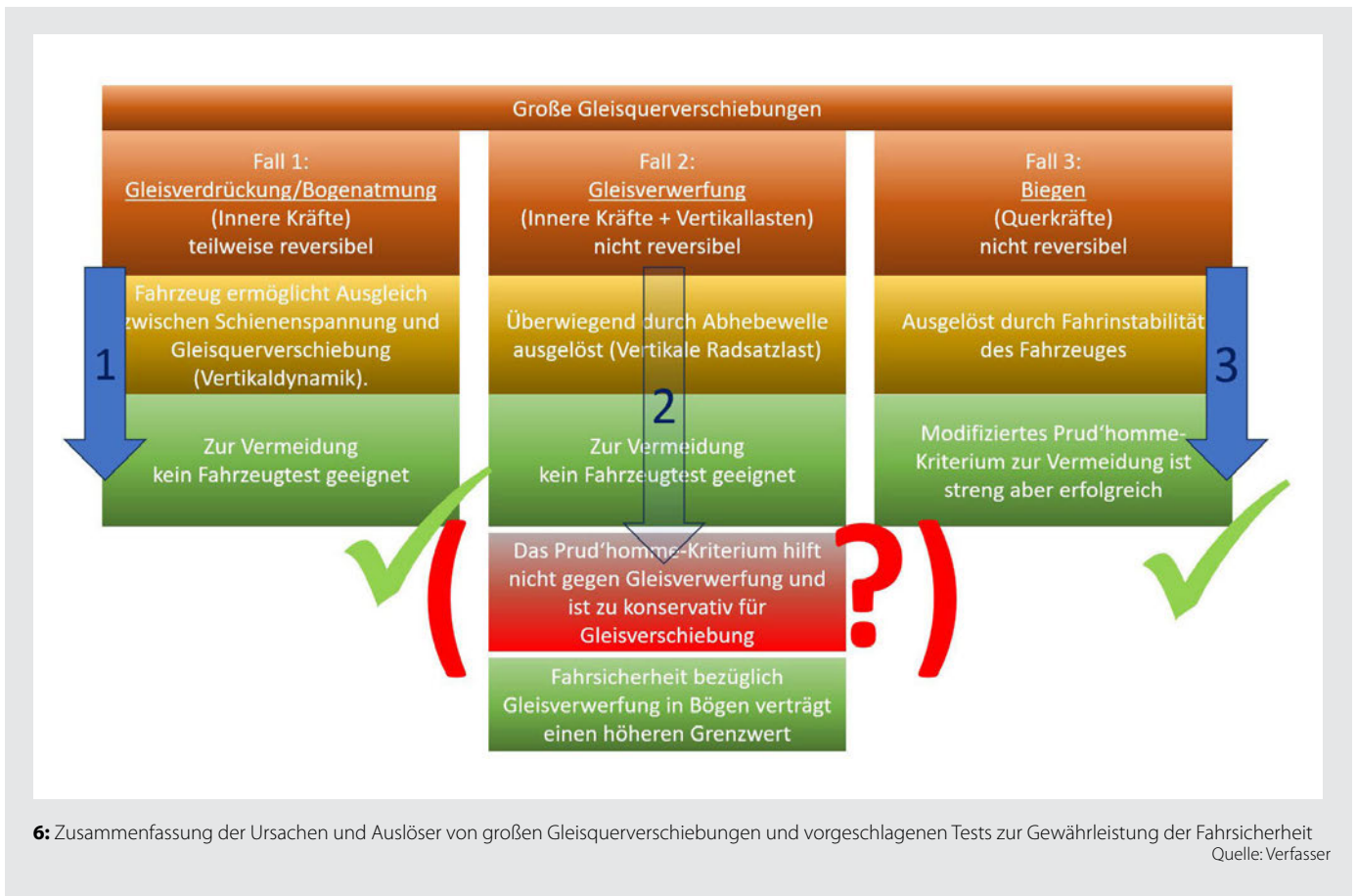
Definition des Prud'homme Kriteriums	Beschreibung der Anwendung	Quelle	Das Prud'homme Kriterium wurde verbunden mit
$\Sigma Y \leq k \cdot \left(1 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{t}]$ k referenziert auf Fahrwegbauart und -instandhaltungsmethode	Grenzwert gegen inkrementelle Gleisverschiebung in Querrichtung	Prud'homme (1967) [1,2]	inkrementelle Gleisquerverschiebung
$\Sigma Y \leq k \cdot \left(1 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{t}]$ k referenziert auf Fahrwegbauart	Grenzwert gegen Gleisverschiebung in Querrichtung	Fastenrath (1977) [14]	Eisenmann's Fall 2
$\Sigma Y_{\max(2m)} \leq 0,85 \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{kN}]$	Grenzwert gegen Gleisbeanspruchung	UIC Merkblatt 515 (1984) [65]	Querverschiebewiderstand
$\Sigma Y_{\max(2m)} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{kN}]$ und $(\Sigma Y)_{2m} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{kN}]$ k hängt von zusätzlichen betrieblichen Maßnahmen ab	Grenzwert gegen Gleisverschiebung in Querrichtung	ORE C138 (1986) [33]	Eisenmann's Fall 2/3
$(\Sigma Y)_{2m} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{kN}]$ k referenziert auf den Fahrzeugtyp	Fahrsicherheitsgrenzwert ***	UIC Merkblatt 518 [34] (1995)**	Eisenmann's Fall 2
$(\Sigma Y)_{2m} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{kN}]$ k referenziert auf den Fahrzeugtyp	Fahrsicherheitsgrenzwert ***	ORE C209 (1999) [39]	Eisenmann's Fall 2
$\Sigma Y_{j,rms} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) / 2 [\text{kN}]^*$ k referenziert auf den Fahrzeugtyp	Instabilitätsgrenzwert (modifiziert)	ORE C209 (1999) [39]	Eisenmann's Fall 3
$(\Sigma Y)_{2m} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) [\text{kN}]$ k referenziert auf den Fahrzeugtyp	Fahrsicherheitsgrenzwert	EN 14363 [35] (seit 2005)**	Eisenmann's Fall 2
$\Sigma Y_{j,rms} \leq k \cdot \left(10 + \frac{P_{F0}}{3}\right) / 2 [\text{kN}]^*$ k referenziert auf den Fahrzeugtyp	Instabilitätsgrenzwert (modifiziert)	EN 14363 [35] (seit 2005)** UIC Merkblatt 518 [66] (seit 2009)	Eisenmann's Fall 3

ΣY	Radsatzquerkraft
ΣY_{\max}	maximale Radsatzquerkraft
$\Sigma Y_{j,\max}$	maximale Radsatzquerkraft für einen gegebenen Radsatz j
$\Sigma Y_{j,rms}$	rms-Wert der Radsatzquerkraft für einen gegebenen Radsatz j
$\Sigma Y_{\max(2m)}$	maximale Radsatzquerkraft über eine Länge von 2 m
ΣY_{2m}	gleitender Mittelwert über 2 m der Radsatzquerkraft
P_{F0}	vertikale Radsatzkraft

* modifiziertes Prud'homme-Kriterium.

** die in der EU-Norm und im UIC-Merkblatt 518 verwendeten Formeln werden derzeit bei der Zulassung von Fahrzeugen angewendet.

*** Die Fahrsicherheit bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit einer plötzlichen Entgleisung aufgrund eines unerwünschten Verhaltens des Fahrzeugs und/oder des Gleises (wenn diese ordnungsgemäß gewartet wurden).



Verhältnis von seitlichen (L) und vertikalen (V) Radsatzkräften erfolgt. Kish [22] fand einen Grenzwert von $L/V = 0,6$, der im sicheren Betrieb deutlich höhere Radsatzquerkräfte zulässt als das Prud'homme-Kriterium [23,24].

Weitere europäische Untersuchungen trugen zum Verständnis der Kräfte in Gleisen mit durchgehend geschweißten Schienen bei [25]. Diese Erkenntnisse wurden für angepasste oder zusätzliche Methoden zur Berechnung der Sicherheit gegen Gleisverwerfungen genutzt und flossen in den Entwurf des Dokuments IRS70720 des Internationalen Eisenbahnverbandes (UIC) ein [26]. Radsatzquerkräfte auf das Gleis wurden in diesen Berechnungsmethoden zur Sicherheit gegen Gleisverwerfungen aus gutem Grund nicht berücksichtigt.

5. Entwicklung des Prud'homme-Kriteriums als Grenzwert und seine aktuelle Anwendung

Das Prud'homme-Kriterium bezieht sich auf die Fahrwegbeanspruchung und soll die erforderliche Gleislagequalität für eine möglichst lange Zeit sicherstellen [1]. Seine

Anwendung veränderte sich, wie in Tabelle 1 zusammengefasst.

Derzeit gilt das Prud'homme-Kriterium als Grenzwert für die Fahrsicherheit [27,28]. Es wird offenbar angewendet, um (a) irreversible Verschiebungen des Gleisrostes durch instabiles Fahren und (b) um Gleisquerverschiebungen in Bögen zu verhindern. Daraus ergibt sich die Frage, inwieweit die aktuelle Fahrzeugbewertung den an sie gestellte Erwartungen entspricht.

Eine Zusammenfassung der Ursachen und Auslösemechanismen großer Gleisquerverschiebungen sowie der möglichen Fahrzeugprüfungen sind in Abb. 6 dargestellt.

Es liegt nahe, das Prud'homme-Kriterium nicht mehr für die Bewertung der Fahrsicherheit in engen Bögen zu verwenden.

Nur Fall 3 („Biegung“) wird direkt von den Radsatzquerkräften beeinflusst. Bei hohen Geschwindigkeiten und auf (fast) gerader Strecke kann es zur Fahrinstabilität kommen. Zur Prävention hat sich in der Praxis das modifizierte Prud'homme-Kriterium als sehr erfolgreich erwiesen.

In Fall 2 muss die Anwendung des Prud'homme-Kriteriums jedoch in Frage gestellt werden. Obwohl die Wahrscheinlichkeit der Gleisverwerfung und die Radsatzquerkräfte mit enger werdenden Bögen zunehmen, gibt es keine offensichtliche Korrelation zwischen beiden. Die Prüfung, ob Fahrzeuge das Prud'homme-Kriterium einhalten, ist kein Mittel zur Verhinderung der Gleisverwerfung, und daher kann das Kriterium nicht als Grenzwert für die Fahrsicherheit angesehen werden.

Fall 1 tritt unabhängig von Fahrzeugen auf. Auch hier wird das Gleis unter dem Radsatz stabilisiert und der Fahrweg gleicht Schienenbeanspruchung und Gleisquerverschiebung am leichtesten in der Abhebewelle während der Zugüberfahrt aus.

Es liegt nahe, das Prud'homme-Kriterium nicht mehr für die Bewertung der Fahrsicherheit in engen Bögen zu verwenden.

Dies ist mit zusätzlichen Messungen des Gleisverhaltens beziehungsweise Simulationen zu untermauern.

6. Schlussbetrachtung

Das Prud'homme-Kriterium, $\Sigma Y < 1 * (10 + P/3)$, gilt auch heute noch im ursprünglich beschriebenen Sinne zur Vermeidung von inkrementellen, wartungsrelevanten Gleisquerverschiebungen im (schwachen) Referenzgleis.

Es ist deutlich zu konservativ für Gleise, die wesentlich höheren Belastungen als das Referenzgleis standhalten können, einschließlich solcher mit Betonschwellen oder in konsolidiertem Zustand.

Aufgrund der zitierten Arbeiten und darauf aufgesetzten Überlegungen ist bei stabiler Fahrt die Anwendung des Prud'homme-Kriteriums als sicherheitsrelevante Grenze deutlich zu konservativ. In diesem Fall wird in der Literatur eine Einhaltung des Quotienten aus Radsatzquerkraften und Radsatzlast ($L/V = 0,6$) vorgeschlagen. Dennoch kann das modifizierte Prud'homme-Kriterium, der quadratische Mittelwert der Summe von $Y (\Sigma Y_{rms})$ bei der Prüfung der Fahrinstabilität bei hohen Geschwindigkeiten verwendet werden.

Danksagung: Diese Arbeit ist Teil des Projekts „Untersuchung des Prud'homme-Kriteriums, insbesondere in sehr engen Bögen“, das von der ÖBB-Infrastruktur AG unterstützt wird. ●

DOI 10.61067/250933

Literatur

- [1] Prud'homme, A.: Der Widerstand des Gleises gegen die von den Fahrzeugen ausgehende seitliche Beanspruchung. Monatsschrift der Internat. Eisenbahn-Kongress-Vereinigung. August/September 1967;8/9:577-595.
- [2] Schmid, R.; Micić Batka, V.; Pospischil, F.: Prud'homme criterion: a review of its application in railway vehicle approval. International Journal of Rail Transportation. 2025; DOI: 10.1080/23248378.2025.2496360.
- [3] Meier, H.: Ein vereinfachtes Verfahren zur theoretischen Untersuchung der Gleisverwerfung. Organ für Fortschritte im Eisenbahnwesen. 1937:369-381.
- [4] Schramm, G.: Oberbautechnik, Oberbauwirtschaft. Darmstadt: Otto Elsner Verlagsgesellschaft; 1960.
- [5] Prud'homme, A.; Janin, M.: Die Stabilität des mit durchgehend geschweißten Schienen verlegten Gleises, Teil 1. Monatsschrift der Internat. Eisenbahn-Kongress-Vereinigung. 1969:398-427.
- [6] Prud'homme, A.; Janin, M.: Die Stabilität des mit durchgehend geschweißten Schienen verlegten Gleises, Teil 2. Monatsschrift der Internat. Eisenbahn-Kongress-Vereinigung. 1969:460-480.
- [7] Amans; Sauvage: Die Stabilität des Gleises gegenüber den von den Fahrzeugen ausgeübten Querkraften. Monatsschrift der internat. Eisenbahn-Kongress-Vereinigung. 1969: 607-640.
- [8] Fastenrath, F.: Die Eisenbahnschiene. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn; 1977.
- [9] Eisenmann, J.: Lagestabilität des Gleises bei hohen Geschwindigkeiten. Eisenbahningenieur. 1974;25:169-174.
- [10] Pospischil, F.: Längsverweisstes Gleis im engen Bogen. Innsbruck. Universität Innsbruck; 2015.
- [11] Eisenmann, J.; Mattner, L.: Gleisverwerfung, Großversuche im Gleis und theoretische Analyse. Munich. TU München; 1988.
- [12] Ruef, N.: Gleisverwerfungen in Westösterreich. Landeck. ÖBB-internal; 2015.
- [13] Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe: Schlussbericht der Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe über die Entgleisung im Bahnhof Sursee am Freitag, 29. August 2003. Bern. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation; 2004.
- [14] Schmid, R.; Stradtman, H.: Rad-Schiene-Kräfte bei Fahrtechnikprüfungen und im Betrieb oder zum Wesen von Grenzwerten. 4. Fachtagung Monitoring Rad-Schiene; 15. Juni 2021; Maria Gugging/Klosterneuburg: ÖVG; 2021.
- [15] Meier, H.: Aufgaben und Probleme des Eisenbahnoberbaus. Jahrbuch des Eisenbahnwesens; 1967:17-35.
- [16] Kracke, R.; Voß, G.: Gemeinsames Gutachten über die Entgleisung des Schnellzuges D47 „Konsul“ am 5.6.1970 im Bahnhof Celle. Hannover. 1971.
- [17] Ritzau, HJ.: Katastrophen der deutschen Bahnen 1945-1992 Teil 1. Pürgen. Ritzau KG - Verlag Zeit und Eisenbahn; 1992.
- [18] UIC Merkblatt 518: Fahrtechnische Prüfung und Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen – Fahrsicherheit – Fahrwegbeanspruchung und Fahrverhalten. Paris. UIC; 1995.
- [19] CEN EN 14363: Bahnanwendungen - Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen - Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche. Brüssel. CEN TC256; 2005.
- [20] ERRI C209 RP2: Test and approval of railway vehicles from the points of view of dynamic behaviour, safety, track fatigue and ride quality. (Fahrtechnische Prüfung

- für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen - Prüfung des Fahrverhaltens, Fahrwegbeanspruchung und Fahrverhalten.) Utrecht: ERRI; 1999
- [21] Nafis Ahmad, S.; Kumar Mandal, N.; Chattopadhyay, G.: A comparative study of track buckling parameters of continuous welded rail. (Vergleichende Studie von Gleisverwerfungs-Parameter Lückenlos verschweißter Gleise.) Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering. December 2009 12 26-28. Dhaka. Bangladesh. 2009.
 - [22] Kish, A.: Influence of vehicle induced loads on the lateral stability of CWR track. (Einfluss fahrzeugbedingter Lasten auf die laterale Stabilität von lückenlos verschweißten Gleisen.) Washington DC: Office of Research and Development; 1985.
 - [23] Kish, A.; Samavedam, G.; Wormley, D.: Fundamentals of track lateral shift for high-speed rail applications. (Grundlagen der Gleisquerverschiebung auf Hochgeschwindigkeitsgleisen.) Washington DC: Federal Railroad Administration; 1998.
 - [24] Kish, A.; Samavedam, G.: Track buckling prevention: theory, safety, concepts, and applications (Vermeidung von Gleisverwerfungen: Theorie, Sicherheit, Konzepte und Anwendungen). Washington DC: Office of Research and Development; 2013.
 - [25] ERRI D202 Rp12: Verbesserung der Kenntnis der Kräfte im lückenlosen Gleis (einschließlich Weichen) – Schlußbericht. Utrecht: ERRI; 1999.
 - [26] UIC IRS 70720: Laying and maintenance of tracks with continuous welded rails (CWR track) (Verlegung und Instandhaltung von lückenlosem Gleis (LV-Gleis)) - draft. Paris. UIC; 2023.
 - [27] UIC Code 518: Fahrtechnische Prüfung und Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen – Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Fahrverhalten. Paris. UIC; 2009.
 - [28] CEN EN14363:2016+A2:2022: Bahnanwendungen – Versuche und Simulationen für die Zulassung der fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen – Fahrverhalten und stationäre Versuche. Brüssel. CEN; 2022.

Summary

The Prud'homme criterion: an overview of its application in vehicle approval

The Prud'homme criterion - a limitation of the wheelset lateral force during travel - has been used as a safety-relevant approval criterion for railway vehicles for almost sixty years. The literature research shows which safety objective is achieved with it, but also that the application of this criterion has changed over time. We conclude that the Prud'homme criterion is not relevant as a safety-relevant approval criterion for rail vehicles in very tight curves.



Sehr geehrte Leserinnen und Leser!

Ich hoffe, Sie konnten einen angenehmen Sommer verbringen und auch entsprechend Erholung finden. In wenigen Monaten stehen im österreichischen Bahnsystem durch die Vollenbetriebnahme der Koralmbahn infolge der Eröffnung des Koralmtunnels bedeutende Änderungen an. Dieser Streckenabschnitt, als wichtiges Element der „Neuen Südbahn“, bietet nicht nur spürbar kürzere Reisezeiten, welche sich in fünf Jahren durch die Inbetriebnahme des Semmeringbasistunnels weiter reduzieren werden, sondern führt auch zu einer deutlichen Kapazitätssteigerung.

Diesem Ereignis widmet sich die vorliegende Ausgabe der ETR-Austria vollumfänglich. In drei Fachartikeln werden die Bedeutung der Koralmbahn für das Gesamtnetz in Österreich und darüber hinaus auf die internationalen Achsen beleuchtet, die damit verbundene Umstrukturierung des Fahrplangefüges in weiten Teilen Österreichs dargestellt und rückblickend der Bau des Koralmtunnels betrachtet und daraus gewonnene Erkenntnisse für die Zukunft abgeleitet.

Im ersten Fachartikel, erstellt durch Kollegen der ÖBB-Infrastruktur AG, wird näher auf die strategische Netzentwicklung in Österreich mit Fokus auf die Südachse eingegangen. Hierbei steht nicht nur eine Einordnung der Südachse in die langfristige strategische Netzentwicklung im Mittelpunkt, sondern es wird darüber hinaus auch ein interessanter Blick in die fernere Zukunft gemacht.

Im zweiten Fachartikel, erstellt durch Kollegen der SCHIG, wird v.a. das sich großräumig verändernde Fahrplangefüge durch die Vollenbetriebnahme der Koralmbahn und die Weiterentwicklung des Taktfahrplans in Österreich näher betrachtet. Darüber hinaus wird auch ein Rückblick auf

die Entwicklungs- und Umsetzungsschritte der entsprechenden Fahrplankonzepte gemacht.

Der dritte Fachartikel, erstellt durch die Projektleitung der ÖBB Infrastruktur AG, wirft einen Rückblick auf die dreißigjährige Projektgeschichte der Koralmbahn mit allen Herausforderungen. Es werden darüber hinaus auch die konkreten Erfahrungen aus diesem Projekt mit einem Lerneffekt für künftige Großbauvorhaben beschrieben.

Ergänzt werden die Fachartikel durch einen Kurzbericht der WestBahn, welche ab März 2026 ebenfalls Personenverkehrsleistungen auf der Südachse anbieten wird. Hierbei wird neben dem geplanten Angebot auch auf die speziell für diese Strecke angeschafften Fahrzeuge eingegangen. Da ein Teil der Südstrecke noch über die Semmering-Bergstrecke führt, deren Tunnelprofile bekanntlich den Einsatz von Doppelstockzügen verhindern, war es erforderlich, kurzfristig einstöckige Züge zu beschaffen, die obendrein die Streckenparameter der neuen Koralmbahn, wie die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h, sehr gut nutzen können.

Diese Berichte sollen in gebündelter Form schon einen Vorgeschmack auf die Inbetriebnahme der Strecke durch den Personenverkehr zum Fahrplanwechsel im Dezember 2025 geben. Ich hoffe, diese „Spezialausgabe“ findet bei Ihnen Gefallen und Sie entdecken für sich die ein oder andere Neuigkeit.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre,

Ihr

**Ass.Prof. DI Dr. techn. Bernhard Rüger,
EURAIL-ING**

Technische Universität Wien, Institut für Verkehrswissenschaften, Forschungsbereich Spurgebundene Verkehrssysteme, Herausgeber ETR Austria

WESTbahn: Ab März 2026 auf der Südstrecke

Ab 1. März 2026 schreibt die WESTbahn ein neues Kapitel in der Unternehmensgeschichte und zugleich in der österreichischen Verkehrsgeschichte: Die WESTbahn setzt ihre Expansionsoffensive fort und fährt erstmals neben der Weststrecke auch auf der Südstrecke von Wien über Graz und Klagenfurt bis Villach. „Wir wollen den Qualitätsdefiziten im Bahnverkehr auf der Südstrecke ein Ende setzen und zeigen, dass zuverlässiges, komfortables und hochqualitatives Bahnfahren möglich ist“, freut sich WESTbahn-Geschäftsführer Thomas Posch. Mit dieser Expansion setzt sich die WESTbahn zum Ziel, ein neues und attraktives Mehrangebot auf der Südstrecke zu schaffen. „Unser WESTbahn-Leitbild basiert auf den Werten Exzellenz, Herzlichkeit und Ambition – dieses Erfolgsmodell hat sich auf der Weststrecke bewährt. Es baut auf einen Mix aus hochmodernen Fahrzeugen, 100% Kundenfokus und vor allem Herzlichkeit unserer Mitarbeitenden. Wir freuen uns, den Bahnreisenden in Österreich, aber insbesondere den Menschen im Einzugsgebiet der Südstrecke, künftig ein neues, erstklassiges Angebot zu bieten. Wir wollen das Erfolgsprojekt WESTbahn auch auf der

Südstrecke etablieren“, betont WESTbahn-Geschäftsführer Marco Ramsbacher.

Von Wien bis Villach binnen 3,5 Stunden

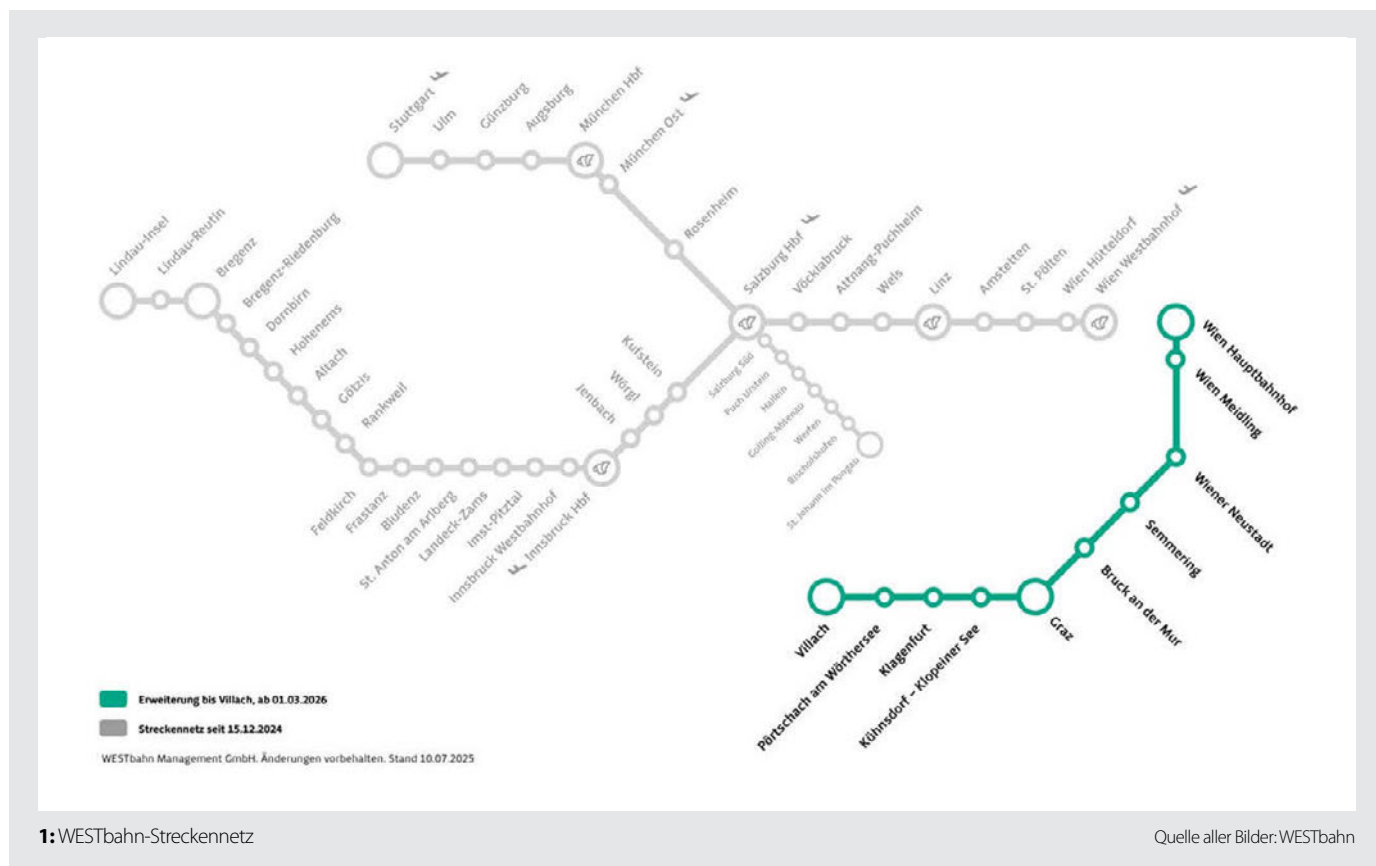
Künftig wird die WESTbahn ab März 2026 fünfmal täglich von Wien Hauptbahnhof über die neue Koralmbahn bis nach Villach und retour fahren. WESTbahn-Züge werden dabei in Wien Meidling, Wiener Neustadt, Semmering, Bruck an der Mur, Graz Hbf, Kühnsdorf-Klopeiner See, Klagenfurt Hbf und Pörschach am Wörthersee halten. Die Fahrzeit von Wien (Meidling) bis Villach wird 3 Stunden 32 Minuten betragen. Dies bedeutet fünfmal täglich attraktive Verbindungen in beide Richtungen für Reisende auf der Südstrecke. Ziel der WESTbahn ist es, langfristig ein attraktives Angebot im Stundentakt zu etablieren.

Gleichzeitig wird mit der Koralmbahn eine raschere Verbindung zwischen der Steiermark und Kärnten geschaffen. Als Teil der neuen Südstrecke in Österreich ist sie eines der bedeutendsten Infrastrukturprojekte Europas, durch die völlig neue Wirtschaftsräume und Potenziale entstehen. Herzstück der insgesamt 130 km langen

Koralmbahn ist der 33 km lange Koralm-tunnel. Mit der Inbetriebnahme wird ein neues Kapitel für den österreichischen Schienenverkehr eingeleitet. So wird die Fahrzeit zwischen Graz und Klagenfurt von derzeit knapp drei Stunden mit der neuen WESTbahn-Verbindung auf 43 Minuten verkürzt und die Erreichbarkeit deutlich verbessert. Über die Koralmbahn wird die WESTbahn Graz und den ersten Halt in Kärnten (Kühnsdorf-Klopeiner See) binnen 33 Minuten verbinden.

WESTbahn-Komfort bei 250 km/h in Österreich mit dem Stadler SMILE

Anfang des Jahres 2024 hat die WESTbahn nach Berichten und Beobachtungen über Kapazitätsprobleme im Bahnverkehr auf der Südstrecke erstmals medienöffentlich Überlegungen angestellt, Richtung Süden zu fahren. Bis zur Fertigstellung des Semmeringbasistunnels können die blauweißen KISS 3-Doppelstockzüge der WESTbahn noch nicht auf der Südstrecke eingesetzt werden. Dafür geht die WESTbahn neue Wege und wird die neue Linie zunächst mit dem Hochgeschwindigkeitszug SMILE





2: Stadler SMILE für die WESTbahn



3: Fahrzeug innen

des Schweizer Herstellers Stadler befahren (SMILE = Schneller Mehrsystemfähiger Innovativer Leichter Expresszug – auch als EC250 bekannt). „Die WESTbahn ist Qualitätsführer und Pionier auf der Schiene. Daher liegt es in unserer DNA, auf innovative Ideen und Lösungen zu setzen. Der SMILE wird der bisher schnellste Hochgeschwindigkeitszug in Österreich sein. Bahnreisende werden somit bei einer Geschwindigkeit von 250 km/h auf der Koralmbahn zu entspanntem WESTbahn-Komfort unterwegs sein“, so Marco Ramsbacher. Im Zuge der Überlegungen über einen raschen Markteintritt auf der Südstrecke wurde noch im Jänner 2024 mit Planungen begonnen, um mit der ursprünglich erst später angesetzten Expansion deutlich früher zu starten. „Von der Idee bis zur Verkehrsaufnahme mit neuen Fahrzeugen dauert es üblicherweise mindestens vier Jahre. Die WESTbahn macht jedoch aus, dass wir zeigen: Es geht auch rascher, mit dem richtigen Ansatz und dem richtigen Produkt. Mit dem

SMILE wollen wir als WESTbahn auf der Südstrecke neue Maßstäbe setzen“, ergänzt Marco Ramsbacher.

Für den Betriebsstart ab März 2026 wurden zunächst drei Hochgeschwindigkeitszüge im Gesamtwert von rund 120 Mio. Euro angeschafft. Ein Fahrzeug besteht aus 11 Wagen mit einer Gesamtlänge von 202 m und insgesamt 422 komfortablen, verstellbaren Ledersitzen in allen Komfortklassen sowie WLAN und Steckdosen an jedem Sitzplatz. Zudem setzt die WESTbahn auf Barrierefreiheit durch zwei ebene Einstiege, von denen aus Reisende ohne Treppen den gesamten Zug erreichen können, sowie einen autonomen Zustieg für Rollstuhlfahrer. Reisende mit Fahrrädern profitieren davon, dass Fahrräder nicht aufgehängt werden müssen und die Mitnahme somit unkompliziert ist.

Die Züge verfügen über druckdichte und klimatisierte Fahrgasträume und Führerstände sowie ein transparentes und offenes Innendesign.

Die Züge verfügen über eine TSI-Zulassung sowie über Netzzulassungen für Österreich, Deutschland, Italien und die Schweiz. Sie verkehren sowohl auf konventionellen Strecken als auch mit bis zu 250 km/h auf Hochgeschwindigkeitsstrecken. Seit Dezember 2019 ist der Stadler SMILE fahrplanmäßig von Zürich und Basel aus nach Frankfurt, Mailand, Venedig, Bologna und Genua unterwegs, mitunter im Gotthard-Basistunnel unter den Schweizer Alpen, mit 57 km der längste Eisenbahntunnel der Welt. Mit der Höchstgeschwindigkeit und einer maximalen Beschleunigung von $0,77 \text{ m/s}^2$ wird die WESTbahn mit dem SMILE neue Maßstäbe auf der Südstrecke setzen.

WESTbahn-Qualität Richtung Süden auf Schiene bringen

Bei der Expansion will die WESTbahn vor allem auf ihre bewährten hohen Standards setzen. „Rund 3,5 Millionen Menschen leben im Einzugsgebiet der Südstrecke, die allen voran von dieser Expansion profitieren werden. Wir wollen alle Reisenden auf dieser Strecke von unserem Ansatz überzeugen und Bahnfahren auf der Südstrecke auf ein neues Qualitätslevel heben“, betont Thomas Posch. Nicht nur Fernverkehrsreisende, sondern vor allem auch Pendlerinnen und Pendler profitieren vom attraktiven Angebot der WESTbahn. Für sie eröffnen sich nach der Fertigstellung des Koralmtunnels neue Möglichkeiten für Reisen in Tagespendeldistanz im neuen Wirtschaftsraum Graz-Klagenfurt. Punkten will die WESTbahn vor allem mit hochmodernen Fahrzeugen sowie Lederbestuhlung in allen Komfortklassen sowie weiteren WESTbahn-Features. Reisende werden künftig auf der Südstrecke auch die kostenlose Sitzplatzreservierung mit dem WESTfixplatz und den Relax Checkin vorfinden.

Ziel der WESTbahn ist es, ihr auf der Weststrecke bewährtes Konzept aus verlässlichem und hochkomfortablem Bahnfahren auch auf der Südstrecke auf die Schiene zu bringen. „Wettbewerb belebt den Markt. Das sehen wir auch auf der Weststrecke, wo die WESTbahn heute nicht mehr wegzudenken ist. Mit großer Freude sehen wir, dass der Wettbewerb der besten Ideen und Konzepte letztendlich den Reisenden zugutekommt. Wir sind überzeugt, dass durch unseren Start schon bald das Qualitätsniveau aller Anbieter auf der Südstrecke insgesamt verbessert wird“, so Marco Ramsbacher.

(uh) •

Die Strategische Netzentwicklung in Österreich – mit Fokus auf die Südachse

Mit der Inbetriebnahme bedeutender Infrastrukturvorhaben entlang der Südachse bis 2030 wird eine lang vorbereitete Etappe in der Entwicklung des österreichischen Bahnnetzes Realität. Der Anlass der Inbetriebnahme der Koralmbahn bietet Gelegenheit, die Südachse in die strategische Perspektive einer langfristigen Netzentwicklung einzuordnen und den Blick noch weiter in die Zukunft zu richten.



1. Prinzipien und bedeutende Rahmenbedingungen

Die langfristige Entwicklung des Eisenbahnnetzes ist keine eindeutig definierte und linear abzuhandelnde Planungsaufgabe. In iterativen Schritten sind mehrere fachliche Betrachtungsebenen, rechtliche Zuständigkeiten und Zeithorizonte aufeinander abzustimmen. Während die umsetzungsorientierte Planung und Genehmigung von Eisenbahninfrastrukturvorhaben beginnend mit dem ÖBB-Rahmenplan als Finanzierungsinstrument [4] weitgehend verrechtlichte und mehrfach erprobte Prozesse umfasst, ist die zugrunde liegende strategische Entwicklung wesentlich komplexer und nicht immer intuitiv erfassbar.

Der konsequente und zielgerichtete Ausbau des österreichischen Eisenbahnnetzes der letzten Jahrzehnte, die weitgehend abgeschlossene Konsolidierung des Netzes unter funktionalen Gesichtspunkten und nicht zuletzt der dadurch erzielte Zuwachs der Nachfrage [11] zeigen jedoch

deutlich, dass hinter einzelnen Vorhaben ein klares funktionales Zielbild und eine wirksame Prioritätensetzung stehen.

Die langfristige strategische Netzentwicklung des Eisenbahnnetzes des Bundes erfolgt in einer bewährten und international beachteten Partnerschaft zwischen ÖBB-Infrastruktur AG und dem zuständigen Verkehrsministerium (aktuell: BMIMI) unter Einbindung relevanter Stakeholder.

1.1. Das Bahnnetz in Österreich

Die Eisenbahn hat gegenüber anderen Verkehrsträgern in vielen Bereichen Vorteile bzw. Systemstärken. Es besteht nationaler Konsens, dass die Bahn auch in Zukunft eine tragende Rolle zur Erfüllung der Mobilitätsanforderungen der Menschen spielen wird [3].

Die Weiterentwicklung des Bahnnetzes in Österreich ist stark von den demografischen und topografischen Gegebenheiten beeinflusst. Die im europäischen Vergleich kleinräumige Strukturierung sowie die massiven Gebirgszonen der Alpen spielen hierbei eine große Rolle.



Dipl.-Ing. Viktor Plank
ÖBB-Infrastruktur AG, Leiter
Strategische Planung
viktor.plank@oebb.at



Dipl.-Ing. Bernhard Poimer
ÖBB-Infrastruktur AG, Leiter
Angebotskonzeption und Ver-
kehrsmodellierung
bernhard.poimer@oebb.at



Dipl.-Ing. Felix Sternath
ÖBB-Infrastruktur AG, Leiter
Netzentwicklung
felix.sternath@oebb.at



1: Neubaustrecke der ÖBB-Infrastruktur AG

Quelle: ÖBB/Eisenberger

Darüber hinaus verfügt Österreich bereits über ein leistungsfähiges Bestandsnetz, welches es sukzessive weiterzuentwickeln gilt und auf dessen Stärken und Schwächen im Zuge der strategischen Netzentwicklung gezielt einzugehen ist.

Das österreichische Bahnnetz kann seine volle Wirkung nicht ohne die Netze der Nachbarländer entfalten und losgelöst von deren längerfristigen Entwicklungen betrachtet werden. Durch die geografische Lage Österreichs in Europa und die politischen Entwicklungen der vergangenen Jahrzehnte – v.a. die europäische Integration – wird auch im Hinblick auf die grenzüberschreitenden bzw. Transit-Verkehre auf

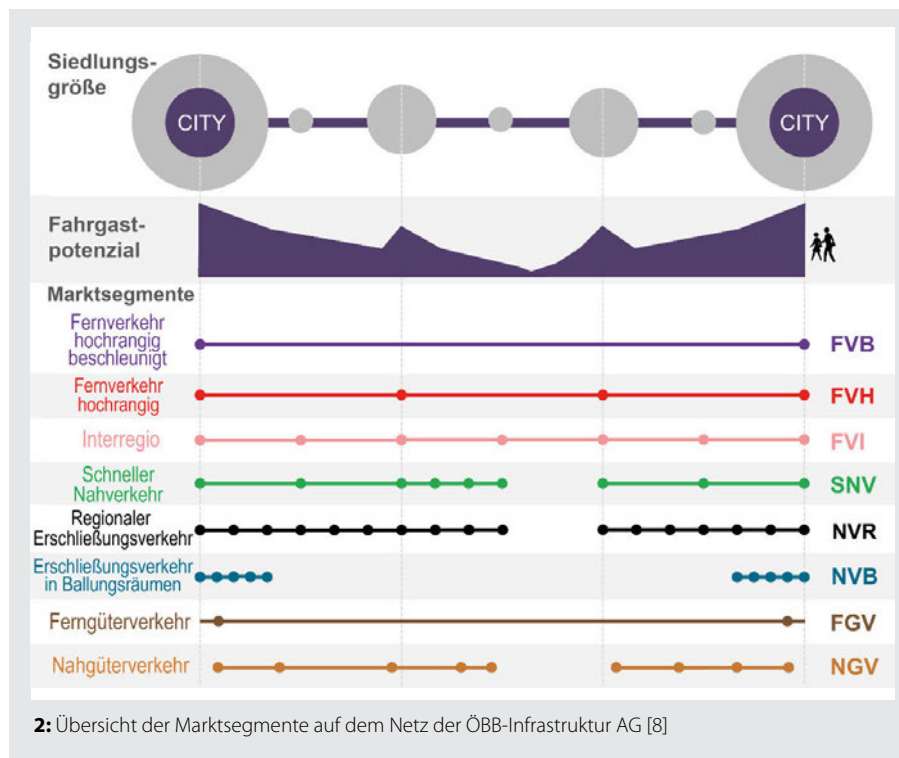
dieses Thema ein Schwerpunkt gelegt. Die Einbettung Österreichs in ein integriertes und leistungsfähiges europäisches Gesamtnetz wird auch dadurch widerspiegelt, dass nach der jüngsten Revision der Richtlinie zu den Transeuropäischen Netzen vier von elf Europäischen Verkehrskorridoren des Kernnetzes durch Österreich führen [12].

Mit den zunehmenden Bestrebungen für einen nachhaltigen Wandel der Verkehrspolitik erfährt auch die Eisenbahn zusätzlichen Rückenwind. Die Auswirkungen des Klimawandels sind für die exponierten Anlagen der Bahn in Österreich jedoch gleichzeitig eine große Herausforderung und müssen verstärkt schon zu Beginn langfristiger Entwicklungspläne mit betrachtet werden [6]. Zur Verwirklichung eines resilienten Bahnnetzes bedarf es sowohl in der Ausgestaltung der Anlagen als auch in der grundsätzlichen Konzeption des Netzes zusätzlicher Schwerpunktsetzungen. Dies bezieht sich nicht nur auf klimabedingte Ereignisse, sondern auch auf die das Netz beeinflussende Rahmenbedingungen im europäischen Kontext, welche auf den Bahnverkehr in Österreich wirken (z.B. Generalisierung in Deutschland, Ukraine-Krieg etc.).

1.2. Angebotsorientierte Planung

Seit Beginn der modernen Netzentwicklung – auch fortführend mit dem Zielnetz 2040 [5] – wird in Österreich das Konzept des Mischverkehrs verfolgt. Dieses Konzept sieht die Abwicklung sowohl von Personen- und Güterverkehr als auch von unterschiedlichen Marktsegmenten (z.B. Fernverkehr und Nahverkehr) parallel auf einer Infrastruktur vor. Neben der damit möglichen Steigerung der Netzresilienz und höheren Flexibilität in der Nutzung stellen auch die demografischen und topografischen Voraussetzungen Österreichs ein Motiv dafür da. Bereits seit den 1980er-Jahren wird für die prioritären Achsen das Prinzip von Hochleistungsstrecken verfolgt. Im Einklang mit der damit verbundenen rechtlichen Einordnung [2] können sowohl die Anforderungen an den Hochgeschwindigkeitsverkehr (bis zu 250 km/h) als auch an den Personennah- und Güterverkehr erfüllt werden. Die dafür notwendigen Anforderungen an die Ausbauparameter der Eisenbahninfrastruktur sind entsprechend schon in frühen strategischen Entwicklungsüberlegungen zu berücksichtigen.

Damit ein solcher Ansatz in der Netzplanung effizient umgesetzt werden



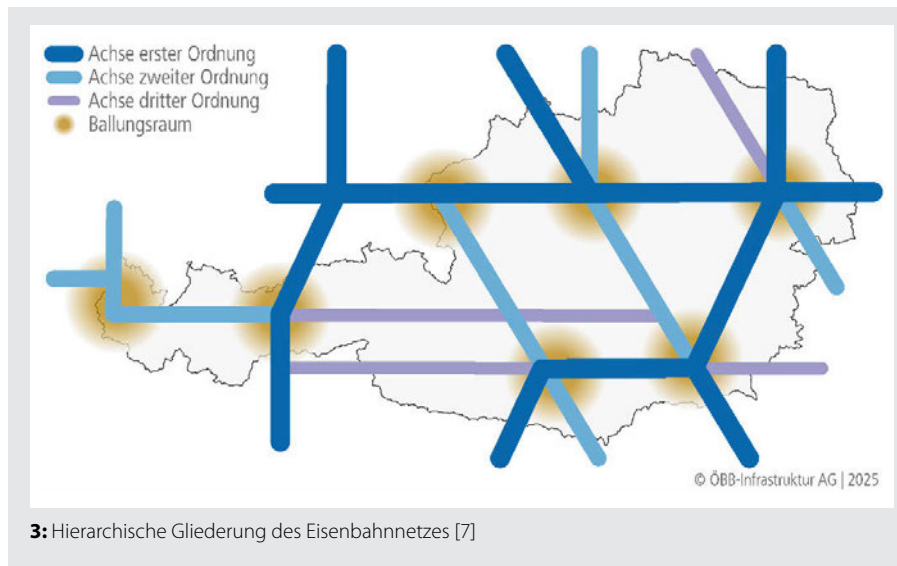
kann, hat sich im Sinne einer angebotsorientierten Planung die Anwendung von sogenannten Marktsegmenten bewährt. Für in Summe acht verschiedene solcher Marktsegmente werden spezifische Charakteristika wie z.B. verkehrliche Hauptaufgabe, Reisegeschwindigkeit und Intervall definiert (siehe Abbildung 2). Neben der technischen Ausgestaltung der Infrastrukturanlagen können damit auf Basis von sogenannten Systemtrassen langfristige Angebotskonzepte, primär als Planungsgrundlage für die Netzentwicklung, entworfen werden. Neben verkehrlichen Zielsetzungen (z.B. Weiterentwicklung des Integralen Taktfahrplans, Trassen für lange Güterzüge) können in diesem Konzept bereits in frühen Entwicklungsstufen Reserven bzw. Fenster z.B. für planmäßige Instandhaltungsarbeiten berücksichtigt werden.

Die Eisenbahn ist ein hoch effizientes und leistungsfähiges Verkehrsmittel. Dem gegenüber stehen jedoch sehr hohe Kosten in Errichtung und Betrieb des Systems. Es ist daher essenziell, dass die Eisenbahn dort zum Einsatz kommt, wo ihre systembedingten Eigenschaften, Stärken und Vorteile mit den aus dem Markt resultierenden Anforderungen übereinstimmen. Bereits im Zielnetz 2025+ [9] – und fortgeschrieben im Entwurf zum Zielnetz 2040 [5] – wurden deshalb Kriterien für die sogenannte Systemadäquanz definiert.

1.3. Netzentwicklung im Dialog

Die wesentlichen Schritte der Netzentwicklung erfolgen in enger Abstimmung zwischen ÖBB-Infrastruktur AG und dem zuständigen Verkehrsministerium bzw. dessen Tochterunternehmen SCHIG mbH. Für das Gelingen eines integrierten Verkehrssystems ist es zielführend, schon in frühen Entwicklungsphasen Stakeholder und Partner (z.B. Bundesländer, Gemeinden) einzubeziehen, welche sich z.B. für die Bestellung von Verkehrsleistungen sowie innerstädtische oder regionale alternative Verkehre (z.B. Bus, Mikro-ÖV) verantwortlich zeichnen oder auch bei Kofinanzierungen eine Rolle spielen. Die dafür entwickelten Gremien und Formate haben sich in den letzten Jahren bewährt.

Das Eisenbahnnetz der ÖBB-Infrastruktur AG unterliegt dem liberalisierten und diskriminierungsfreien Marktzugang im Einklang mit den europäischen Bestimmungen [10]. Mit dem oben beschriebenen Konzept der Marktsegmente kann diesem Umstand auch in der strategischen Netzentwicklung Rechnung getragen werden. In Kombination mit der Logik der Systemtrassen kann somit schon in sehr frühen Planungsphasen mit den Stakeholdern über Angebote (zukünftige „Fahrpläne“) gesprochen werden. Mit modernen Instrumenten der Verkehrsmodellierung werden Bedarfe und Wirkungen in Korrelation mit Fahrplankonzepten der Eisenbahn ermittelt. Damit wird sicher-



gestellt, dass der Diskurs vermehrt auf Ziele und Nutzen anstatt auf Einzelprojekte und -maßnahmen gerichtet wird.

1.4. Entwicklungshorizonte und Instrumente

Um die Komplexität der langfristigen strategischen Netzentwicklung zu fassen und abzubilden, hat sich folgende Hierarchie von Betrachtungshorizonten und entsprechenden Instrumenten bewährt:

- Formulierung einer langfristigen Vision bzw. Entwicklungsperspektive für das österreichische Eisenbahnnetz mit einem groben Zielbild hinsichtlich maßgeblicher Leistungsparameter
- Netzentwicklung in Etappen mit einem kohärenten Zielbild für einen Umsetzungshorizont von 15 bis 20 Jahren, aktuell Zielnetz 2025+ [9] am Übergang zum Zielnetz 2040 [5]
- ÖBB-Rahmenplan [4] als Ausdruck der Priorisierung und Grundlage einer konkreten Umsetzung mit vorgelagerten strecken- bzw. standortbezogenen Infrastrukturentwicklungsprojekten

2. Vision und Netzgliederung für Österreich

Im Zuge der Entwicklung des Zielnetz 2040 [5] wurde eine langfristige Vision für das österreichische Eisenbahnnetz verschriftlicht und als abstrakte – über den Etappenhorizont eines Zielnetzes hinausgehende – Entwicklungsperspektive etabliert. Diese Vision versteht sich als grobes Zielbild hinsichtlich maßgebender Leistungsparameter und verzichtet bewusst auf zeitlich oder räumlich exakt festgelegte Umsetzungsvorgaben.

Im Fokus steht die Vision eines langfristig anzustrebenden Ausbauzustands bedeutender Eisenbahnachsen und der Netze in Ballungsräumen im Sinne einer Richtschnur bzw. eines generalisierten Orientierungsrahmens. Für eine Strukturierung und bessere Interpretierbarkeit einer solchen Vision orientiert sich diese an einer hierarchischen Gliederung und Differenzierung des österreichischen Eisenbahnnetzes in Achsentypen bzw. Ballungsräume (siehe Abbildung 3):

- Achsen erster, zweiter und dritter Ordnung
- Ballungsräume
- Achsen vierter Ordnung: restliches Eisenbahnnetz

Die Südachse ist – neben der Westachse und der Brennerachse – in ihrem gesamten Verlauf als eine von drei Achsen erster Ordnung definiert. Die Grundlage für die Auswahl und Charakterisierung der Achsen erster Ordnung bilden über die innerösterreichischen Knotenverbindungen hinausgehend die TEN-V Kernnetzkorridore (inkl. der damit verbundenen verbindlichen Ausbauziele) [12] sowie allgemein die Systematik zur Verbindung von europäischen Hauptknoten. So ist die Südachse Teil der Europäischen Verkehrskorridore „Ostsee – Adriatisches Meer“, „Westlicher Balkan – östliches Mittelmeer“ und „Rhein – Donau“.

Die als Teil der Vision langfristig durchgehend anzustrebenden Charakteristika von Achsen erster Ordnung sind¹⁾:

1) Die Grundlagen, Charakteristika und Achsen bzw. Räume der weiteren Achsentypen bzw. Ballungsräume sind im Fachentwurf Zielnetz 2040 [5] aufbereitet.

- (Prinzipielle) Herstellung einer funktionalen Viergleisigkeit der Achse
- (Prinzipielle) Integration der Achse als Teil des europäischen High-Speed-Netzes (≥ 200 km/h im Fernverkehr)
- (Prinzipielle) Herstellung eines Flachbahncharakters
- Basisangebot im Personenfernverkehr und Ferngüterverkehr: jeweils 2 Systemtrassen/h

Die Südachse als Achse erster Ordnung verbindet die Ballungsräume Metropolregion Wien, Graz und Kärntner Zentralraum und umfasst im Wesentlichen die Nordbahn, die Südbahn, die Pottendorfer Linie, die Koralmbahn und die südliche Hälfte der Rudolfsbahn. Im europäischen Kontext sind die Fortführung des Korridors Richtung Brno bzw. Praha und Bratislava im Norden sowie Maribor und Udine im Süden zu sehen.

3. Netzentwicklung in Etappen: Das Zielnetz 2040

Die Entwicklung des Eisenbahnnetzes ist historisch stets in Etappen mit mehr oder weniger deutlich artikulierten übergeordneten funktionalen, technischen und zeitlichen Zielsetzungen erfolgt. Das hatte und hat zur Folge, dass wesentliche Netzerweiterungen und Ausbaumaßnahmen überwiegend als schrittweise Beiträge zu einem im Lichte der jeweiligen politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen kohärenten angestrebten Zielbild funktionieren.

Rückblickend auf die letzten hundert Jahre haben sich die ersten Maßnahmen primär auf die Konsolidierung der nationalen Eisenbahnnetze, die Aufarbeitung der Kriegsschäden und schließlich Elektrifizierungsprogramme bezogen.

Ab Mitte der 1980er-Jahre lässt sich die Entwicklung des österreichischen Eisenbahnnetzes anhand der Konzepte „Die Neue Bahn“ [1], „Zielnetz 2025+“ [9] und nunmehr „Zielnetz 2040“ [5] nachzeichnen. Dass sich diese Etappenziele rückblickend zum Teil überlagern bzw. bedeutende Vorhaben aufgrund langer Planungs- und Umsetzungszeiträume in mehreren dieser Etappenziele vorkommen, ist dabei kein Widerspruch.

Das Zielnetz 2040, das seit März 2024 als Entwurf vorliegt, soll als übergeordnetes Strategiedokument für die Entwicklung des österreichischen Eisenbahnnetzes in einem Zeithorizont von 15 bis 20 Jahren das Zielnetz 2025+, das u.a. mit der Inbe-

triebnahme bedeutender Infrastrukturvorhaben entlang der Südachse bis 2030 als im Wesentlichen umgesetzt betrachtet werden kann, ablösen.

Bei der Entwicklung des Zielnetz 2040 wurde dem Anspruch, ein kohärentes Zielbild zu formulieren, hinsichtlich Prozess, Struktur und Inhalt besondere Bedeutung beigemessen. Folgende ausgewählte Aspekte untermauern den Anspruch, mit dem Zielnetz 2040 eine verkehrlich wirksame und fachlich schlüssige nächste Etappe in der Entwicklung des österreichischen Eisenbahnnetzes zu definieren:

- Das Zielnetz 2040 ist angebotszentriert formuliert. Es legt dafür marktgängige und netzweit abgestimmte Angebotsziele fest, die in Form von 25 Modulen jeweils für eine Strecke oder einen Teilbereich des Netzes heruntergebrochen sind. Die daraus abgeleiteten Vorhaben sind als exemplarischer Nachweis zu verstehen, unter welchen technischen Bedingungen und mit welchem Investitionsbedarf diese Angebotsziele infrastrukturseitig erreicht werden können.
- Der Entwicklungsprozess wurde im Wesentlichen von BMIMI (BMK), ÖBB-Infrastruktur AG und SCHIG mbH getragen. Stakeholder, die maßgeblichen Einfluss auf die Verkehrsnachfrage und Angebotsgestaltung im Zeithorizont 2040 nehmen (z.B. Bundesländer, Verkehrsverbünde, EVU, Verladere), wurden in diesen Entwicklungsprozess eingebunden.

- Das Zielbild des Zielnetz 2040 führt wesentliche Konzepte des Zielnetz 2025+ wie z.B. den österreichweiten Integralen Taktfahrplan fort, wird verbindlich formulierten europäischen und grenzüberschreitenden Ausbauzielen gerecht und setzt auf Grundlage von Analysen und Prognosen Schwerpunkte bei der Weiterentwicklung des Systems Bahn als Rückgrat des öffentlichen Verkehrs in Ballungsräumen und in den Regionen. Zusätzlich wird auf die notwendige Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Güterverkehrs fokussiert.
- Das Zielnetz 2040 legt die Vision für die langfristige Entwicklung des österreichischen Eisenbahnnetzes offen (vgl. Kapitel 2) und weist die Umsetzung der Module des Zielnetz 2040 klar als nächste Etappe innerhalb dieser Vision aus.

Das Zielnetz 2040 setzt auf einem Referenzfall auf, der die Umsetzung aller im Bau befindlichen bzw. im ÖBB-Rahmenplan finanzierten Vorhaben abbildet. Auf der Südachse umfasst dieser Referenzfall u.a. Koralmbahn, Semmering-Basistunnel und den 4-gleisigen Ausbau Meidling – Mödling sowie den Ausbau der Verbindungen Richtung Tschechien und Slowakei.

Folgende Module im Zielnetz 2040 dienen der Weiterentwicklung der Südachse südlich des Knotens Wien:

- Modul ZSB „Zulauf Semmering-Basistunnel“: Im Fokus dieses Moduls steht die

Kapazitätssicherung im Güterverkehr im Zulauf zum Semmering-Basistunnel im Kontext zur Angebotsausweitung im Personenverkehr. Als wesentliche Maßnahmen sind dafür ein abschnittsweiser mehrgleisiger Ausbau zwischen Wiener Neustadt und Gloggnitz sowie die Errichtung eines Überhol- und Dispositionsbahnhofs im Mürztal vorgesehen.

- Modul BMG „Bruck a.d. Mur – Graz“: Das Ziel dieses Moduls liegt vorrangig in der Angebotsausweitung und Fahrzeitverkürzung im Fernverkehr, der Angebotsausweitung im Nahverkehr nördlich von Graz sowie der allgemeinen Kapazitätssteigerung im Personen- und Güterverkehr. Als wesentliche Maßnahmen sind dazu ein viergleisiger Ausbau der Südstrecke im Raum Frohnleiten – Graz und die Optimierung der Nordeinfahrt Graz (inkl. Nahverkehrsknoten Graz Gösting) hinterlegt.
- Modul GSF „Graz – Spielfeld“: Mit diesem Modul werden eine Fahrzeitverkürzung im Fernverkehr Richtung Slowenien, eine Angebotsausweitung im Nahverkehr südlich von Graz bis Spielfeld-Straß sowie eine allgemeine Kapazitätssteigerung im Personen- und Güterverkehr erreicht. Eine wesentliche Maßnahme ist ein zweigleisiger Ausbau zwischen Graz und Slowenien mit einem Umbau des Bahnhofs Spielfeld-Straß (inkl. Güterverkehrsanlagen).
- Modul KTN „Regionalverkehr Kärnten“: Dieses Modul zielt auf eine Angebotsaus-

Projektgeschäft



Enabling Future Mobility

// Innovationskraft, Know-how und Erfahrung

Unser Projektgeschäft bietet das umfassende Leistungsspektrum eines Totalunternehmers – vom Planungs- und Projektmanagement über den gewerblichen und maschinellen Gleisbau, die Planung, Errichtung und Instandhaltung hochleistungsfähiger Bahntrassen, besonders im Bereich Feste Fahrbahn, bis hin zur Baustellenlogistik, der elektrotechnischen Ausrüstung sowie dem schienengebundenen Einbau von Lärmschutzelementen.

**RHOMBERG
SERSA** RAIL GROUP

www.rhomberg-sersa.com



4: Koralmbahn, Bahnhof Weststeiermark

Quelle: ÖBB / Eisenberger

weitung im Kärntner Regionalverkehr, die optimierte Verknüpfung mit dem Fernverkehr sowie eine Kapazitätssicherung im Güterverkehr ab. Als wesentliche Maßnahmen umfasst das Modul einen abschnittsweisen zweigleisigen Ausbau zwischen Villach und Ledenitzen, die Adaptierung von Bahnhöfen zwischen Villach und Klagenfurt sowie die Errichtung von Überhol- und Dispositionsbahnhöfen.

Zusätzlich zu den beschriebenen Modulen wird die Südachse von umfangreichen Maßnahmen des Zielnetz 2040 rund um den Knoten Wien sowie je einem Modul an der Äußeren Aspangbahn sowie der Steirischen Westbahn profitieren.

Die angebotsorientierte Konzeption des Zielnetz 2040 weist parallel zu den einzelnen Modulen auch die damit verbundenen Angebotsmengen in Form von Systemtrassen (nachfolgend jeweils pro Stunde und Richtung) aus. Für die Südachse ergeben sich aus dem Zielnetz 2040 folgende (Mindest-)Angebote:

- Im hochrangigen Personenfernverkehr auf der Relation Wien – Graz – Villach mindestens 3 Systemtrassen mit optimierten Anschlüssen in den großen Taktknoten Richtung Tauern, Italien und Slowenien. Dazu kommt im Abschnitt Bruck a. d. Mur – Graz noch jeweils 1 Interregio-Trasse Richtung Pyhrn und Ennstal.
- Der Güterverkehr umfasst zwischen Wien und Bruck a. d. Mur mindestens

4 Systemtrassen, die südlich von Bruck a. d. Mur um die Verkehre der Pyhrn-Schober-Achse ergänzt werden. Südlich von Graz sind über Spielfeld-Straß mindestens 2 Systemtrassen in Richtung Slowenien vorgesehen. Mindestens 2 Systemtrassen werden auf der Koralmbahn Richtung Villach vorgehalten.

- Im Personennahverkehr erfolgen z. B. Verdichtungen im Großraum Graz auf mindestens 4 Systemtrassen zwischen Frohnleiten – Leibnitz. Südlich von Graz werden diese durch Nahverkehrszüge der Koralmbahn ergänzt, zwischen Graz und Lieboch wird das Angebot auf bis zu 6 Systemtrassen in der Hauptverkehrszeit ausgeweitet. Im Kärntner Zentralraum wird das Angebot zwischen Klagenfurt – Villach durch die Überlagerung mit den Fernverkehrsverbindungen auf 6 Systemtrassen verdichtet.

4. Langfristiger Blick auf die Südachse

Die Entwicklung der Südachse als eine von drei Achsen erster Ordnung im österreichischen Eisenbahnnetz wird auch über den Horizont des Zielnetz 2040 [5] hinaus eine ihrer Bedeutung entsprechend hohe Aufmerksamkeit genießen. Mit Blick auf die langfristige Vision und aktuell absehbare Anforderungen lassen sich bereits jetzt die Schwerpunkte einer nächsten Etappe zur Entwicklung der Südachse erahnen: Die prinzipiell angestrebte Viergleisigkeit soll auch entlang der Südachse ausgehend von

den Knoten schrittweise und nachfrageorientiert weiterverfolgt werden. Schwerpunkte dabei sind absehbar jene Abschnitte, an denen eine besonders intensive Überlagerung von Personenfern- und -nahverkehr sowie Güterverkehr auftritt. Dies zeichnet sich somit auf den stark belasteten Zuläufen zum Knoten Wiener Neustadt und in der Fortsetzung der kapazitätserweiternden Maßnahmen nördlich von Graz in den Raum Bruck a. d. Mur / Mürrzusschlag ab.

Wie in vergleichbaren Ballungsräumen ist auch im Knoten Graz selbst infolge der sukzessiven Ertüchtigung und Integration der Nahverkehrsäste bei gleichzeitigem Bedeutungszuwachs der durchgehenden Achsen im Personenfern- und Güterverkehr ein zukünftiger Bedarf einer weiteren Optimierung der Verkehrsströme und besseren Verknüpfung der einzelnen Äste im Auge zu behalten. Das kann durch zusätzliche Durchbindungen und Bypässe im und um das Grazer Stadtgebiet gelingen.

Für den Kärntner Südraum gilt es, ein Zielbild mit Weitblick für eine Gemengelage sehr unterschiedlicher Herausforderungen zu konzipieren. Die mit der Attraktivierung der Südachse zunehmende Bedeutung des grenzüberschreitenden Abschnitts Richtung Italien ist in Interaktion mit der überlagernden Tauernachse, weiteren Verbesserungen im grenzüberschreitenden Abschnitt zu Slowenien sowie den (Kapazitäts-)Anforderungen im Kärntner Zentralraum gesamthaft zu betrachten.

Es ist das Wesen einer strategischen Netzentwicklung, die Schwerpunkte einer übernächsten Entwicklungsetappe mit großem zeitlichem Vorlauf zu identifizieren und den zeitlichen Horizont für eine mögliche Umsetzung laufend neu zu bewerten. Darauf aufbauend sind rechtzeitig Schritte zur Verankerung entsprechender Vorhaben zu setzen und konkretere Planungen voranschauend voranzutreiben.

5. Resümee

Mit dem Entwurf zum Zielnetz 2040 wurde neben einer Definition der nächsten Ausbaustappe des österreichischen Bahnnetzes auch ein langfristiges Zielbild definiert. Parallel werden allgemeine Ausbauparameter sowie prinzipielle Planungsgrundsätze (Mischverkehr, Systemtrassenlogik) bestätigt. Ein partnerschaftlicher Entwicklungsprozess zwischen Verkehrsministerium (aktuell: BMIMI) und ÖBB-Infrastruktur AG unter Einbeziehung wesentlicher Stakeholder hat sich bewährt.

Mit der Inbetriebnahme großer Neubauprojekte (z.B. Koralmbahn, Semmering-Basistunnel) sowie mit den im Zielnetz 2040 enthaltenen Modulen (z.B. Bruck a.d. Mur – Graz oder Regionalverkehr Kärnten) können durch die langfristig konzipierten und den Planungen hinterlegten Angebotskonzepte signifikante Wirkungsbesserungen umgesetzt werden. Diese Entwicklungsetappen ermöglichen auch eine Orientierung von kurzfristigeren Projekten oder notwendigen Reinvestitionen an dieser Vision.

Die Logik der Zielnetzentwicklung erlaubt es, Ausbauetappen im Dekadenintervall neu zu evaluieren bzw. mittelfristig über den Rahmenplanprozess zu priorisieren. Als eine von drei Achsen erster Ordnung befindet sich die Südachse mitten im Evolutionsprozess. Die Inbetriebnahme der Koralmbahn stellt einen wesentlichen Meilenstein der Südachse auf dem Weg zu einem bedeutenden Europäischen Korridor mit zunehmender Kernfunktion im österreichischen Eisenbahnnetz dar. •

Literatur

- [1] Arthur D. Little International (1986): Konzeption und Erarbeitung der Planungsvorgaben für das Hochleistungsstreckennetz Österreichs; im Auftrag der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen; Wien.
- [2] Bundesgesetz über Eisenbahn-Hochleistungsstrecken (Hochleistungsstreckengesetz – HIG), idF BGBl. I Nr. 154/2004.
- [3] Bundeskanzleramt (2025): Jetzt das Richtige tun. Für Österreich; Wien.
- [4] Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur: Ausbauplan ÖBB; https://www.bmimi.gv.at/themen/verkehrsplanung/ausbauplan/plan_oebb.html [abgerufen am 29.07.2025].
- [5] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2024): Zielnetz 2040. Das Bahnnetz der Zukunft – Fachentwurf; Wien.
- [6] ÖBB-Holding AG (2024): Geschäftsbericht 2024 ÖBB-Holding AG. Nachhaltigkeitsbericht; Wien.
- [7] ÖBB-Infrastruktur AG (2025a): Hierarchische Gliederung des Eisenbahnnetzes; unveröffentlicht.
- [8] ÖBB-Infrastruktur AG (2025b): Übersicht der Marktsegmente auf dem Netz der ÖBB-Infrastruktur AG; unveröffentlicht.
- [9] ÖBB-Infrastruktur AG (2011): Zielnetz 2025+; Wien.
- [10] RICHTLINIE 2012/34/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. November 2012 zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums

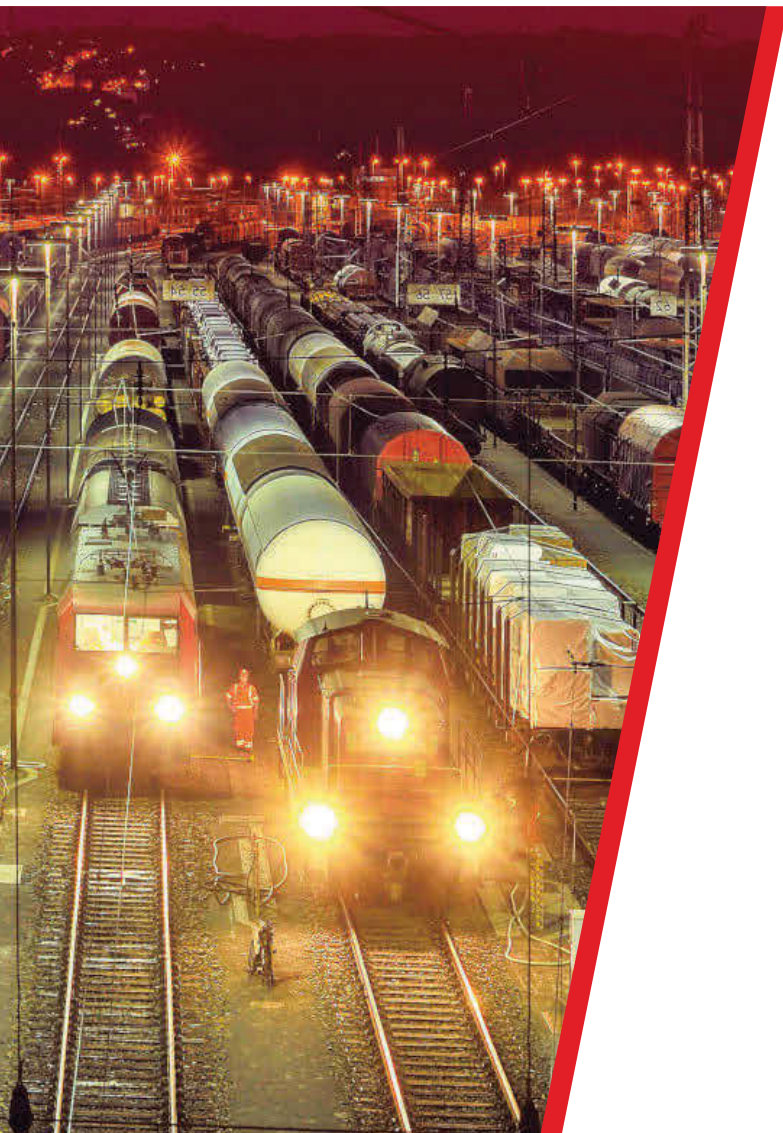
[11] Schienen-Control GmbH (2025): Jahresbericht 2024 der Schienen-Control; Wien.

[12] VERORDNUNG (EU) 2024/1679 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juni 2024 über Leitlinien der Union für den Aufbau des Transeuropäischen Verkehrsnetzes, zur Änderung der Verordnungen (EU) 2021/1153 und (EU) Nr. 913/2010 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1315/2013.

Summary

Strategic network development in Austria – with a focus on the Southern Axis

Austria's network development is based on a multi-stage concept with a long-term vision, measures from the Target Network, and the ÖBB Framework Plan. Stable expansion parameters and planning premises enable a phased, upwardly compatible, and demand-oriented approach. The Southern Axis will experience its next evolutionary boost with the commissioning of the Koralm Line. The Target Network 2040 will continue this path toward a high-performance European corridor.



PINTSCH
Safety for Rail

Systemlösungen für die Bahninfrastruktur

PINPROTEGIO. Bahnübergangstechnik.

PINCLIRIO. Achszähltechnik.

PINMOVIO. Stellwerks- und Rangiertechnik.

PINMOVIO. Weichenantrieb.

PINLUXON. Signale.

PINPOSITON. Fördertechnik.

PINCALIO. Weichenheizungen.

PINDIAGON. Diagnose.

Koralmbahn: Eine Fahrplan-Revolution nicht nur für Südösterreich

Die anstehende Gesamteinbetriebnahme der Koralmbahn stellt einen Meilenstein in der Weiterentwicklung des Integrierten Taktfahrplans in Österreich dar. Dieser Artikel gibt Einblick in die Entwicklungs- und Umsetzungsschritte der damit in Verbindung stehenden Fahrplankonzepte



1. Einleitung

Mit 14. Dezember 2025 ist es soweit: die Koralmbahn geht in Vollbetrieb. Diesem Meilenstein im österreichischen Eisenbahnwesen ging eine lange Phase an Planung und Bau voraus¹⁾: Bereits in den 1990er-Jahren wurden konkrete Schritte in Richtung Koralmbahn gesetzt, bevor 1998 mit dem Bau der ersten Abschnitte der Koralmbahn (Bestandsausbau Graz–Wernsdorf) begonnen wurde. Im Jahr 2003 begann der Bau des Erkundungstollens für den Koralmtunnel, der finale Tunneldurchschlag erfolgte 2020. Nach Fertigstellung des Kärntner Abschnitts der Koralmbahn 2023 laufen mittlerweile die Messfahrten im Koralmtunnel.

Die SCHIG mbH war im Zusammenhang mit dem Projekt Koralmbahn unter anderem im Zuge der Erstellung bzw. Weiterentwicklung des Angebotskonzepts involviert: Als Bundes-Aufgabenträger für den Schienenpersonenverkehr in Österreich ist die SCHIG mbH für die Planung, den Abschluss und die Abwicklung von Verkehrsdienstverträgen mit Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) im Personenverkehr verantwortlich²⁾. Der Vergabe dieser Verträge geht eine umfangreiche Verkehrsplanungstätigkeit voraus – die Fahrplankonzepte der vertragsgegenständlichen Personenverkehrsdienste werden dabei durch die SCHIG mbH (in Abstimmung mit dem BMIMI, den regionalen Aufgabenträgern sowie den Infrastrukturbetreibern) geplant.

Gegenstand dieses Artikels ist das Fahrplankonzept ab Inbetriebnahme der Koralmbahn im Personenverkehr – von den ersten

Grundpfeilern des Fahrplanangebots bis hin zu (ausgewählten) Hürden, die bis zum 14. Dezember 2025 noch zu überwinden sind.

2. Fahrplan-Angebotsziele durch die Koralmbahn

In Österreich wird grundsätzlich der Ansatz einer fahrplanbasierten Infrastrukturplanung verfolgt – die Zugrundelegung von Fahrplan- bzw. Angebotskonzepten im Personenverkehr sowie eines erwarteten Betriebskonzepts im Güterverkehr zeichnet damit auch die Strategien zum Ausbau der Infrastruktur wie etwa das Zielnetz 2025+ oder den Fachentwurf zum Zielnetz 2040 aus³⁾. Auch die „neue Südachse“ – also die Kombination aus Koralmbahn, Semmeringbasistunnel und weiteren Maßnahmen – folgt dieser Logik. Der vorliegende Beitrag widmet sich dabei dem Personenverkehr.

2.1. Ausgangsüberlegungen

Die Grundpfeiler der Fahrplankonzepte zur neuen Südachse fußen auf zwei wesentlichen Zielsetzungen:

1. Reisezeitverkürzungen sowie Einführung neuer systematischer Direktverbindungen
2. Ermöglichung eines weiterentwickelten Integrierten Taktfahrplans (ITF) insbesondere in Südösterreich

Die Reisezeitverkürzungen betreffen zum einen die Achse (Tschechien–) Wien–Graz–Klagenfurt–Villach (–Italien/



Samuel Niemand, MA

SCHIG mbH,
Abt. Schienenpersonenverkehr;
Teamleiter Verkehrsplanung
s.niemand@schig.com

Slowenien), zum anderen aber auch die Achse Graz–Villach–Salzburg–Deutschland. Damit die Reisezeitverkürzungen nicht nur im Punkt-zu-Punkt-Verkehr der genannten Achsen bzw. Städte wirksam werden, wurde die Infrastruktur so geplant, dass im Zuge der Inbetriebnahme der neuen Südachse ein ITF nach Schweizer Vorbild zur Umsetzung gelangen kann. Auf überregionaler Ebene entscheidend ist dabei der „Ringschluss“ zwischen Südbahn und Tauernbahn im Taktknoten Villach, so dass sich in weiterer Folge über die vorgegebenen, d.h. zeitlich nicht veränderlichen Taktknoten in Wien (zur vollen und halben Stunde) und Salzburg (zur vollen Stunde) eine Einbettung ins restliche Netz ergibt. Aus dieser Logik ergeben sich in Graz und Klagenfurt Taktknoten zur vollen Stunde, während sich in Villach ein Taktknoten zur halben Stunde ergibt. In Bezug auf die Koralmbahn bedeutet dies, dass der hochrangige Fernverkehr die Strecke zwischen Graz und Klagenfurt in etwas unter einer Stunde zurücklegen muss. Zusätzlich zum hochrangigen Fernverkehr, welcher neben den großen Nachfragezentren an der Strecke auch die wichtigsten Umsteigebahnhöfe bedient, wurde zur Ermöglichung umfangreicher Reisezeitverkürzung und zur Bedienung der Nachfrage im Langstreckenver-

1) Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG (2023) S.8.

2) Vgl. Leitner et. al. (2024) S. 6.

3) Vgl. dazu u.a. BMK (2024) S. 28ff.

kehr auch ein hochrangig-beschleunigter Fernverkehr als Grundpfeiler festgelegt. Dieser bedient zur Optimierung der Umsteigebeziehungen in Villach ebenso den Knoten zur halben Stunde, liegt in Wien jedoch eine halbe Stunde versetzt zum hochrangigen Fernverkehr und bedient den Taktknoten zur anderen halben Stunde. Damit besteht eine gegenüber dem hochrangigen Fernverkehr um etwa eine halbe Stunde beschleunigte Verbindung (bezogen auf die Relation zwischen Wien und Villach). Zwischen Villach und Salzburg sind Infrastruktur und Fahrplan so zu gestalten, dass eine Verknüpfung des Knotens in Villach zur halben Stunde mit jenem in Salzburg zur vollen Stunde gelingt. Die Linien des hochrangig-beschleunigten sowie des hochrangigen Fernverkehrs stellen das Grundgerüst für den ITF dar.

2.2. Baufortschritt und Konzeptanpassung

Die skizzierten Eckpfeiler des Fahrplanangebots im hochrangig-beschleunigten sowie im hochrangigen Fernverkehr wurden stets für eine gesamthafte „neue Südachse“ geplant – also unter Annahme der Fertigstellung einer Reihe von Infrastrukturprojekten: neben der Koralmbahn betrifft dies u.a. den Semmeringbasistunnel, den Ausbau der Pottendorfer Linie samt Schleife Ebenfurth sowie zahlreiche weitere Maßnahmen entlang der Achse. Spätestens in den 2010er-Jahren manifestierte sich jedoch die Erkenntnis, dass die Koralmbahn deutlich vor dem Semmeringbasistunnel fertig wird und eine gesamtheitliche Umsetzung eines Fahrplankonzeptes für die neue Südachse nicht realistisch ist. Es wurde daher erforderlich, ein Fahrplankonzept zu planen, das eine fertige Koralmbahn voraussetzt, jedoch ohne Semmeringbasistunnel auskommt. Dazu haben sich zwei grundlegende Ansätze herausgestellt:

- Variante A hätte die Fortschreibung des Status quo (also des Fahrplankonzeptes vor Inbetriebnahme der Koralmbahn) und damit die Verlängerung bestehender in Graz endender Fernverkehrs-Linien nach Kärnten bedeutet, die Systemumstellung und Einführung des weiterentwickelten ITF wäre auf den Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Semmeringbasistunnels verschoben worden
- Variante B hätte die Systemumstellung und Einführung des weiterentwickelten ITF bereits mit Inbetriebnahme der Koralmbahn bedeutet, zum Zeitpunkt der

Inbetriebnahme des Semmeringbasistunnels wäre es zu keiner erneuten Systemanpassung gekommen, sondern zu einer (weiteren) Verkürzung der Reisezeit zwischen Wien und Graz/Villach von einer halben Stunde

Nicht zuletzt aufgrund der deutlichen Reisezeitvorteile auf den Hauptachsen und der wesentlich besseren Eignung zur Verknüpfung mit dem interregionalen bzw. regionalen Verkehr wurde Variante B der Vorzug gegeben.

Dies war auch der Anlass für die SCHIG mbH, sich vertieft mit dem Fahrplankonzept ab Inbetriebnahme der Koralmbahn auseinanderzusetzen – vertieft bedeutet in diesem Falle, dass das Detailniveau nun die Flugebene der taktragenden Linien im hochrangig-beschleunigten und hochrangigen Fernverkehr (das sogenannte „ITF-Grundgerüst“) verließ und im Sinne einer integrierten und iterativen Planung nun auch der zuvor bloß in Grundzügen mitgedachte interregionale Verkehr sowie der Regional- und Nahverkehr detailliert betrachtet wurde.

2.3. Integrierte Planung: die Geburtsstunde des InterRegio

Auf dem genannten ITF-Grundgerüst bauen die weiteren Planungen im Fern- sowie Regionalverkehr auf. Neben den Hauptachsen sollen auch jene Regionen, die nicht unmittelbar an der Koralmbahn oder ihrem erweiterten Streckenverlauf liegen, von den Erreichbarkeitsverbesserungen profitieren. Das betrifft neben dem gesamten inneralpinen Verkehr insbesondere auch die Strecke durch das Aichfeld und über den Neumarkter Sattel, wo derzeit der hochrangige Fernverkehr Wien<>Kärnten geführt wird, welcher ab Dezember 2025 die Route über Graz und die Koralmbahn nehmen wird. Da durch die Bündelung der Routen im hochrangigen Fernverkehr auf die Achse Wien – Graz – Villach – Salzburg ein Teil der Anforderungen an die inner-alpinen Strecken wegfällt, ergibt sich die Chance, ein gänzlich neues Angebotskonzept bzw. ein neues Produkt einzuführen: den InterRegio. Wesentliche Zielsetzung dabei ist stets, die Reisezeit- und Erreichbarkeitsvorteile der Koralmbahn und des damit in Zusammenhang stehenden neuen Fahrplanmodells auch in peripher gelegenen Regionen weiterzugeben und die Verkehrsversorgung zu sichern und auszubauen. Der InterRegio zeichnet

sich dabei durch folgende Charakteristika aus⁴⁾:

- Es handelt sich um ein Produkt des Fernverkehrs, welches im Rahmen des Verkehrsdienstvertrags (VDV) zum Fernverkehr mit der ÖBB-PV AG beauftragt ist und somit seitens des Bundes (mit-) finanziert wird. Allerdings erfüllen die InterRegios aufgrund der Eigenschaften der bedienten Regionen⁵⁾ (relativ geringe Bevölkerungsdichte, teilweise stagnierende oder negative Bevölkerungsentwicklung, hohe touristische Bedeutung – insgesamt aber kein ausreichendes Nachfragepotenzial für eine Koexistenz eines dichten Fern- und eines dichten Regionalverkehrsangebots) abschnittsweise auch eine Nahverkehrsfunktion.
- Für das Haltemuster bedeutet dies: In peripheren Regionen mit insgesamt niedriger Nachfrage dominiert zur Vermeidung eines Überangebots die Erschließungsfunktion und damit ein nahverkehrsähnliches Haltemuster, während im Bereich der Knoten und Ballungsräume sowie auf Linien mit überwiegender Verbindungsfunktion ein fernverkehrsähnliches Haltemuster vorgesehen ist.
- Hinsichtlich des Rollmaterials sind niederflurige Nahverkehrstriebzüge mit Fernverkehrs-Innenausstattung vorgesehen – sohin mit 1. Klasse und Verpflegungsbereich sowie Reservierungsmöglichkeit und einer Vmax von 160 km/h.
- Um einen gesamtverkehrlich optimalen und auf der bis zur Inbetriebnahme der Koralmbahn zur Verfügung stehenden Infrastruktur umsetzbaren Kompromiss zwischen überregionaler Verbindung und der Erschließung der Region zu gewährleisten, erfolgte die Verkehrsplanung zum InterRegio in enger Abstimmung zwischen SCHIG mbH als Bundesaufgabenträger und den betroffenen Ländern/Verkehrsverbünden als regionale Aufgabenträger sowie der ÖBB-Infrastruktur AG. Wesentliche Randbedingung ist dabei die Knotenstruktur des hochrangig-beschleunigten und des hochrangigen Fernverkehrs, an welche der InterRegio anbindet.

3. Das Fahrplankonzept ab 12/2025

Die Zielsetzungen zum Angebotskonzept ab Inbetriebnahme der Koralmbahn (siehe

4) Vgl. dazu im Detail Heinze/Scheffl/Niemand (2024).

5) Vgl. Niemand (2015) S. 59 f.



1: IR-Linien ab 12/2025 (aus [3] S. 6)

Kapitel 2) waren die Basis für die ab Juni 2017 im Supplement zum Amtsblatt der EU erschienenen Vorinformationen für die beabsichtigte Vergabe von VDV zwischen SCHIG mbH und der ÖBB-PV AG sowie der Graz-Köflacher Bahn und Busbetrieb GmbH (GKB)⁶⁾.

Auf Basis der VDV begannen die Detailabstimmungen und -planungen mit den EVU und den weiteren Stakeholdern. Das Ergebnis daraus bzw. der aktuelle Planungsstand wird in diesem Kapitel erläutert. Da die Fahrpläne symmetrisch geplant sind, gelten die Angaben für eine Richtung stets auch für die Gegenrichtung.

3.1. Fahrplankonzept im Fernverkehr

Im Fernverkehr bildet das Taktrückgrat der hochrangige Fernverkehr im „Ringschluss“

6) Die entsprechenden Vorinformationen sind auf der Homepage des BMIMI veröffentlicht und unter folgenden Links abrufbar:
https://www.bmimi.gv.at/themen/mobilitaet/transport/nahverkehr/finanzierung/verkehrsdienstvertraege/bisherige_vergaben.html sowie
https://www.bmimi.gv.at/themen/mobilitaet/transport/nahverkehr/finanzierung/verkehrsdienstvertraege/aktuelle_vergaben.html (beide abgerufen am 19.07.2025).

Wien–Graz–Villach–Salzburg. Dieser verkehrt zwischen Wien und Villach stündlich und wird (mit einzelnen Ausnahmen) zweistündlich über die Tauernbahn nach Salzburg durchgebunden, einige Züge verkehren weiter Richtung Deutschland. So bleiben auch künftig mehrere tägliche Direktverbindungen von Graz nach Deutschland erhalten. Auch nach Linz gibt es weiterhin Direktverbindungen ab Wien. Zwischen Wien und Villach halten diese Züge prinzipiell (von einzelnen Ausnahmen abgesehen) in Wiener Neustadt Hbf, (Semmering), Mürzzuschlag, Kapfenberg, Bruck an der Mur, Graz Hbf, Weststeiermark, St. Paul im Lavanttal, Klagenfurt Hbf und Velden am Wörthersee. In Mürzzuschlag bestehen Richtungsanschlüsse mit dem Nahverkehr (also in den Relationen Semmering-Nahverkehr > Fernverkehr nach Graz sowie Fernverkehr aus Wien > Nahverkehr ins Mürztal). In Bruck an der Mur besteht eine bahnsteiggleiche Umsteigemöglichkeit zu den InterRegio-Zügen Richtung Aichfeld-Klagenfurt und Ennstal-Innsbruck. In Graz besteht ein Knoten zur vollen Stunde mit idealen Anschlüssen zu den steirischen S-Bahn-Linien. In St. Paul bestehen günstige Anschlüsse sowohl Richtung Bleiburg als auch Wolfsberg, in Klagenfurt

wird der Knoten zur vollen Stunde bedient, an den auch der InterRegio Richtung St. Veit an der Glan–Friesach–Bruck an der Mur anbindet. In Villach besteht ein Knoten etwa zur halben Stunde, mit Verknüpfungen zum Fernverkehr Richtung Slowenien und Italien sowie, mit entspannter Umsteigezeit, zum Nahverkehr.

Für noch kürzere Reisezeiten wird überlagernd dazu ein hochrangig-beschleunigter Fernverkehr Wien–Villach im Zweistundentakt geführt, der zwischen Wien und Graz zu einem weitgehenden Stundentakt verdichtet wird. Einige Züge werden über Villach hinaus nach Italien bzw. Slowenien weitergeführt. Bei anderen Zügen dieser Linie ist eine Durchbindung über Wien hinaus von Berlin bzw. Prag vorgesehen, dies steht allerdings in Abhängigkeit des Fahrplans auf der Nordbahn, welcher in den kommenden Jahren aufgrund von Bauarbeiten stetigen Änderungen unterworfen sein wird. Zwischen Wien und Villach halten diese Züge prinzipiell (von einzelnen Ausnahmen abgesehen) nur in Bruck an der Mur, Graz Hbf und Klagenfurt Hbf. In Bruck an der Mur bestehen optimale Anschlüsse zum steirischen Nahverkehr – sowohl in der Relation Nahverkehr aus dem Mürztal > Fernverkehr nach Graz als auch

Fernverkehr aus Wien > Nahverkehr ins Murtal Richtung Frohnleiten-Graz, außerdem auch in der Relation Fernverkehr aus Wien > Nahverkehr ins Murtal Richtung Judenburg sowie ins Ennstal Richtung Schladming-Bischofshofen. So besteht etwa die schnellste Verbindung von Wien nach Leoben in diesem Konzept aus der Reisekette des hochrangig-beschleunigten Fernverkehrs bis Bruck an der Mur und anschließend per Nahverkehr nach Leoben (wenngleich auch künftig einzelne Direktverbindungen vorgesehen sind). In Graz besteht ein 15/45-Knoten mit den InterRegio-Linien, in Klagenfurt Hbf wird der InterRegio Richtung St. Veit an der Glan-Friesach-Bruck an der Mur erreicht. In Villach besteht ein Knoten etwa zur halben Stunde, mit Verknüpfungen zum hochrangigen Fernverkehr, zum InterRegio Richtung Salzburg sowie, mit entspannter Umsteigezeit, zum Nahverkehr.

Zur Stärkung der Netzfunktion der Eisenbahn werden sechs neue InterRegio-Linien (IR) eingeführt (siehe Abbildung 1)⁷⁾:

- IR 1 („Ennstal“): Graz Hbf–Bruck an der Mur–Bischofshofen–Wörgl Hbf–Innsbruck Hbf. Diese Linie wird zwischen Graz Hbf und Bruck an der Mur vereinigt mit dem IR 2 geführt und bedient in Graz Hbf einen 15/45-Knoten, womit sie dort Anschluss zum hochrangig-beschleunigten Fernverkehr sowie zum IR 5 nach Slowenien vermittelt. In Bruck an der Mur besteht Anschluss in der Relation Ennstal–Wien, in Bischofshofen in der Relation Ennstal–Salzburg, in Schwarzach-St. Veit in der Relation Kärnten–Tirol sowie in Wörgl Hbf nach Deutschland und Richtung Vorarlberg/Schweiz.
- IR 2 („Aichfeld“): (Graz Hbf–) Bruck an der Mur–Unzmarkt–Klagenfurt Hbf. Diese Linie wird zwischen Graz Hbf und Bruck an der Mur vereinigt mit dem IR 1 geführt und bedient in Graz Hbf einen 15/45-Knoten, womit sie dort Anschluss zum hochrangig-beschleunigten Fernverkehr sowie zum IR 5 nach Slowenien vermittelt. In Bruck an der Mur besteht Anschluss in der Relation Aichfeld–Wien, in Klagenfurt Hbf zum hochrangig-beschleunigten sowie zum hochrangigen Fernverkehr.
- IR 3 („Pinzgau“): Salzburg–Bischofshofen–Wörgl Hbf; ergibt mit dem IR 1 zwi-

schen Bischofshofen und Wörgl einen angenäherten Stundentakt.

- IR 4 („Pyhrn“): Graz Hbf–Leoben–Linz Hbf. Diese Linie bedient in Graz Hbf einen 15/45-Knoten, womit sie dort Anschluss zum hochrangig-beschleunigten Fernverkehr (so besteht etwa künftig die schnellste Verbindung Linz–Klagenfurt über Graz) sowie zum IR 5 nach Slowenien vermittelt, in Linz Hbf wird ein Knoten zur vollen Stunde erreicht. Die Züge der Salzkammergutbahn werden künftig um eine Stunde gedreht sowie von Stainach-Irdning nach Selzthal verlängert und vermitteln dort den Anschluss an den IR 4 nach Graz.
- IR 5 („Mur-Drau“): Graz Hbf–Spielfeld-Straß–Slowenien/Kroatien. Diese Linie bedient in Graz Hbf einen 15/45-Knoten, womit sie dort Anschluss zum hochrangig-beschleunigten Fernverkehr sowie zu den IR 1,2 und 4 vermittelt.
- IR 6 („Alpe-Adria“): Salzburg Hbf–Villach Hbf. Diese Linie bedient in Villach einen Knoten zur halben Stunde, womit Anschluss an den hochrangig-beschleunigten sowie den hochrangigen Fernverkehr besteht (so kann künftig die Strecke von Graz nach Salzburg mit Umstieg in Villach in etwa dreieinhalb Stunden zurückgelegt werden); außerdem, mit entspannter Umsteigezeit, zum Nahverkehr.

3.2. Fahrplankonzept im Nahverkehr

Durch die weitreichenden Anpassungen im Fernverkehrsfahrplan kommt es nahezu im gesamten Bundesgebiet auch zu Anpassungen im Nahverkehr. Am stärksten betroffen sind die Steiermark und Kärnten, wo (bis auf die steirische Ostbahn/Thermenbahn und die Weizerbahn) nahezu das gesamte Nahverkehrsangebot an den neuen Fernverkehrsfahrplan angepasst wird, womit neue Verknüpfungen/Umsteigemöglichkeiten entstehen und der ITF auf eine neue Stufe gehoben wird. Aufgrund des InterRegio-Konzepts ergeben sich auch für den Salzburger Südast (Salzburg Hbf–Bischofshofen–Saalfelden) neue Angebote und Linien, selbst in Oberösterreich, Niederösterreich und Tirol ändert sich auf einigen Strecken der Fahrplan. Eine genaue Beschreibung der Änderungen muss an dieser Stelle aufgrund des Umfangs unterbleiben, hierzu sei auf die Vorinformationen zu den VDV

im Supplement zum Amtsblatt der EU verwiesen⁸⁾.

4. Umsetzung des Fahrplankonzepts: Herausforderungen und Unsicherheiten

Die in Kapitel 3 dargestellten Fahrplankonzepte wurden unter Zugrundelegung der in der zweiten Hälfte der 2010er-Jahre vorherrschenden bzw. für den Inbetriebnahmezeitpunkt der Koralmbahn angenommenen Rahmenbedingungen geplant. Bis zur tatsächlichen Umsetzung kommenden Dezember mussten bzw. müssen zahlreiche Herausforderungen gemeistert und Hindernisse überwunden werden. Auch zum jetzigen Zeitpunkt bestehen noch Unsicherheiten, die bis zum Fahrplanwechsel bestmöglich zu adressieren sind. Eine Auswahl dieser soll nun erläutert werden.

4.1. Schutzsignal Bruck an der Mur

Im Zuge des IR-Konzepts sollen regelmäßig Züge in Bruck an der Mur geflügelt (also getrennt und vereinigt) werden. Zum Vereinigen der Züge ist dabei ein Schutzsignal erforderlich, damit die Zugfahrt in eine Verschiebung (zum Vereinigen der beiden Zugteile) übergehen kann. Zum Zeitpunkt der Konzeptprüfung war davon auszugehen, dass ein derartiges Schutzsignal am erforderlichen Ort (Bahnsteig 4) zur Verfügung steht. Allerdings stellte sich anschließend heraus, dass ebendieses aufgrund mangelnder Signalsicht aus Fahrtrichtung Süden/Westen kommend entfernt werden musste. Lediglich auf Bahnsteig 3 ist noch ein Schutzsignal aus der „richtigen Richtung“ vorhanden – dieser Bahnsteig ist jedoch nicht der geeignete Ort, die Vereinigung der beiden Zugteile vorzunehmen, da so kein bahnsteiggleicher Anschluss aus dem Aichfeld/Ennstal nach Wien (Bahnsteig 5) hergestellt werden könnte; ein solcher ist jedoch aufgrund der kurzen Übergangszeit zwingend erforderlich. Nur dank konstruktiver Zusammenarbeit konnte unter den Beteiligten für diese Herausforderung eine Lösung gefunden werden (das

7) Die IR-Linien werden hier nur oberflächlich beschrieben, für weiterführende Informationen sei auf Heinze/Scheffl/Niemand (2024) verwiesen.

8) Die entsprechenden Vorinformationen sind auf der Homepage des BMIMI veröffentlicht und unter folgenden beiden Links abrufbar:

https://www.bmimi.gv.at/themen/mobilitaet/transport/nahverkehr/finanzierung/verkehrsdienstvertraege/bisherige_vergaben.html sowie https://www.bmimi.gv.at/themen/mobilitaet/transport/nahverkehr/finanzierung/verkehrsdienstvertraege/aktuelle_vergaben.html (beide abgerufen am 19.07.2025).

Schutzsignal wird im Einfahrweichenbereich situiert, wo eine ausreichende Signal-sicht gegeben ist), sodass das IR-Konzept (im Rahmen der Konzeptprüfung bereits positiv testiert) wie geplant umgesetzt werden kann.

Dieses Beispiel zeigt, dass auch vermeintliche Details erhebliche Auswirkung auf die Umsetzbarkeit eines großräumigen Verkehrskonzepts haben können.

4.2. Tunnelwiderstand

Ein noch nicht vollständig erforschter Aspekt in der Fahrzeitenrechnung ist der Einfluss des Tunnelwiderstands auf die erreichbare Geschwindigkeit in langen, eingleisigen Tunnelröhren, wie es auch für den Koralmtunnel zutrifft⁹⁾. Die Fahrzeitenrechnung der Fahrplankonstruktionsprogramme legte für den Koralmtunnel für das geplante Fahrplankonzept kein systematisches Problem nahe, jedoch war der Beweis zum Zeitpunkt der Fahrplankonzeptionierung noch nicht erbracht bzw. erbringbar, dass die getroffenen Annahmen der Realität standhalten würden. Erfreulicherweise verlaufen die Testfahrten im Koralmtunnel erfolgreich. Es wird zu analysieren sein, wie sich der Sachverhalt in anderen zu eröffnenden Tunneln mit ggf. anderen Parametern (bspw. Tunnelquerschnitt) darstellt.

4.3. Nicht langfristig antizipierte Nachfrage nach Fahrwegkapazität

Die gegenwärtige Organisation des Eisenbahnverkehrs in Österreich erlaubt den wenig regulierten „open-access“ zur Infrastruktur. Das bedeutet, dass jeder Fahrwegkapazitätsberechtigte im Rahmen des Fahrwegkapazitätsbestellprozesses entsprechende Begehren einbringen kann, die im jeweiligen Netzfahrplan zu berücksichtigen sind. Obwohl die im Rahmen der Infrastrukturdimensionierung für den Personenverkehr (insbesondere für das hochrangig-beschleunigte Marktsegment) vorgesehenen Systemtrassen noch nicht ausgeschöpft sind, besteht seitens des Marktes Nachfrage nach nicht vollständig mit dem ITF kompatiblen Trassen¹⁰⁾. Da diese Anmeldungen bis zu 18 Monate vor Betriebsstart erfolgen können, liegt es in

der Natur der Sache, dass diese Begehren im Rahmen der Fahrplankonzepterstellung bei der Dimensionierung der Infrastruktur nicht exakt berücksichtigt werden können. Da derlei Begehren aber dennoch im Rahmen der Netzfahrplanerstellung zu berücksichtigen sind, auch wenn sie in Konflikt mit dem der Infrastrukturdimensionierung zugrunde gelegten Fahrplankonzept stehen, ergibt sich auch aus diesem Sachverhalt eine Unsicherheit in Bezug auf die Umsetzung des Fahrplankonzepts zur Inbetriebnahme der Koralmbahn.

4.4. Conclusio

Schon die drei genannten Beispiele zeigen, dass zur erfolgreichen Umsetzung langfristig geplanter Fahrplankonzepte neben der Umsetzung der dafür erforderlichen Infrastruktur auch weitere Aspekte entscheidend sind, etwa:

- Auch scheinbar harmlose Eingriffe in den Fahrplan oder die Infrastruktur können gravierende Folgen haben, wie das Beispiel des Schutzsignals in Bruck an der Mur illustriert – langfristige Infrastrukturplanung bedingt langfristige Fahrplanplanung und umgekehrt
- Das Beispiel des Tunnelwiderstands zeigt exemplarisch, dass nicht alle Einflussfaktoren zum Zeitpunkt der Fahrplankonzeptionierung exakt berücksichtigt werden können, das Vorsehen entsprechender Reserven bzw. Resilienz in den Fahrplankonzepten erscheint geboten
- Das derzeitige Vorgehen der Zuweisung von Fahrwegkapazität mit einer Lebensdauer einer Zugtrasse von nur einem Fahrplanjahr steht in Widerspruch zur Langfristigkeit von Fahrplan- und Infrastrukturplanung. Um einerseits die geplanten Fahrplankonzepte umsetzen zu können und andererseits verlorene Investitionen zu vermeiden, wäre eine nichtdiskriminierende und wettbewerbsneutrale Absicherung der langfristigen Fahrplankonzepte des ITF hochgradig wünschenswert¹¹⁾.

11) Vgl. dazu auch Buschbacher/Niemand (2021) S. 112f.

Literatur

- [1] BMK (2024): Zielnetz 2040. Das Bahnnetz der Zukunft – Fachentwurf, Wien, bezogen unter: https://www.bmim.gv.at/dam/jcr:ad67d636-a043-4314-862a-576af9fc5404/Zielnetz2040_Fachentwurf.pdf, Zugriff am 19.07.2025.
- [2] Buschbacher, H., Niemand, S. (2021): Fahrplan und Infrastruktur – kohärente Planung als Beitrag zur Mobilitätswende?, in GSV Jahrbuch Mobilität 2021, S.112-113.
- [3] Heinze, T., Scheffl M., Niemand S. (2024): Inneralpiner Fernverkehr in Österreich ab Dezember 2025. Informationsbroschüre des BMK zum „InterRegio“-Konzept, Wien, bezogen unter: https://www.bmim.gv.at/dam/jcr:1aefeb09-91b4-4284-8c97-7d1f2e710eaa/BMK_Informationsbroschue_Inneralpiner-Fernverkehr_UA.pdf, Zugriff am 19.07.2025.
- [4] Leitner, J., Grozurek, T., Kaltenböck, S., Kluck, L., Lehner, C., Ranzdorf, P., Storm, A., Vogler, V. (2024): Bericht der Abwicklungsstelle über die Bestellung gemeinwirtschaftlicher Leistungen im Schienenpersonenverkehr 2022. Umweltfreundliche Mobilität für alle, bezogen unter: https://www.bmim.gv.at/dam/jcr:97a37d68-154a-4ae6-a8c9-f0a5406a7410/GWL_Bericht2022_SCHIG.pdf, Zugriff am 19.07.2025.
- [5] Niemand, S. (2015): Schienenpersonenverkehr auf Querverbindungen. Herausforderungen auf der Achse Graz – Linz/Salzburg/Innsbruck und mögliche Lösungsstrategien bzw. Angebotskonzepte, Saarbrücken: AV Akademikerverlag.
- [6] ÖBB-Infrastruktur AG (2023): Kärntner Koralmbahn in Betrieb. Projektinformation Sonderausgabe Dezember 2023, Wien, bezogen unter: <https://infrastruktur.oebb.at/de/projekte-fuer-oesterreich/bahnstrecken/suedstrecke-wien-villach/koralmbahn/abschnitte/printproduktionen-kab/dokument?datei=Sonderbrosc h%C3%BCre+Fertigstellung+Koralmbahn+K%C3%A4rnten>, Zugriff am 19.07.2025.
- [7] Scheuch, A. (2023): Tunnelwiderstand von Hochgeschwindigkeitszügen, Diplomarbeit an der TU Wien, bezogen unter: <https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/190564/1/Scheuch%20Anna%20-%202023%20-%20Tunnelwiderstand%20von%20Hochgeschwindigkeitszuegen.pdf>, Zugriff am 25.07.2025.
- [8] Wehr, H., Schmieder, B. (2022): Der Einfluss des Tunnelwiderstandes auf die Fahrzeit am Beispiel des Koralmtunnels, in: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, ETR Austria Nr 12, S. 86-92.

Summary

Koralm Railway: A timetable revolution not only for Southern Austria

The upcoming commissioning of the Koralm railway represents a milestone in the further development of the integrated timetable in Austria. This article provides an insight into the development and implementation steps of the associated timetable concepts and shows examples of the obstacles that need to be overcome and the uncertainties that need to be reckoned with when implementing timetable system changes.

9) Vgl. dazu u.a. Wehr/Schmieder (2022) sowie Scheuch (2023).

10) Dies wird etwa durch die Anmeldung geplanter neuer Schienenpersonenverkehrsdienste bei der Regulierungsbehörde durch die „Südbahn Management GmbH“ oder die „Silverstar Railways GmbH“ deutlich.



ÖBB, Semmering Basis-
tunnel Baulos SBT 1.1 –
geotechnische Messun-
gen, 3D Verschiebungs-
messungen, Kontrollmes-
sungen, Geomonitoring

Wiener Linien, Linienkreuz
U2xU5, Bauabschnitte
U2/17 TVM Vortriebe –
U2/22 Rathaus – Planungs-
leistungen Oberbau und
Streckenausrüstung,
Grundlagen- und Kontroll-
vermessung



Wiener Linien, Linienkreuz U2xU5,
Bauabschnitt U2/23 Umbau
Stammstrecke – Planungsleistun-
gen Oberbau und Strecken-
ausrüstung, Grundlagen- und
Kontrollvermessung, Vermessung
PSD Platform Screen Doors

VSP STOLITZKA & PARTNER ZIVILTECHNIKER GMBH

Vermessung und
Planung für
Tunnelbau,
Bahnba und
U-Bahnba

Schottenfeldgasse 79
1070 Wien, Austria
T +43 1 470 64 03
office@vsp.co.at
www.vsp.co.at

Gesellschafter: DI Kutschera, DI Scharler,
DI Weissnar, DI Hirtl-Lederbauer, DI Schwalbe

Befugnisse: Vermessungswesen, Kulturtechnik
und Wasserwirtschaft



ARGE FF Koralm Porr-Rhomberg,
bahntechnische Ausrüstung
Koralmtunnel GU1 – Vermessungs-
leistungen Bahnba Feste Fahr-
bahn, Bauvermessung Ober-
leitungsanlage, Strahlerkabel,
Scanmessung



Wiener Linien, Gesamtmonitoring
U2/18 Matzleinsdorfer Platz –
Geomonitoring ÖBB Gleise und
Bauwerke, Fernwärmeleitung,
Wiener Linien Gleise USTRAB und
Bauwerke, MA29 Bauwerke

Die Koralmbahn – ein Jahrhundertprojekt

Die rund 130 km lange Koralmbahn zwischen Graz und Klagenfurt zählt in ihrer Gesamtheit zu einem der größten Eisenbahninfrastrukturprojekte in Europa. Sie ist wichtiger Bestandteil der Baltisch-Adriatischen Achse des EU-Kernnetzes. Der Koralmtunnel mit einer Länge von rund 33 km stellt das Herz dieser Neubaustrecke dar. Auf dem Weg zu einer betriebsbereiten Koralmbahn stand eine 30-jährige Projektgeschichte mit zahlreichen Herausforderungen eines Großprojektes.



1. Die Koralmbahn

Am 14. Dezember 2025 geht nach knapp 30 Jahren Projektdauer die Koralmbahn in Betrieb. An der neuen Hochleistungsstrecke wurde von 1998 bis 2024 gebaut. Es handelt sich um eine zweigleisig elektrifizierte Eisenbahnstrecke mit einer Entwurfsgeschwindigkeit von 250 km/h und umfasst auf einer Gesamtstreckenlänge von ca. 130 km 12 Tunnel mit mehr als 50 Tunnelkilometer, über 100 Brücken und 23 moderne Bahnhöfe. Die Koralmbahn verbindet als östlichste Alpenquerung

das Baltikum mit dem oberitalienischen Wirtschaftsraum im EU Kernnetz („Baltic-Adriatic-Corridor“) und national die beiden österreichischen Bundesländer Steiermark und Kärnten. Herzstück ist der zweiröhrig, eingleisige Koralmtunnel, der mit einer Länge von rd. 32,9 km einer der längsten Eisenbahntunnel der Welt ist.

Auf dem Weg zu einer betriebsbereiten Koralmbahn standen und stehen zahlreiche technische Innovationen und Neuerungen, wie auch eine Unzahl von Herausforderungen unterschiedlichster Art und Weise.

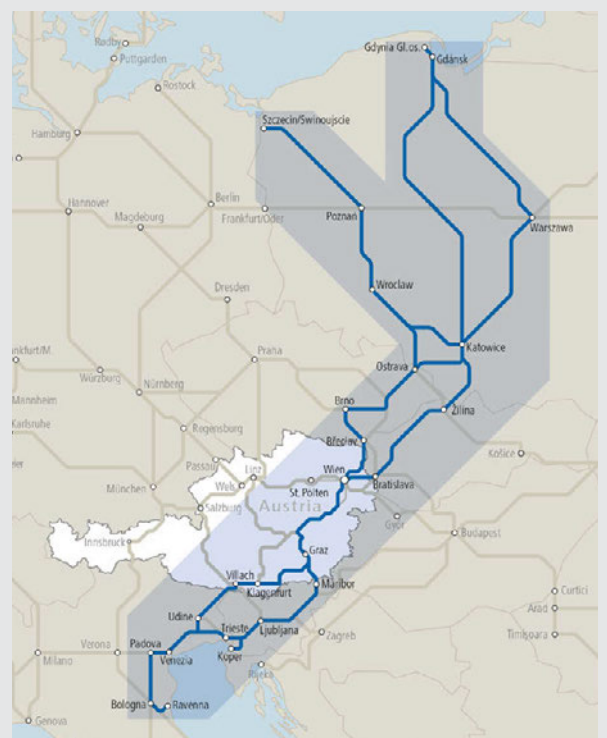


Dipl.-Ing. Dr. Klaus Schneider

ÖBB-Infrastruktur AG, Projektleitung und Gesamtkoordination Koralmbahn, Graz (A)
Klaus.Schneider@oebb.at



1: Baltisch-Adriatischer Verkehrskorridor



Quelle: EU, ÖBB



Nach der Fertigstellung der als „Flachlandbahn“ mit geringfügigen Steigungen trassierten Strecke, verkürzt sich die Fahrzeit zwischen den Landeshauptstädten Graz und Klagenfurt von derzeit fast 3 Stunden auf nur mehr 45 Minuten und kann damit auch gegenüber der Straße die Reisezeit auf die Hälfte reduzieren.

Der Koralmtunnel durchquert das Gebirgsmassiv der Koralpe mit Überlagerungen von bis zu 1200 m. Die beiden Tunnelröhren sind alle 500 m über Querschläge miteinander verbunden und haben einen Ausbruchsdurchmesser von rd. 10 m. In der Tunnelmitte befindet sich ein rd. 1000 m langer unterirdischer Evakuierungs- und Rettungspunkt. Beim Bau kamen die meisten gängigen Tunnelvortriebsmethoden zum Einsatz: offene Bauweisen in den Portalbereichen, zyklische Vortriebe mit der „Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode“ und kontinuierliche Maschinenvortriebe (mit drei TVM) sowohl im Kristallin als auch im Neogen mit einer im Berg umzubauenden Erddruckmaschine. Dabei konnte im Kristallin zufolge nicht möglicher Zwischenangriffe eine weltrekordverdächtige Einzelvortriebsleistung von 17.145 m erzielt werden.

2. Rückblick

Der Projektauftrag für die Planung der Koralmbahn erfolgte im Jahr 1995. Ab 1997

waren die ersten Jahre geprägt durch die Trassensuche, Grundlagenenerhebungen und Vorerkundungen sowie dem Dialog mit den Interessenvertretungen der Regionen, welcher im Konsens abgeschlossen werden konnte. Darauf aufbauend wurden in den folgenden Jahren die Behördenverfahren (Umweltverträglichkeitsprüfungen, eisenbahnrechtliche Baugenehmigungen und weit über 100 weitere Verfahren anderer Materiegesetze) abgearbeitet. Das führte schlussendlich im Zeitraum 2000 bis 2007 abschnittsweise zu positiven eisenbahnrechtlichen Baubescheiden. Unmittelbar danach wurde in den jeweiligen Abschnitten mit dem Bau begonnen, wodurch schon 2010 der erste Neubauabschnitt für die regionale Erschließung der Steiermark (S-Bahnverkehr) in Betrieb genommen werden konnte.

2023 konnte der gesamte Neubauabschnitt in Kärnten zwischen Klagenfurt und dem Lavanttal für den Regionalverkehr in Betrieb genommen werden. Diese Teilbetriebnahme eines Streckenabschnittes von 52 km Neubaustrecke und 18 km Ergänzungsnetz brachte wichtige Erkenntnisse für die Gesamteinbetriebnahme im Jahr 2025.

Beim Koralmtunnel wurde 2002/2003 mit umfangreichen Erkundungsarbeiten gestartet und die Rohbauarbeiten im Zeitraum zwischen 2008 und 2022 durchgeführt. Der erste Durchschlag zwischen den Rohbau-Baulosen Ost (KAT2) und

West (KAT3) erfolgte in der Südöhre im Jahr 2018 und der finale Durchschlag am 17. Juni 2020 in der Nordöhre. Die Bauarbeiten der Tunnelausrüstung (Bahntechnik) konnten 2024 abgeschlossen werden.

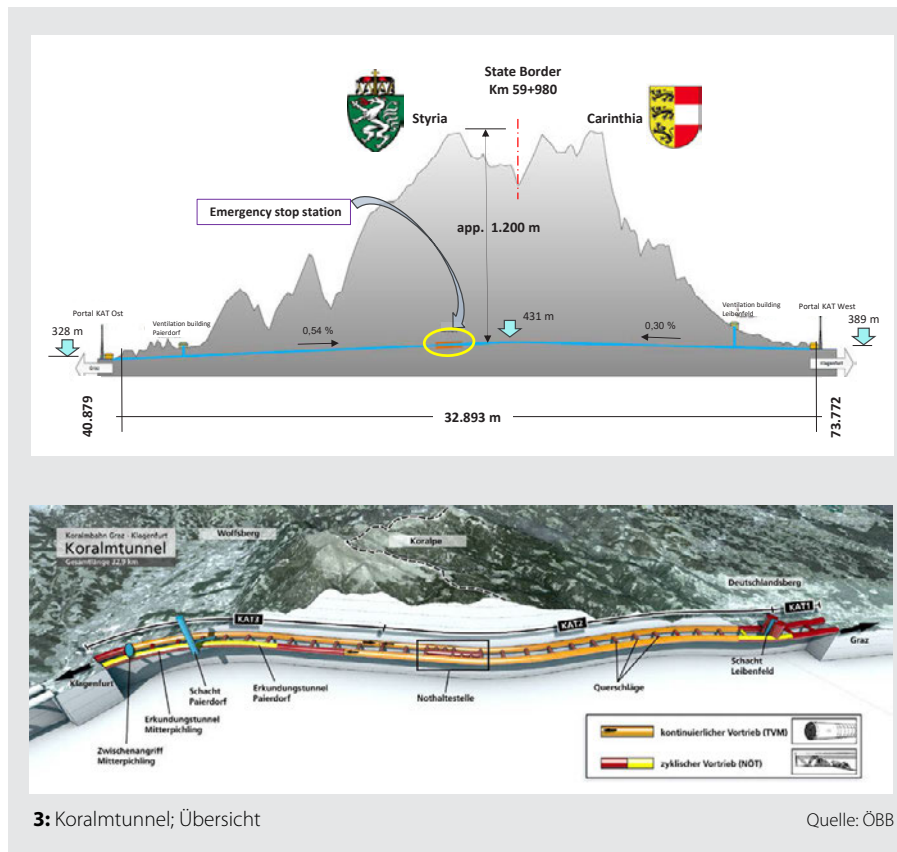
Aus den auszuhaftenden Meilensteinen wird die zeitliche Dimension des Projektes ersichtlich, in denen eine Vielzahl an gesellschaftlichen, politischen und technologischen Veränderungen stattgefunden haben.

3. Thesen zur Problematik bei der Umsetzung großer Verkehrsinfrastrukturvorhaben

Große Infrastrukturvorhaben mit Investitionsvolumina von mehreren Milliarden Euro sind oftmals einem sehr intensiven öffentlichen und politischen Diskurs ausgesetzt. Scheinbar einfache oder klare fachliche Sachverhalte können durchaus sehr breitgefächert und widersprüchlich diskutiert werden. Nach 30 Jahren bewegter Projektgeschichte könnten bezogen auf das Projekt Koralmbahn vier Haupttreiber für diese Problematik bei großen Infrastrukturvorhaben evaluiert werden:

These 1: Verteilungswettkampf

Große Eisenbahninfrastrukturprojekte – insbesondere im alpinen Raum – erfordern sehr hohe Investitionssummen, welche aus einem rein betriebswirtschaftlichen



Betrachtungswinkel nicht beurteilt werden können. Es erfordert immer volkswirtschaftliche Gesamtbetrachtungen, um eine sinnvolle Bewertung vornehmen zu können. Verbunden mit dem hohen Investitionsbedarf folgt daraus zwangsläufig eine politische bzw. gesamtgesellschaftliche Fragestellung nach einem sinnvollen Mitteleinsatz in einer Volkswirtschaft und damit die Verteilfrage der vorhandenen Mittel. Allein dieser grundsätzliche Sachverhalt fördert im Spannungsfeld eines solchen Verteilwettkampfes kontroverse Argumente und Sichtweisen.

These 2: Systemkomplexität

Das System Eisenbahn ist geprägt von seiner Untrennbarkeit zwischen Rad und Schiene. Dieser Sachverhalt ist einerseits der Grund für die großen Systemvorteile wie z.B. Massenfähigkeit, betriebliche Vorausplanbarkeit und Effizienz, aber auch Ursache für seine Systemnachteile wie Störungsanfälligkeit bei betrieblichen Unregelmäßigkeiten und den Herausforderungen bei der organisatorischen Abbildung dieses komplexen Systems. So haben sich in der Vergangenheit Privatisierungsbestrebungen und Interessen zu Verstaatlichungen bzw. Bestrebungen zur Trennung zwischen Absatz und Infrastruktur

oder deren Zusammenführung in der Geschichte laufend abgewechselt. Die Eisenbahn scheint einer stetigen Suche nach einer optimalen Organisationsform unterworfen zu sein, um dieses komplexe System unter sich laufend ändernden Rahmenbedingungen bestmöglich abzubilden.

These 3: Zeitproblematik

Bei der Eisenbahninfrastruktur handelt es sich um außerordentlich langlebige Infrastruktureinrichtungen mit einer Systemlebensdauer von 150 bis 200 Jahre. Demgegenüber stehen sehr kurzfristige finanzielle Anforderungen (betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Finanzierungs-betrachtungen etc.) und immer kürzer werdende technologische Lebens- und Entwicklungszyklen gerade in den Bereichen Sicherheits-, Steuerungs-, Kommunikationstechnik und im IT-Bereich. Diese unterschiedlichen Betrachtungszeiträume von unterschiedlichen Interessengruppen und Sichtweisen führen ebenfalls zu laufenden Zielkonflikten.

These 4: Stellung der Verkehrswissenschaft

Verkehrliche und verkehrswissenschaftliche Themen werden selten als reine techni-

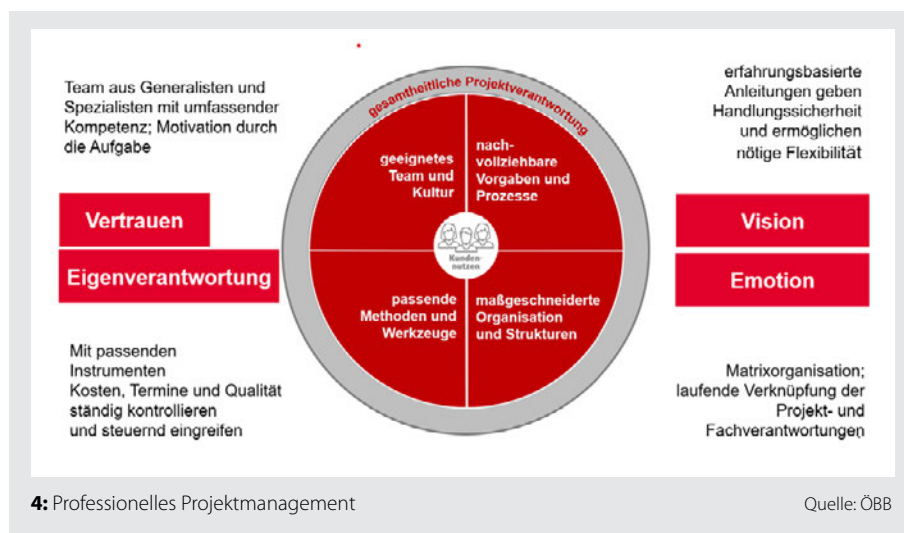
sche oder naturwissenschaftliche Themen wahrgenommen. Bedingt durch die persönliche Betroffenheit jedes Einzelnen in einem volkswirtschaftlichen Kontext entsteht eine Vermischung technischer Sachverhalte mit sozialen, emotionalen und individuellen Sichtweisen und Haltungen. Daher sind solche Vorhaben immer hochsensiblen gesellschaftspolitischen Herausforderungen und erfordern ein hohes Maß an Bereitschaft, sich diesem gesellschaftlichen Diskurs zu stellen. Konsensfähige Lösungen sind nur mit dem Einsatz passender Methoden der Kommunikation, Bürgerbeteiligung, Einbindung von Interessenvertretungen etc. und vor allem durch eine ehrliche und offene Kommunikation zu erzielen.

4. Besondere Auswirkungen der Thesen am Beispiel der Koralmbahn

4.1. Projektdauer

Bedingt durch die lange Projektdauer von 30 Jahren haben sich viele Grundlagen und Randbedingungen wie Gesetze, Richtlinien, Regelwerke, Normen geändert. Darüber hinaus bringen auch geänderte Zielsetzungen, verkehrspolitisch geänderte Rahmenbedingungen sowie Erkenntnisse aus zwischenzeitig in Betrieb genommenen vergleichbaren Großprojekten ständige Veränderungen mit sich. Im Gegensatz dazu steht das Erfordernis, ein baurechtlich genehmigtes Projekt gesetzeskonform und möglichst unverändert in Betrieb zu nehmen. Die Projektleitung ist daher laufend mit dem Zielkonflikt konfrontiert, die Grundkonzeption des Projektes stabil und möglichst unverändert aufrecht zu belassen und erforderliche Innovationen und Verbesserungen zuzulassen, um am Ende ein genehmigungsfähiges Projekt in Betrieb zu nehmen.

Die unterschiedlichen Gesichtspunkte der Projektbeteiligten (Öffentlichkeit, Politik, Entscheidungsträger, Behörden etc.), die immer schneller werdenden Veränderungen im Projektumfeld und die rasanten technologischen Entwicklungen machen diese Aufgabe besonders komplex. Demnach ist das Vorhaben zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme 20-30 Jahre alt, muss aber zu diesem Zeitpunkt dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Weiters ist die Grundstruktur des Tunnelbauwerks für 150 Jahre Nutzungsdauer auszulegen, wobei noch der Anspruch besteht, auch zukünftige Entwicklungen vorausschauend



zu berücksichtigen. Bei der Koralmbahn ist es gelungen, eine gute Balance zwischen all diesen laufenden Veränderungen und der Beibehaltung des verfahrensrechtlich genehmigten Projektes zu finden.

4.2. Kostenstabilität

Die Projektdauer und der unausweichliche Druck zu Bestell- bzw. Projektänderungen stellt auch in Bezug auf die Kostenstabilität eine Herausforderung dar. Die stetigen Veränderungen stehen im Widerspruch zur Erwartungshaltung, bereits in einem frühen Projektstadium konkrete Kosten zu nennen, an denen der Projekterfolg auch noch Jahrzehnte gemessen wird. Daneben ist eine hohe Kostenstabilität auch von besonderer Bedeutung, da ein Großprojekt laufend dem Verteilwettkampf um begrenzte Finanzressourcen unterworfen ist und eine solche Stabilität in der öffentlichen Wahrnehmung auch als Indikator für eine stabile Projektumsetzung wahrgenommen wird. Die Frage nach den Kosten wird dabei meist nicht präzise bzw. unvollständig gestellt, z.B. betreffend Umfang, Valorisierung, Preisbasis. Auf den Punkt gebracht lautet die Frage jedoch fast immer: «Was wird es gekostet haben, wenn das Projekt fertig ist».

Die wichtigsten Erfolgsfaktoren, um das Projekt fristgerecht, genehmigungsfähig (inhaltlich und technisch korrekt) und kostenstabil abzuschließen sind:

- aktives Projektmanagement
- aktive Risikobewirtschaftung
- aktive Kostenverfolgung
- Vorausvalorisierung

Bereits bei Projektstart und somit bei Erstellung der ersten Kostenschätzungen müssen die unbekannten Elemente eines Projektes in Form einer aktiven Risikobewirtschaftung unter Einbindung des Projektteams transparent abgeschätzt werden. Aktiv bedeutet, dass diverse Arbeitsgruppen in den Veränderungsprozess des Projektes einwirken bzw. wenn erforderlich gegensteuern und die Risikoeinschätzungen laufend aktualisieren, eingetretene Veränderungen und Risiken verifizieren und korrekt zuordnen.

Beim Koralmbahn-Projekt wurden die ersten Kostenanschläge, auf valider Basis einer stabilen Trassenplanung bzw. den ersten UVP-Verfahren, im Zeitraum 2004 bis 2006 erstellt. Unter konsequenter Einhaltung der beschriebenen Projektstrategie konnten die Kosten auf einem Genauig-

keitsniveau von ca. 2% über 20 Jahre stabil gehalten werden – von einer Startkostenschätzung von rd. 5,4 Mrd. Euro Anfang der 2000'er auf rd. 5,5 Mrd. im Jahr 2025.

Diese Kostenstabilität eines Infrastrukturprojektes dieser Dimensionen stellt eine Sonderstellung dar und beweist den Erfolg einer konsequenten Risiko- und Kostenbewirtschaftung – dies trotz teilweise erheblicher Probleme bei den maschinellen Tunnelvortrieben und Auswirkungen von Pandemie und einer überdurchschnittlichen Inflation in den letzten Jahren.

Ein weiterer bedeutender Faktor zur Stabilität eines so langfristigen Projektes wie der Koralmbahn stellt auch die Finanzierungsmethodik in Österreich dar. Das Instrument eines rollierend fortgeschriebenen 5 Jahres Rahmenplanes für Eisenbahninfrastrukturinvestitionen trägt maßgeblich für eine stabile Projektarbeit bei und führt zu Planungs- und Baustabilität.

4.3. Professionelles Projektmanagement

Grundlage einer stabilen Projektarbeit ist ein professionelles Projektmanagement mit dem Ziel, den gestellten Kundennutzen zu erfüllen. Die Hauptelemente sind neben einer anfangs klaren und stimmigen Projektbeauftragung:

- Gesamtheitliche und durchgängige Projektverantwortung
- Geeignetes Team und Kultur: Das wichtigste Element stellt der Menschen dar. Es sind geeignete Menschen mit vielfältigen Kompetenzen, die erfolgreich in einem dynamischen Projektumfeld kooperieren
- Nachvollziehbare Vorgaben und Prozesse: Die Menschen benötigen nachvollziehbare, erfahrungsbasierte Anleitungen, die dann auch Handlungssicherheit geben und die nötige Flexibilität ermöglichen
- Passende Methoden und Werkzeuge: Erfolgreiches, professionelles Projektmanagement bedeutet, mit passenden Instrumenten Kosten, Termine und Qualität

BGG Consult



Dr. Peter Waibel ZT-GmbH

BAUGRUNDERKUNDUNG - GEOMECHANIK - GEOHYDROLOGIE

WIEN - WOLFSBERG - HOHENEMS

www.bgg.at



5: Tunneldurchschlag Koralmtunnel

Quelle: ÖBB

ständig zu kontrollieren und steuernd einzugreifen

- Maßgeschneiderte Organisation und Struktur: Eine maßgeschneiderte Projektorganisation legt die Wechselbeziehung aller Beteiligten klar fest

Um einem professionellen Projektmanagement auch tatsächlich Leben einzuhauchen, sind neben den fachlichen Aspekten auch bedeutende „Soft Skills“ erforderlich. Große Infrastrukturvorhaben erfordern immer Teamarbeit in einem professionellen Team mit einem gemeinsamen Geist und Kultur. Um einen solchen Teamgeist zu entwickeln, haben sich beim Koralmprojekt als maßgebliche Werte „Eigenverantwortung“ und „Vertrauen“ bewährt. Eigenschaften, denen vielfach ein zu geringes Augenmerk beigemessen wird und die oftmals durch äußere Zwänge vergessen werden.

Als weitere wesentliche Treiber, um einen gemeinsamen Teamgeist zu entwickeln, benötigt die Arbeit an langfristigen Großprojekten ein hohes Maß an „Vision“ und „Emotion“. Dabei ist mit Vision die realistische Bereitschaft, die Zukunft zu gestalten, zu verstehen und mit Emotion die Begeisterung für die Sache, die Aufgabe und das System Eisenbahn gemeint.

5. Das Finale

5.1. Einleitung

Der Abschluss eines Projektes stellt immer eine große Herausforderung hinsichtlich

dem verbleibenden Projekt- bzw. Zeitbudget dar und fordert – unabhängig von der Projektgröße – alle Beteiligten. Bei einem Projekt mit einer Projektdauer von 30 Jahren dauert auch diese Phase nicht einige Wochen oder Monate, sondern erforderte Kraftanstrengungen über einige Jahre hinweg. Nur durch die Fortsetzung eines konsequenten Projekt- und Risikomanagements konnte auch diese Phase durch Teamarbeit und gegenseitiges Vertrauen bewältigt werden.

5.2. Inbetriebnahme und Inbetriebsetzung der Koralmbahn

Die Inbetriebnahme/Inbetriebsetzungsphase war geprägt durch drei Haupttätigkeiten:

- Abnahmen und Tests der technischen Anlagen (Sicherheit, Funktionsfähigkeit)
- Betriebsbewilligungen (Behördenverfahren)
- Betriebsaufnahmen und Schulungen

Mit Ende 2024 wurde eine umfassend ausgestattete und in die Leit- und Steuerungssysteme der ÖBB eingebundene Bahnstrecke baulich fertiggestellt. Ein Quartal später wurde mit Mess-, Test- und Hochtastfahrten begonnen, die mit Mitte Juni 2025 erfolgreich abgeschlossen werden konnten. Dabei wurden mittels unterschiedlich zusammengestellter Zugkonfigurationen die unterschiedlichen Themen wie z.B. Fahrweg, Oberleitung, GSM-R geprüft und abgenommen.

Parallel dazu wurde schrittweise mit der Übergabe der Anlagen an das spätere Instandhaltungspersonal, wie auch mit den Schulungen – d.h. «Vermittlung der Orts- und Streckenkenntnis» – von mehr als 1000 Triebfahrzeugführern, Zugbegleitern, Fahrdienstleitern, von Einsatz- und Sicherheitskräften begonnen und im Herbst 2025 abgeschlossen.

6. Zusammenfassung

Projekte dieser Größenordnung bedürfen stabiler langfristiger Strategien und klarer Organisationsstrukturen mit kurzen Entscheidungswegen. Ein konsequentes professionelles Projekt-, Risiko- und Kostenmanagement ist dabei ein unverzichtbares Werkzeug für eine erfolgreiche Projektumsetzung.

Nicht zuletzt sind es aber die vielen mitwirkenden Menschen, die mit großer Begeisterung und Hingabe an einem gemeinsamen Ziel arbeiten und schlussendlich den Projekterfolg erst möglich machen.

Literatur

- [1] Die Koralmbahn, Ingenieurkunst aus Österreich, Schneider, Egger; Swiss Tunnel Congress 2020.
[2] Das Finale der 130 km langen Koralmbahn mit dem 33 km langen Koralmtunnel, Schneider, Steiner Swiss Tunnel Kongress 2024.

Summary

The Koralm railway – a project of the century

The approximately 130 km long Koralm Railway between Graz and Klagenfurt is one of the largest railway infrastructure projects in Europe. It is an important part of the Baltic-Adriatic axis of the EU core network. The Koralm Tunnel with a length of around 33 kilometres is the heart of this new railway line. A 30-year project history with numerous challenges of a large-scale project stood on the way to an operational Koralm railway. Projects of this size require stable long-term strategies and clear organisational structures with short decision-making paths. Consistent professional project, risk and cost management is an indispensable tool for successful project realisation. Last but not least, it is the many people involved who work with great enthusiasm and dedication towards a common goal and ultimately make the project's success possible in the first place.



5. International Railway Symposium Aachen

19. bis 20. November 2025
Aachen

www.eurailpress.de/irsa2025

Übersicht

Die Herausforderungen des Klimawandels und die angestrebte Mobilitätswende haben gravierende Auswirkungen auf das System Bahn – vom urbanen bis hin zum internationalen Verkehr. In vielen Ländern steigt erfreulicherweise die Nachfrage sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Eine Reihe von Eisenbahnnetzen stoßen dabei bereits abschnittsweise an ihre Kapazitätsgrenzen, oftmals in den großen Knotenbereichen. Gleichzeitig treten vermehrt Infrastruktureinschränkungen aufgrund veralteter Anlagen und notwendigen Baumaßnahmen auf. Kommt es dann auch noch zu Einschränkungen beim Rollmaterial oder Personal, so ist es nicht verwunderlich, wenn Verspätungen im Betrieb auf der Tagesordnung stehen.

Aktuell werden viele Anstrengungen unternommen, um den Schienenverkehr attraktiver und resilienter zu gestalten. Wichtige Themen sind dabei Digitalisierung und künstliche Intelligenz, die in den nächsten Jahren vermehrt ihre Anwendung im Schienenverkehr finden werden.

Das 5. International Railway Symposium Aachen (IRSA25) im Eurogress Aachen ist das ideale Forum für einen intensiven, internationalen Austausch der Fachleute zu aktuellen Fragen, Herausforderungen und Lösungsansätzen aus dem Bereich des Schienenverkehrs. Unsere Veranstaltung deckt thematisch den gesamten technischen Bereich des Systems Bahn über Infrastruktur, Betrieb und Fahrzeugtechnik ab. Das Research Center Railways der RWTH Aachen möchte mit dem Symposium die gemeinsame Diskussion mit der Fachbranche aus Industrie, Wissenschaft und Behörden über aktuelle Themen aus Forschung und Praxis anstoßen. Die Veranstaltung wird in Deutsch und Englisch durchgeführt, um auch internationalen Vortragenden und Gästen ein Forum zu bieten.

Melden Sie sich jetzt an und erleben Sie das umfangreiche Vortragsprogramm sowie den Austausch mit den internationalen Fachexperten in Aachen vor Ort.

Weitere Informationen zum Programm und zur Anmeldung finden Sie auf der Webseite!

VERANSTALTER



PARTNER



Sehr geehrte/r Leserin, Leser!

Ich darf Sie recht herzlich als neuer Generalsekretär der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV) begrüßen. Vor rund vier Monaten hat der Wechsel an der Spitze des Generalsekretariats der FSV stattgefunden. Im Namen der FSV möchte ich mich herzlich bei Herrn Dipl.-Ing. Martin Car für seine 22-jährige Leitung der FSV bedanken. Mit großer Beharrlichkeit, Geduld und Engagement hat er diese Aufgabe über all die Jahre ausgeübt und damit maßgeblich zur Entwicklung und Stabilität unserer Organisation beigetragen. Ein wesentlicher Meilenstein war dabei die Integration des Eisenbahnwesens in die FSV. Das größte Österreichische Eisenbahnunternehmen, die Österreichischen Bundesbahnen, nutzen bei vielen Projekten unsere Regelwerke

und bringen sich bei der Erarbeitung der RVE (Richtlinien und Vorschriften für das Eisenbahnwesen) ein. Die FSV ist dadurch fest im österreichischen Verkehrswesen verankert. Wer mit Mobilität und Infrastruktur in Berührung kommt, begegnet früher oder später der FSV. Diese breite Vernetzung spiegelt sich auch in der inhaltlichen Vielfalt und Qualität unserer Arbeit wider. Die kontinuierliche Weiterentwicklung unserer Richtlinien erfolgt auf einem hohen fachlichen Niveau – getragen von einem starken Netzwerk engagierter Expertinnen und Experten. Ich selbst bin seit über 20 Jahren in der FSV tätig und stehe daher für Kontinuität, möchte aber auch der Innovation und dem Fortschritt entsprechend Raum geben. Dafür braucht es eine gute Zusammenarbeit mit unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie mit unseren Mitgliedern.

Ich freue mich darauf, die Zukunft der Mobilität aktiv mitzugestalten und Ihnen an dieser Stelle in Hinkunft über unsere aktuellen Themen berichten zu können.



Dipl.-Ing. (FH) Tristan Tallafuss
Generalsekretär der FSV

Technischer Schutz von Naturgefahren – Fundierung von Steinschlagschutznetzen (RVS 08.22.02)

Der Arbeitsausschuss befasst sich mit Fundierungen von Steinschlagschutznetzen, welche stoßartigen Belastungen durch Steinschlag ausgesetzt sind. Mikropfähle, die hierbei als Fundierung zur Anwendung kommen, werden normgemäß auf statische Kräfte (Zug/Druck) dimensioniert, hergestellt und geprüft. Stoßartige Belastungen, ungünstige Bodeneigenschaften (z. B. Korrosivität), anthropogene Einflüsse (z. B. Taumittel) sowie die besonderen Herstellungsbedingungen in exponierten Lagen werden bei der Dimensionierung durch die RVS geregelt. Ein weiterer Schwerpunkt der RVS ist die Beschreibung von charakteristischen Bodenkennwerten, um eine Vorbemessung mittels Tabellenwerten zu ermöglichen. Konstruktive Vorgaben für Mikropfähle im Kopfbereich sowie Innovationen für die Durchführung von Pfahlprobelastungen verbessern die Qualitätsanforderungen und die Nachhaltigkeit der Fundierung von Steinschlagschutznetzen.

Planung und Bemessung

Die RVS regelt die Planung, die Bemessung und die Ausführung von Fundierungen von Steinschlagschutznetzen mit einer geplanten

Nutzungsdauer von mehr als 30 Jahren. In Abstimmung mit den Bauherren bzw. deren Planern können Fundierungen, welche nach dieser RVS geplant, bemessen und ausgeführt werden, ebenso bei weiteren Schutzbauwerken wie Schneenetzen, Murnetzen usw. Anwendung finden. Weiters sind Empfehlungen für die Bemessung und Ausführung von derartigen Fundierungen bei temporären Maßnahmen und Sofortmaßnahmen enthalten.



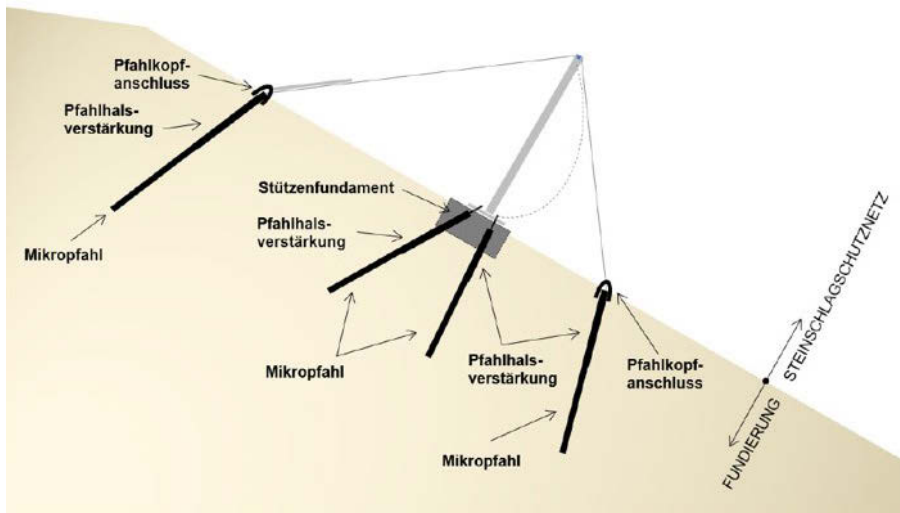
Dipl.-Ing. Jürgen Stern

Um die Fundierung planen und bemessen zu können, hat der Hersteller des Steinschlagschutznetzes für jede Energieklasse die charakteristischen Kräfte auf die Fundierungen bekanntzugeben.

Weitere wesentliche Bestandteile der Planung stellen Bodenerkundungen und die vorhandenen Baugrundeigenschaften dar. Die Planung, Auswertung und Dokumentation der Baugrunderkundung haben durch fachkundige Personen zu erfolgen, welche die Ausführung der Baugrunderkundung vor Ort auch zu begleiten haben.

Werden bereits in der Planungsphase Pfahlprobelastungen im Baufeld durchgeführt, darf die Anzahl an weiteren Baugrunderkundungen reduziert werden. Bei der Planung der Fundierung der Steinschlagschutznetze sind neben den Tragfähigkeitsanforderungen auch Erfordernisse hinsichtlich Dauerhaftigkeit zu berücksichtigen. Sofern metallische Tragglieder verwendet werden, stellt die Korrosion eine der maßgebenden Einwirkungen für die Reduktion der Dauerhaftigkeit dar.

Im Zuge der Bemessung der Fundierungen sind in Anlehnung an die ÖNORM EN 1997-1 folgende Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu führen:



1: Ausführungen der Fundierung



2: Schutznetz mit Fundierung nach RVS 08.22.02

erhaltigkeitseigenschaften der Fundierung nachteilig beeinflussen. Um diesen Einflüssen bedarfsgerecht und auch nachhaltig entgegenzuwirken, werden konstruktive Vorgaben und Bestimmungen an das Mikropfahlsystem der Fundierung – bestehend aus Traggliedern, Abstandhaltern, Muffen, Bohrkronen – und vor allem an die Ausbildung von Pfahlkopfanschlüssen und den Verpresskörpern definiert. Ein Schwerpunkt liegt hierbei in der richtigen Wahl des Mikropfahlsystems in Abhängigkeit des Baugrundes und dessen Eigenschaften.

Verpressgut

Einer wesentlichen Bedeutung kommt bei der Ausbildung der Fundierung bei Steinschlagschutznetzen auch dem Verpressgut zu. Um die Nachhaltigkeit bestmöglich zu optimieren, sind Mindestanforderungen an dieses in der RVS enthalten. Beispiele hierzu sind: Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit, Anforderungen an die Baustellenprüfung sowie Vorgaben für dessen Herstellung und die Einbringung.

Dokumentation und Anhänge der RVS

Bestimmungen für die Dokumentation über die Herstellung der Fundierung eines Steinschlagschutznetzes, Korrosionsbelastung und Korrosionsschutzmaßnahmen, konstruktive Ausführungsdetails, Durchführung von Pfahlprobelbelastungen und Vorlagen zur Ausschreibung und Ausführung wie z. B. diverse Protokolle runden die Inhalte der RVS 08.22.02 ab.

Dipl.-Ing. Jürgen Stern

Nachweis der ausreichenden Sicherheit gegenüber dem Versagen des Tragglieds und der Nachweis der ausreichenden Sicherheit gegenüber dem Herauszieh-Widerstand aus dem Untergrund. Details hierzu sind der gegenständlichen RVS zu entnehmen. Als Beispiele kann die Bemessung nach Tabellenwerten oder auf Basis der Ergebnisse von Pfahlprobelbelastungen für den Herauszieh-Widerstand der Fundierung genannt werden.

Konstruktive Vorgaben an die Fundierung

Die Besonderheit bei derartigen Schutzverbauungen liegt neben der stoßartigen Belastung durch Steinschlagtreffer vor allem auch in der außersymmetrischen Krafteinleitung samt deren Biege- und Querbeanspruchung auf die Fundierung. Dies kann dazu führen, dass im Pfahlkopfbereich – selbst im Gebrauchslastfall – Einwirkungen und Verformungen auftreten, welche die Dau-

Veranstaltungen und Seminare

FSV-Tagungen:

Bundeskongress kommunale Verkehrssicherheit

17.10.2025

Renaissance Wien Hotel, 1150 Wien

FSV-Preis 2025

20.11.2025

RIVERBOX, 1020 Wien

FSV-Schulungen:

Brückeninspektoren - Basislehrgang

24.-26.11.2025

FSV, 1040 Wien

Fachkraft für Fahrzeugrückhaltesysteme

23.-25.02.2026

FSV, 1040 Wien

Nähere Informationen zu diesen und weiteren Veranstaltungen, und eine Online-Anmeldemöglichkeit finden Sie auf unserer Homepage unter www.fsv.at.

FSV-AKTUELL SCHIENE

„Österreich-Teil“ und offizielles Organ des Bereichs Schiene der Österreichischen-Forschungsgesellschaft Straße · Schiene · Verkehr (FSV)

FSV-Geschäftsstelle:

A-1040 Wien, Karlsgasse 5

Tel.: +43 1 5855567 ·

Fax: +43 1 5855567 - 99

E-Mail: office@fsv.at · <http://www.fsv.at>

Schriftleitung:

DI(FH) DI Ehrenfried Lepuschitz

(Kommentare, Anregungen, Beitragsideen etc. erwünscht!)

Weitere Informationen und Bestellmöglichkeit der Publikationen der FSV auf www.fsv.at.

Bei Bestellungen im EU-Raum bitte Ihre UID bekannt geben (in Deutschland = DE + 9 Ziffern), da Sie so die MwSt. sparen können.

Abonnementpreis der Zeitschrift ETR – Eisenbahntechnische Rundschau für **FSV-Mitglieder ermäßigt!**

Innovationscluster SET4FUTURE ehrt Zukunftslösungen

Rail.S | Zum mittlerweile sechsten Mal suchte SET4FUTURE innovative Produkte, Technologien und Geschäftsmodelle, die das Potenzial haben, das System Bahn nachhaltig zu verbessern. In diesem Jahr wurden gleich vier Preisträger mit dem Innovationspreis ausgezeichnet. Die Preisträger OpenCapacity, Construction Future Lab sowie die beiden Drittplatzierten carbonauten und MRK Group zusammen mit der Technischen Universität Dresden (Professur für Informationstechnik für Verkehrssysteme ITVS) wurden auf dem Sommerfest des Bahnindustrievereins Rail.S e. V., Träger des Innovationsclusters SET4FUTURE, ausgezeichnet.

„Die Jury hat in diesem Jahr erstmals vier Preisträger ausgezeichnet – ein deutliches Zeichen für die außergewöhnliche Innovationskraft und das hohe Problemlösungspotenzial der diesjährigen Einreichungen“, erklärt Rail.S-Geschäftsstellenleiter Dirk-Ulrich Krüger. „Das zeigt auch, wie stark sich die Branche im Wandel befindet – und die diesjährigen Preisträger sind eindrucksvolle Beispiele dafür: Ob KI-Einsatz im öffentlichen Personenverkehr, digitale Baustellen, CO₂-negative Materialien oder zukunftsfähige Funklösungen – alle prämierten Innovationen stehen für eine Bahn, die intelligenter, sicherer und nachhaltiger wird.“

Die Preisträger des SET4FUTURE Innovation Awards 2025 haben sich automatisch für den europäischen Wettbewerb ERCI Innovation Award qualifiziert, der am 30. September 2025 auf der EXPO Ferrovia in Mailand vergeben wird.

Das Start-up OpenCapacity Ltd. mit Sitz in London und Berlin geht in diesem Jahr als Gewinner aus dem SET4FUTURE Innovationswettbewerb hervor. Mit ihrer gleichnamigen Innovation wird die Zukunft des öffentlichen Verkehrs Realität: Dank KI-gestützter Kapazitätsanalyse und -prognose können Verkehrsunternehmen in Echtzeit die Auslastung ihrer Fahrzeuge präzise vorhersagen. Möglich macht dies die gleichnamige und patentierte KI-Technologie, die Live-Daten von vorhandenen Bordsensoren (z. B. Gewicht, WLAN, AFZ, CCTV) mit externen Variablen, wie Wetter, Verspätungen oder Großveranstaltungen, intelligent verknüpft. Auf diese Weise entstehen fundierte Einblicke in Fahrgastströme und Nutzungsverhalten – nicht nur rückblickend, sondern vorausschauend. Für Betreiber bedeutet das: bessere Planung, weniger Überfüllung, geringere Verspätungen und optimierter

Fahrzeugeinsatz ganz ohne zusätzliche Hardwarekosten. Fahrgäste können sich wiederum über zuverlässigere Verbindungen, kürzere Wartezeiten und ein entspannteres Fahrerlebnis auf der Schiene freuen. Die OpenCapacity wird bereits erfolgreich und für den Reisenden sichtbar eingesetzt – z. B. in Form einer Auslastungsanzeige am Bahnsteig bei der S-Bahn Stuttgart der Deutschen Bahn. An mobilen Anwendungen für den Fahrgast wird aktuell gearbeitet.

Der zweite Platz geht an die Construction Future Lab gGmbH, eine unabhängige Forschungs- und Entwicklungseinrichtung aus Dresden, die sich auf die Kernfelder des digitalisierten Bauens konzentriert. Mit SafeCon3D zieht eine zukunftsweisende Lösung in den Gleisbau ein: Das Assistenzsystem schützt Baustellen durch kamerafreie Kollisionserkennung in Echtzeit. Möglich wird dies durch die Kombination aus satellitengestützten Positionsdaten (sogenannter RTK-GNSS-Ortung), digitalen Zwillingen und georeferenzierten Umgebungsdaten. Maschinenbewegungen werden in einer 3D-Umgebung fortlaufend mit sicherheitskritischen Bereichen wie Lichtraumprofilen, Medienleitungen oder Personenbereichen abgeglichen. Droht eine Kollision, greift das System automatisch ein – zuverlässig, robust und ohne kostenintensive Kamertechnik. Im Unterschied zu herkömmlichen Lösungen arbeitet SafeCon3D vollständig digital, funkbasiert, reaktionsschnell und herstellerunabhängig. Sicherheitsabstände werden auch bei komplexen Baustellenkonfigurationen normkonform eingehalten. Die Technologie schafft so nicht nur ein neues Sicherheitsniveau im Gleisbau, sondern legt auch den Grundstein für künftige Automation der Baustelle.

Erstmals wurden beim SET4FUTURE Innovation Award zwei dritte Plätze vergeben. Einer davon ging an die carbonauten GmbH aus Giengen in Baden-Württemberg. Das Unternehmen hat eine Pyrolysetechnologie zur Herstellung von CO₂-negativen Kunststoff mit Biokohlenstoffanteil entwickelt. Die Biokohlenstoffe (BC) stammen aus Holzresten wie Altholz oder Sägeabfällen und gelten als CO₂-Senke, da sie Kohlenstoff aus der Atmosphäre dauerhaft binden. BC kann bis zu 50 % herkömmlichen Kunststoff ersetzen und verbessert gleichzeitig Materialeigenschaften wie Festigkeit, UV- und Temperaturbeständigkeit, Leitfähigkeit und Geruchsbindung. Zudem ist

der CO₂-negative Kunststoff preislich wettbewerbsfähig, teils sogar günstiger als herkömmliche Kunststoffe. Erste Prototypen aus dem nachhaltigen Kunststoff wurden für ICE-Bauteile wie Sitzschalen und Armlehnen in Zusammenarbeit mit DB Fernverkehr gefertigt. Die eigens entwickelte Technologie ermöglicht eine dezentrale, wirtschaftliche und CO₂-negative Produktion von Faserverbundwerkstoffen (Compounds). Die Fertigung in sogenannten „minus CO₂ factories“ lässt sich flexibel an Stoffströme, Produktanforderungen oder Märkte anpassen. Auch belastete Reststoffe mit Störstoffen wie Steinen, Metallen oder Kunststoffen können verarbeitet werden. Die überschüssige Energie aus der Pyrolyse wird für die Produktion genutzt oder weiterverkauft. Ab 2026 soll die erste Fabrik in Eberswalde bis zu 10.000 t jährlich produzieren, ein Standort in China ist in Planung.

Ebenso über den dritten Platz können sich die MRK Group zusammen mit der Technischen Universität Dresden (Professur für Informationstechnik für Verkehrssysteme; ITVS) freuen. Eine neue Anwendung der Leckwellenleitertechnologie namens LCX4Rail macht den Bahnverkehr zukunftsfähig: Entlang der Gleise verlegte LCX-Kabel ermöglichen erstmals eine gemeinsame Infrastruktur für lückenlose Breitband-Funkversorgung, hochverfügbare Fahrzeugortung und radarähnliche Hinderniserkennung – selbst in Tunneln, Tälern und anderen topografisch anspruchsvollen Gebieten. Die Versorgung mit verschiedensten Funksignalen über eine einzige, etablierte Infrastrukturkomponente ist derzeit einzigartig. Gegenüber herkömmlichen Funklösungen reduziert die LCX-Technologie den Bedarf an Hardware und Basisstationen deutlich, senkt Infrastruktur- und Betriebskosten und steigert durch softwarebasierte Mehrfachnutzung der Signale die Systemeffizienz – ganz ohne zusätzlichen Spektrums- oder Gerätebedarf. In Kombination mit Fiber Optic Sensing entsteht eine skalierbare Plattform für digitale Bahnsysteme. Für Betreiber ergeben sich Einsparpotenziale und neue Möglichkeiten für den automatisierten Bahnbetrieb. Die LCX-Infrastruktur gilt als Schlüsseltechnologie für zukünftige Mobilfunksysteme im Schienenverkehr und ist anschlussfähig an europäische Standards wie FRMCS (Future Railway Mobile Communication System).

(uh) •

Betriebswege ohne Bindemittel (BoB) aus hellem Henauer Quarzit: Sicher, trittfest und wasserdurchlässig

BVG Baustoff-Vertriebs-Gesellschaft mbH

| Hell gestaltete Bahn-Betriebswege haben viele positive Effekte: Sie tragen u.a. zu mehr Sicherheit des Bahnbetriebs bei, unterstützen bei Inspektion und Überwachung und heizen sich weniger stark auf. Eine einfache Möglichkeit zur Aufhellung der Betriebswege ist der Einbau von hellem Gestein. Der in Rheinland-Pfalz gewonnene, sehr helle Henauer Quarzit der BVG Baustoff Vertriebs Gesellschaft mbH ist hierfür besonders geeignet und bereits als Material für Betriebswege zugelassen.

Nicht jedes Gestein eignet sich für den Betriebswegsbau. Vielmehr muss das Material in Anlehnung an die Deckschicht ohne Bindemittel (DoB) technische Anforderungen bezüglich der Korn- oder Abriebfestigkeit, der Wasseraufnahme und der Frostbeständigkeit erfüllen. Insbesondere muss das Material trittfest und wasserdurchlässig sein.

Der Henauer Quarzit aus dem Portfolio der BVG vereint alle dafür relevanten Eigenschaften: Das von Natur aus fast weiße Gestein besitzt einen Leuchtdichtkoeffizient q_p von 0,11 cd/(m²·lx) und ist als Randwegmaterial für Bahnanlagen zugelassen. Das Gestein mit kubischem Bruchbild ist in verschiedenen Korngrößen von 0/2 mm bis hin zu Findlingen verfügbar. Im Bereich der Bahnbetriebswege kommen vor allem die Körnungen 0/8 mm und 0/11 mm zum Einsatz. Zudem ist er ausgesprochen langlebig: Einige wasserdurchlässige, helle Deck-

schichten mit Material aus dem Steinbruch Henau sind seit fast 20 Jahren in Gebrauch und erfüllen bis heute ihre Funktion uneingeschränkt.

Helle Betriebswege aus Henauer Quarzit setzen sich optisch klar von den Gleisbereichen ab. Das unterstützt die Arbeitskräfte bei der Orientierung und fördert die Einhaltung von Sicherheitszonen. Zudem können die zu benutzenden Dienstwege durch den Kontrast gegenüber den umliegenden Befestigungen sehr gut kenntlich gemacht werden.

Darüber hinaus bieten Betriebswege aus diesem heimischen Gestein eine erhöhte Arbeitssicherheit, denn das helle Material reflektiert das Licht von Arbeitsfahrzeugen, Stirnlampen und Signalleuchten besser als dunkler Untergrund. Typische Gefahrenstellen wie Unebenheiten oder Fremdkörper heben sich stärker vom hellen Untergrund ab und werden bei Dunkelheit, in der Dämmerung und bei witterungsbedingt schlechter Sicht besser erkannt.

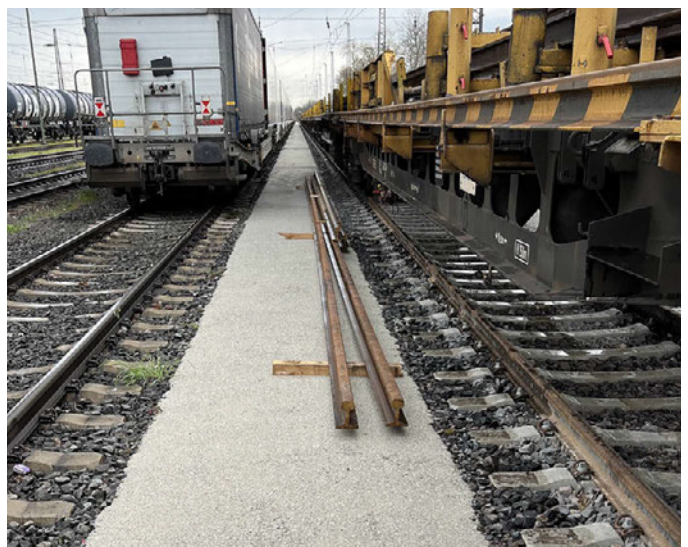
Dieser Effekt macht sich auch bei Kontrollen, Inspektionsgängen, Drohnenüberflügen oder der Videoüberwachung positiv bemerkbar, denn Kabel, Bauteile, Werkzeuge und Schienen lassen sich auf hellem Untergrund leichter identifizieren. Nicht zuletzt profitieren auch die Bediener von mobilen Arbeitsmaschinen wie Zweiwegefahrzeuge oder Schienenkräne vom reflektierten Licht und den besseren Sichtverhältnissen.

Das helle Gestein reflektiert die Sonnenstrahlung besser als dunkle Beläge, wodurch sich die Aufheizung reduziert. Das schützt besonders im Sommer Menschen und Material vor übermäßiger Hitze. Diese Eigenschaften führen auch zur Stromeinsparung, denn die Reflexion erhellt das Umfeld so, dass ortsfeste Beleuchtungseinrichtungen in größeren Abständen platziert werden können und trotzdem eine blendfreie und gleichmäßige Ausleuchtung möglich ist. „Unsere hellen Beläge aus Henauer Quarzit wurden bereits bei diversen Bahnprojekten eingebaut. Wir liefern das Gestein direkt vom Steinbruch zum Einbauort. Dort kann es manuell oder mit einem Fertiger eingebaut und mit leichten Walzen oder Rüttelplatten verdichtet werden. Dabei bleibt die Wasserdurchlässigkeit erhalten. Für den jeweiligen Anwendungsfall können wir speziell hergestellte Kornabstufungen liefern“, erläutert Max Herbort, Vertrieb Gleisbau bei der BVG.

Der Henauer Quarzit wird in Deutschland gewonnen, hochwertig veredelt, abgesiebt und dosiert. Die langfristige Verfügbarkeit des Materials ermöglicht Bauunternehmen und Infrastrukturbetreibern eine zuverlässige und kalkulierbare Planung. Kurz: Mit dem Henauer Quarzit bietet die BVG ein innovatives, praxisbewährtes Gestein für den Bau sicherer, langlebiger und heller Bahn-Betriebswege – made in Germany. (uh) ●



An der Strecke Mainz – Bischofsheim: Betriebswege ohne Bindemittel „BoB 0/11“ aus Henauer Quarzit
Quelle: BVG



Helle Betriebswege erhöhen die Sicherheit, Stolperfallen sind deutlich und frühzeitig sichtbar
Quelle: BVG

Schutzkonzept für den Hauptbahnhof Nürnberg

Dehn Der Hauptbahnhof in Nürnberg ist ein wichtiger Knotenpunkt im deutschen Schienenverkehr. Direkte und indirekte Blitzeinschläge in und im nahen Umfeld des Gebäudes können deshalb schwerwiegende Konsequenzen haben – sowohl für Menschen und die bauliche Integrität des Gebäudes als auch für die empfindliche Elektronik, die bis hin zu den digitalen Stellwerken reicht und die gesamte Infrastruktur des Bahnhofs steuert. Ein zuverlässiges Blitzschutzsystem ist daher unerlässlich.

Aufgrund der besonderen baulichen und gebäudetechnischen Gegebenheiten war die Umsetzung eines konventionellen Blitzschutzsystems am Nürnberger Hauptbahnhof nicht möglich. Zum einen brauchte es eine Lösung, die den Anforderungen des Denkmalschutzes gerecht wird. Denn aufgrund statischer Vorgaben musste die vorhandene historische Halterung des Fahnenmasts weiterhin genutzt und bei der Planung berücksichtigt werden. Auch ein Konzept mit Ableitungen im Gebäudeinneren kam nicht infrage, da die darunter verlaufende U-Bahn-Infrastruktur keine nachträgliche Erdung zulässt.

Die Dehn SE entwickelte eine individuelle Lösung: Ein GfK/Aluminium-Fahnenmast mit integriertem hochspannungsfestem isoliertem Blitzschutz. Darüber hinaus nutzte das Unternehmen während der Planungsphase das dynamische Blitzkugelverfahren nach EDGM (Enhanced Dynamic Ground Mapping). Es simuliert die Bewegung einer Blitzkugel mit variabler Größe, abhängig



Installation des neuen Fahnenmasts bei laufendem Betrieb

Quelle: Dehn

von der Einschlagswahrscheinlichkeit und Gebäudestruktur. Dadurch konnten realistische potenzielle Einschlagpunkte identifiziert und die Positionierung der Fang-einrichtungen gezielt optimiert werden.

Mit dieser präzisen Analyse ließ sich die Anzahl der benötigten Fangeinrichtungen deutlich reduzieren, ohne die geforderte Einfangwahrscheinlichkeit gemäß Blitzschutzklasse II zu unterschreiten.

(uh) ●

INSERENTEN

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH, Berlin.....	31	GRT Global Rail Academy and Media GmbH/Trackomedia, Leverkusen.....	9
BGG Consult Dr. Peter Waibel ZT-GmbH, Wien.....	79	Harting Deutschland GmbH & Co.KG, Minden.....	51
BUG Verkehrsbau SE, Berlin.....	23	MPL AG, Dättwil-Baden.....	19
BVG GmbH, Kirn.....	87	Pintsch GmbH, Dinslaken.....	69
DTi device technologies GmbH, Southborough MA.....	7	Plasser & Theurer GmbH Export, Wien.....	13
DVV Media Group GmbH, Hamburg.....	U2, U3, U4, 42, 87, 88	Rhomberg Sersa Rail Group, Bregenz.....	67
Eiffage Infra-Rail GmbH, Herne.....	39	VSP Stoltzka & Partner Ziviltechniker GmbH, Wien.....	75
Albert Fischer GmbH, Elze.....	43	Dieser Ausgabe liegt eine Beilage der DVV Media Group GmbH, Hamburg bei. Wir bitten um freundliche Beachtung.	

Großauftrag für Schienenfräsmaschinen des Typs Railmaster

Linsinger | Die DB InfraGO AG hat im Amtsblatt der Europäischen Union die Vergabe eines Rahmenvertrags an die österreichische Linsinger Maschinenbau Gesellschaft m.b.H. zur Lieferung von bis zu sechs Schienenfräsmaschinen des Typs Railmaster bekannt gegeben. Der Vertrag umfasst die Entwicklung, Herstellung und Lieferung von Fräszügen für das deutsche Streckennetz der DB InfraGO im Zeitraum 1. Mai 2025 bis 31. Dezember 2029. Der Vertragsabschluss erfolgte am 7. Juli 2025.

Die im Rahmen des Auftrags zu liefernden Schienenfräszüge werden für die präzise, nachhaltige und sichere Instandhaltung des Schienennetzes der DB InfraGO eingesetzt. Mit dem Zuschlag setzt die DB InfraGO auf erprobte Technologie aus Österreich: Linsinger gilt als Pionier im Bereich mobiler Schienenbearbeitung. Beim Schienenfräsen wird der komplette Schie-



Railmaster Modularität durch Gliederbauweise

Quelle: Linsinger

nenkopf in einem einzigen Bearbeitungsschritt reprofiliert. Die Technologie dient der präzisen und umweltfreundlichen Wiederherstellung der Schienenkopfform, der Verlängerung der Lebensdauer von Schienen sowie der Sicherstellung eines

sicheren und komfortablen Fahrbetriebs bei minimaler Beeinträchtigung des laufenden Bahnverkehrs.

Derzeit sind weltweit mehr als 60 Schienenfräszüge von Linsinger im Einsatz.

(uh) ●

Mit uns bekommen Sie mehr Bewerber!

Vorstellungsgespräche

Ihr Fachmann für Stellenanzeigen:

Tim Feindt

tim.feindt@dvvmedia.com

+49 40 237 14 220



**Eurail
press**



Henauer Quarzit 0/8
Henauer Quarzit 0/11

Helle Betriebswege

sicher, trittfest und wasserdurchlässig

Helle Bahn-Betriebswege aus Henauer Quarzit haben viele positive Effekte:

- mehr Sicherheit des Bahnbetriebs
- bessere Sicht bei Inspektionen und Überwachung
- unterstützt gleichmäßige und blendfreie Ausleuchtung
- weniger starke Aufheizung.

Der von Natur aus fast weiße Henauer Quarzit ist als güteüberwachte Gesteinskörnung unter anderem für Bahn-Betriebswege zugelassen. Er eignet sich ideal für Deckschichten ohne Bindemittel, denn er ist unkompliziert in der Pflege und Instandhaltung.



BVG Baustoff-
Vertriebsgesellschaft mbH
Max Merlin Herborn
+49 6752 13269
max.herborn@bvg-kieln.de



Messen Kongresse Konferenzen			
17.09.2025-18.09.2025	Gießen (D)	Kongress Infrastruktur digital planen und bauen 4.0	www.bim-kongress.de
24.09.2025-25.09.2025	Berlin (D)	VDI meets ITK: Bahn. Branche. Zukunft	https://www.vdi.de/veranstaltungen/detail/vdi-meets-itk
06.11.2025-07.11.2025	Fulda (D) und digital	25. Signal+Draht-Kongress 2025	https://www.eurailpress.de/veranstaltungen/detail/25-signal-draht-kongress-2025-hybrid.html
12.11.2025-13.11.2025	Frankfurt/M (D)	11. Deutscher Mobilitätskongress	https://deutscher-mobilitaetskongress.de/
19.11.2025 - 20.11.2025	Aachen (D)	5. International Railway Symposium Aachen 2025	https://irsa.eurailpress.de/
25.11.2025 - 27.11.2025	Hamburg (D)	STUVA-Tagung	https://www.stuva.de/veranstaltungen/stuva-tagung.html
04.03.2026-06.03.2026	Dresden (D)	21. Internationale Schienenfahrzeugtagung Dresden	https://www.rad-schiene.de/
17.03.2026-18.03.2026	Berlin (D)	28. Jahresfachtagung der Eisenbahn-Sachverständigen	https://www.eurailpress.de/veranstaltungen/detail/28-jahresfachtagung-der-eisenbahn-sach-verstaendigen.html

Mehr Termine und Details im Internet: <https://www.eurailpress.de/veranstaltungen/branchentermine.html>



Für Ihre Werbeplanung

die kommenden Ausgaben im Überblick



10/2025

- Energie- und Ressourceneffizienz (Speichertechnologien, Leichtbau, Elektrifizierung)
- Innovationen bei Fahrzeugen
- Mobilitätsmanagement (Reaktivierungen, Trassenpreise, Angebot)
- Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und Recycling
- Mit ETR-Swiss 2/2025

Erscheinungstermin: 10.10.2025
 Anzeigenschluss: 09.09.2025
 Druckunterlagenschluss: 16.09.2025

11/2025

- Zukunft Rail: Aktuelles aus der Forschung
- Fahrwegtechnik
- Wechselwirkung Rad/Schiene
- Softwareentwicklung, Kommunikation und Beratung, Einsatz KI
- Aus- und Weiterbildung / Next Generation
- Tunnel und Brücken

Erscheinungstermin: 12.11.2025
 Anzeigenschluss: 13.10.2025
 Druckunterlagenschluss: 17.10.2025

Tim Feindt • 040/23 714-220 • tim.feindt@dvvmedia.com



ETR

EISENBAHNTHECHNISCHE RUNDSCHAU

ETR – Eisenbahntechnische Rundschau erscheint in 2025 im 74. Jahrgang, ISSN 0013 – 2845 | Internet: www.eurailpress.de/etr

HERAUSGEBER

Stefan Dernbach, Präsident des Eisenbahn-Bundesamtes, Bonn

Rolf Hårdi, Chief Technology Innovation Officer, Deutsche Bahn AG, Berlin

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Steffen Knappe, Stellv. Vorstandsvorsitzender Bundesfachabteilung Eisenbahnoberbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Berlin

Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen, Institutsleiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)

Prof. Dr.-Ing. Corinna Salander, Abteilungsleiterin Eisenbahnen, Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Berlin

Dipl.-Ing. Martin Schmitz, Geschäftsführer für den Bereich Technik im Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Sarah Stark, Hauptgeschäftsführerin des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland e.V. (VDB), Berlin

Ass.Prof. DI Dr. techn. Bernhard Rüger, EURAIL-ING, Technische Universität Wien, Institut für Verkehrswiss., Forschungsbereich für Spurgebundene Verkehrssysteme, Herausgeber ETR Austria

Prof. Dr.-Ing. Thomas Sauter-Servaes, Studiengangleiter, Verkehrssysteme* ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Engineering, CH-Winterthur, Herausgeber ETR Swiss

FACHBEIRAT

Dr. Thomas Anton, Vice President Center of Competence Brake Control, Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH, München

DI Dr. Christine Bauer-Vasko, Wiener Linien GmbH & Co KG, AT-Wien

Prof. Dr. Michael Beiteltschmidt, Professur für Dynamik und Mechanismen, Technische Universität Dresden

Dr. Michael Bernhardt, Vorsitzender der Geschäftsführung der Rail Power Systems GmbH, Berlin

Prof. Dr.-Ing. Martin Cichon, Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Marcel de la Haye, Technical Director, CER, B-Brüssel

Dipl.-Ing. Nils Dube, Leiter Business Line Engineering, DB Systemtechnik GmbH, München

Johann Dumser, Director of Marketing and Communications, Plasser & Theurer, AT-Wien

DI Judith Engel, MBA, MSc, MSc, Vorständin, ÖBB-Infrastruktur AG, AT-Wien

Carsten Fischer, Site Engineering Director, Alstom Transport Deutschland GmbH, Salzgitter

Dr. Gert Fregien, TENSOR, Mannheim

Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein, Lehrstuhl Verkehrswegebau, Technische Universität München

Dr. Peter Fuglistaler, Public Transport Solutions, CH-Wabern

Jan Furnivall, Chief Operating Officer, Vossloh AG, Werdohl

Dr.-Ing. Karsten P. Gruber, Geschäftsführer Obermeyer Infrastruktur GmbH & Co. KG, Düsseldorf

Dr.-Ing. Stefan Gutschling, Geschäftsführer Fachverband Elektrobahnen und -fahrzeuge, ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik-industrie e.V., Frankfurt a. M.

Dipl.-Ing. Roland Heinisch, ehem. Mitglied des Vorstandes der Deutschen Bahn AG, Idstein

Dr. Michael Holzapfel, Senior Vice President Business Unit Rail – Industrial Europe, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Schweinfurt

Dr. Sven Jenne, Director Engineering & Development Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, Oberhausen

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kleemann, München

Dipl.-Ing. Markus Köppel, Abteilungspräsident Infrastruktur, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

Harald Kreft, Geschäftsleitung Hamburg Port Authority, Hamburg

Jens-Günter Lang, Vorstand Ressort Technik, Hamburger Hochbahn AG

Dr. Martin Lange, CEO Federwerke J. P. Grueber GmbH & Co. KG, Hagen

Maria Leenen, Geschäftsführende Gesellschafterin, SCI Verkehr, Hamburg, Köln und Berlin

Dr. Manfred Lerch, Lerch Management GmbH, Heidenheim

Prof. Dr.-Ing. Jia Liu, Leiterin Institut für Verkehrswegebau/Transportation Infrastructure Engineering, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Günter Löffler, Professur Technik spurgeführter Fahrzeuge, TU Dresden, Fak. Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Dresden

Stefan von Mach, Bid Technical Manager Commuter Platforms, Alstom, Hennigsdorf

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin, Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart

Dr.-Ing. Christian Meirich, Komm. Abteilungsleitung Bahnbetrieb, Institut für Verkehrssystemtechnik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Braunschweig

Prof. Dr. Birgit Milius, Leitung Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur, TU Berlin

Dr. Sigrid Nikutta, Vorstand Güterverkehr der Deutschen Bahn AG und Vorstandsvorsitzende der DB Cargo AG

Dipl.-Ing. Dr. Andreas Oberhauser, Senior Manager, Global Rail Consulting GmbH, AT-Wien

Prof. Dr.-Ing. Andreas Oetting, Leiter Fachgebiet Bahnsysteme/ Bahntechnik, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. techn. Norbert Ostermann, Univ.-Prof. i.R., Wissenschaftlicher Leiter der ÖVG, AT-Wien

Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. Raphael Pfaff, Lehrstuhl und Institut für Schienenfahrzeuge, RWTH Aachen

Univ.-Prof. Dr. techn. Ferdinand Pospischil, M.Sc., Institutsleiter, Institut für Eisenbahninfrastruktur-Design, Technische Universität Graz, AT-Graz

Anil W. Rai, B.A., Geschäftsführer Verband der Bahnindustrie, AT-Wien

Prof. Knut Ringat, Geschäftsführer Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH, Hofheim am Taunus

Eckhard Roll, Direktor, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrs-forschung beim Eisenbahn-Bundesamt, Dresden

Frederik Ropelius, Director Consulting, SMA und Partner AG, CH-Zürich

Dipl.-Ing. Volker Rupperecht, Abteilungspräsident Fahrzeuge und Betrieb, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

Dipl.-Ing. Veit Salzmann, Geschäftsführer Hessische Landesbahn GmbH, Frankfurt a. M.

Madeleine Schmitt, Leiterin Grundsätze Stakeholdermanagement Infrastrukturprojekte, DB InfraGO AG, Frankfurt a. M.

Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder, Geschäftsführer der Cassis Railway Experts GmbH; Privatdozent am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen und Honorarprofessor an der TU Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler, Lehrstuhl und Institut für Schienenfahrzeuge, RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer, Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb, Technische Universität Braunschweig

Dipl.-Ing. Volker Sparmann, Vorstandsvors. HOLM e.V., Frankfurt a. M.

Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan, Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Elektrische Bahnen

Dr.-Ing. Karsten Steinhoff, Geschäftsführer der NBE Nordbahn Eisenbahngesellschaft mbH & Co. KG, Kaltenkirchen

Prof. Sebastian Stichel, KTH Royal Institute of Technology, School of Engineering Sciences, Stockholm, Schweden

Dr. Timo Strobel, Head of Approval Management, GTS Deutschland GmbH, Ditzingen

Detlev K. Suchanek, Geschäftsführer GRT Global Rail Academy and Media GmbH/Publisher PMC Media

Niko Warbanoff, CEO der DB E.C.O. Group und Vorsitzender der Geschäftsführung der DB International Operations (DB IO), Berlin

Prof. Dr. Norman Weik, Professur für Planung und Betrieb von Schienenverkehrssystemen, Technische Universität München

Dipl.-Ing. Henri Werdell, L-Eisenbach

Enno Wiebe, Director General, UNIFE - The European Rail Supply Industry Association, B-Brüssel

Dr. Elmar Zeiler, CEO Customer Services, Siemens Mobility GmbH, Erlangen

KOOPERATIONSPARTNER

VDI VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.
– Fachbereich Bahntechnik

VERLAG

DVV Media Group GmbH
Postfach 10 16 09, D-20010 Hamburg
Heidenkampsweg 73-79, D-20097 Hamburg
Tel. +49 40 23714-100
Internet: www.dvvmmedia.com · www.eurailpress.com

Geschäftsführer
Martin Weber

Verlagsleitung
Manuel Bosch

Chefredakteur Eurailpress | Gesamtreaktionsleitung
Georg Kern

Redaktion ETR
Chefredaktion
Ursula Hahn (verantw.)
+49 172-188 08 29 | ursula.hahn@dvvmmedia.com

Redaktionsteam
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Jänsch
Dagmar Rees
Miriam Riedel

Anzeigen
Anzeigenleitung Eurailpress
Silke Härtel (verantw.)
+49 40 23714-227 | silke.haertel@dvvmmedia.com

Anzeigenverkauf
Tim Feindt
+49 40 23714-220 | tim.feindt@dvvmmedia.com

Anzeigentechnik
Frank Schnakenbeck
+49 40 23714-332 | frank.schnakenbeck@dvvmmedia.com
Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 61 vom 1. Januar 2025.

Vertrieb

Leiter Marketing & Vertrieb
Markus Kukuk
+49 40 23714-291 | markus.kukuk@dvvmmedia.com

Unternehmenslizenzen Digital/Print
lizenzen@dvvmmedia.com

Leser- und Abonnentenservice
Tel. +49 40 23714-260
service@dvvmmedia.com

Erscheinungsweise

Monatlich, zwei Doppelhefte im Jan./Feb. und Juli/Aug., viermal jährlich inklusive Supplement ETR Austria, zweimal jährlich inklusive Supplement ETR Swiss

Bezugsbedingungen

Die Bestellung des Abonnements gilt zunächst für die Dauer des vereinbarten Zeitraumes (Vertragsdauer). Eine Kündigung des Abonnementvertrages ist zum Ende des Berechnungszeitraumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht rechtzeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden. Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeitskampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch. Zu stellmängel sind dem Verlag unverzüglich zu melden. Es ist ausdrücklich untersagt, die Inhalte digital zu vervielfältigen oder an Dritte (auch Mitarbeiter, sofern ohne personenbezogene Nutzerlizenzierung) weiterzugeben.

Zusätzliche digitale Abonnements

Bezug auf Anfrage, gültig ist die Vertriebspreisliste vom 01.01.2025.

Bezugsgebühren

Abonnement: Inland jährlich 367 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt., Ausland mit VAT-Nr. jährlich 412 EUR inkl. Porto, ohne VAT-Nr. inkl. Porto zzgl. MwSt.

Das Abonnement-Paket enthält die jeweiligen Ausgaben als Print, Digital und E-Paper sowie den Zugang zum Gesamtarchiv der Zeitschrift.

Einzelheft: 40,00 EUR inkl. MwSt.

Layout: DVV Media Group / Matias Becker

Druck: Silber Druck GmbH & Co. KG, Lohfelden

Copyright: Vervielfältigungen durch Druck und Schrift sowie auf elektronischem Wege, auch auszugsweise, sind verboten und bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung des Verlages. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

ISSN 0013-2845

Mitglied/Member



Deutsche Fachpresse

Eine Publikation der DVV Media Group



5 Fragen an Karsten Kemeter



Quelle: Deutsche Bahn / Jens Jeske

Dr. Karsten Kemeter, CTO Nachrichtentechnik der DB AG

Weitere Informationen zum Projekt Gigabit Innovation Track XT finden Sie unter: www.db.de/gint-xt (GINT XT)

Sektorübergreifende Zusammenarbeit schafft Innovationen

Für einen zukunftsfähigen Schienenverkehr muss die Infrastruktur saniert und ausgebaut werden. Dazu gehört auch, die innerbetriebliche Konnektivität sowie die Mobilfunkversorgung der Fahrgäste deutlich zu verbessern. Daran arbeiten Deutsche Bahn und öffentliche Mobilfunkanbieter gemeinsam.



1 Was verstehen Sie unter Konnektivität im Bahnbetrieb?

Konnektivität – die Fähigkeit von Geräten, Systemen und Menschen, miteinander zu kommunizieren und Daten auszutauschen – hat betrieblich für uns zwei Ausprägungen: Einerseits die Sprachkommunikation, ohne die wir im operativen Bahnbetrieb Schritt fahren müssten, und andererseits die Fahrzeuginstandhaltung. In beiden Bereichen stehen wir vor einem Generationswechsel der Technologien. Wir kommen aktuell vom Mobilfunk der zweiten Generation – dem GSM-R-System auf 2G-Basis – und stellen bis 2035 auf den 5G-Standard um. Beim Bahnfunk heißt das zugehörige System Future Railway Mobile Communication System, kurz FRMCS.

2 Was bedeutet die Einführung von FRMCS?

Nach der Migration von FRMCS in Infrastruktur und Fahrzeuge wird es ein einziges Kommunikationssystem im Zug geben, das die Leistungsfähigkeit des heutigen GSM-R deutlich übertrifft und die Basis der heutigen und künftigen Kommunikationsanwendungen sein wird, wie automatisiertes Fahren und ETCS.

3 FRMCS und die Gigabit-Versorgung der Fahrgäste sollen miteinander

der einhergehen. Wie hängt das zusammen?

Fahrgastkonnektivität ist in der Tat ein ganz anderes Thema als die betriebliche Konnektivität. Während wir bei der betrieblichen Konnektivität private Funknetze ausschließlich für den eigenen Betriebsbedarf aufbauen, stellen die öffentlichen Mobilfunknetzbetreiber die Mobilfunkversorgung der Bevölkerung sicher. Wir als Bahnen haben damit insofern zu tun, als dass wir auf dem engen Raum eines Zugs viele Fahrgäste bewegen, die das öffentliche Mobilfunknetz während der Reise störungsfrei nutzen möchten.

4 Wie kommt der Mobilfunk zu den Fahrgästen?

Wir sehen es als wichtige Aufgabe des Bahnsektors, das Mobilfunksignal am Gleis auch tatsächlich in den Zug zu leiten. Der Zug ist bekanntlich ein faradayscher Käfig. Die Fensterscheiben bedampfen wir metallisch, um die Erhitzung des Innenraums zu reduzieren – ganz schlecht für den Mobilfunk. Deshalb haben wir eine moderne und sehr bahntaugliche Lösung entwickelt: mobilfunktransparente Scheiben. Die bedampften Scheiben lasern wir so mit einer feinen Gitternetzlinie, dass das Mobilfunksignal gut in das Wageninnere zum Fahrgast gelangt. DB Fernverkehr setzt das bereits um: Alle Neufahrzeuge

fahren mit mobilfunktransparenten Scheiben, die Scheiben von Bestandsflotten werden nachträglich gelasert.

5 Im Rahmen des Projekts „Gigabit Innovation Track“ (GINT) wurde bereits eine Teststrecke zur Erprobung der möglichen technischen Infrastruktur am Gleis eingerichtet. Nun folgt GINT XT. Worum geht es?

Die öffentlichen Mobilfunknetzbetreiber stehen vor der Herausforderung, ökonomisch vertretbar eine Versorgung mit Telekommunikationsdiensten durch Funknetze mit sehr hoher Kapazität entlang der Schienenwege zu erreichen. Um die Kosten einzudämmen, schlagen wir den öffentlichen Mobilfunkern eine Mitnutzung unserer passiven FRMCS-Mobilfunkinfrastruktur vor, das heißt Masten, Behausungen, Strom- und LWL-Kabel, die wir sowieso bauen. Sie können ihre Baukosten durch eine Mitnutzung im Vergleich zu eigenen Netzen um bis zu 50 % senken. In GINT haben wir das Design der Funkmasten für die Nutzung durch FRMCS und öffentlichen Mobilfunk getestet. Nun muss in GINT XT das Zusammenspiel der vier öffentlichen Mobilfunkanbieter untereinander und mit FRMCS erprobt werden. Es geht also um eine sektorübergreifende Zusammenarbeit für die beste Lösung. ●

GLEICH GEHT ES WEITER

Eurailpress Career Boost
2024

Für unsere **Fachredaktion Rail mit Schwerpunkt bei der Publikation Rail Business** suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen engagierten

Redakteur (m/w/d)

Die Fachredaktion Rail verantwortet unter der Dachmarke Eurailpress die führenden deutschsprachigen Fachinformationsangebote für die Schienenverkehrsbranche. Dazu gehören renommierte technische Fachzeitschriften wie die ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR und Signal+Draht ebenso wie die Wirtschaftsmedien Rail Business und bahn manager sowie digitale Formate wie Websites, Newsletter, Videos und Podcasts.

Der Schienenverkehr gehört zu den Wirtschaftssektoren mit hoher Dynamik und großer gesellschaftlicher Relevanz. Rail Business sind die führenden Wirtschaftsnachrichten für die gesamte Schienenverkehrsbranche im deutschsprachigen Raum. Unser Redaktionsteam berichtet mit einem täglichen Newsletter und einer Wochenzeitung für Entscheidungsträger hochaktuell über die wichtigsten Branchenthemen aus Politik, Unternehmen, Personalien, Betrieb, Technik und Infrastruktur.

Ihre Aufgaben

- Recherchieren und Verfassen von journalistischen Fachinhalten mit Fokus auf die Themen Technik, Fahrzeuge und Infrastruktur für unsere Leserschaft
- Planung und Koordination der Beiträge für die Veröffentlichung in der Wochenausgabe von Rail Business und dem täglichen Newsletter Rail Business Daily sowie – falls passend und relevant – in unseren Publikationen in den Marktbereichen Rail und ÖPNV
- Führen von Hintergrundgesprächen und Interviews sowie der Besuch von Pressekonferenzen und Branchenveranstaltungen inklusive eigener Recherche
- Platzierung der Beiträge in das jeweilige Content-Management- und Layout-System und Mitwirkung bei der Finalisierung der jeweiligen Publikationen
- Unterstützung der verantwortlichen Kollegen/innen unserer Fachmagazine bei der Erstellung von Nachrichtenteilen und technischen Fachbeiträgen
- Weiterentwicklung bestehender Publikationsformate sowie Mitwirkung an neuen Medienangeboten (z.B. Podcasts, Newsletter, Social-Media-Beiträge) – auch in der redaktions- und objektübergreifenden Zusammenarbeit innerhalb unseres Verlags

Ihre Profilrichtungen:

- Sie haben einen Studienabschluss im Bereich Journalismus oder Kommunikation mit technischem Fokus oder einem Volontariat mit thematischer Nähe zu unserem redaktionellen Umfeld abgeschlossen. Sie begeistern sich für technische Sachverhalte und erarbeiten komplexe Themen und Zusammenhänge, um diese leserorientiert wiederzugeben.
- Alternativ verfügen Sie über einen technischen Studienabschluss im Bereich Ingenieurwesen, bringen Begeisterung für das Recherchieren, Netzwerken und Verfassen von Fachartikeln sowie die Bereitschaft, ihre redaktionellen und journalistischen Kompetenzen aufzubauen und/oder weiterzuentwickeln, mit.
- Idealerweise haben Sie bereits Erfahrung in der journalistischen und redaktionellen Arbeitsweise in Print und Digital.
- Wünschenswert sind Kenntnisse auf den Gebieten Eisenbahntechnik, Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieur-, Verkehrsingenieurwesen, IT oder Physik
- Sie haben ein sehr gutes Sprachgefühl, beherrschen Deutsch auf muttersprachlichem Niveau und verfügen über gute Englischkenntnisse
- Ob im Team oder auf sich selbst gestellt – Sie sind selbstständiges, eigenverantwortliches sowie strukturiertes und akkurates Arbeiten mit der damit verbundenen Reisetätigkeit und stetigem Termindruck gewohnt
- Sie sind sicher im Umgang mit MS Office und haben idealerweise bereits Kenntnisse im Umgang mit Publishing Software (z.B. K4/InDesign, Typo3, Inxmail)



Bewerben Sie sich jetzt unter
<https://jobs.dvvmedia.com>

DVV Media Group GmbH
Heidenkampsweg 75, 20097 Hamburg
www.dvvmedia.com



WORLD RAIL MARKET STUDY

10th edition | forecast 2024 to 2029

Order
Now!

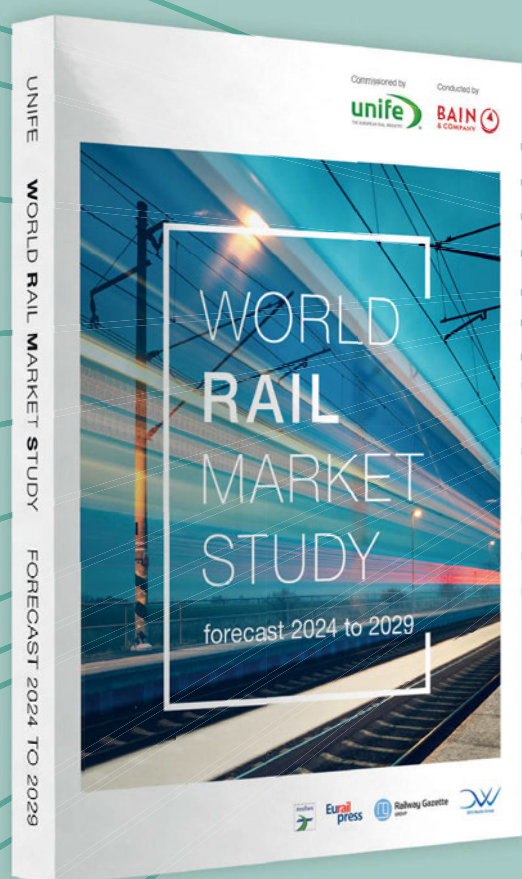
**Commissioned by UNIFE,
conducted by Bain & Company
and published by DVV |
Eurailpress | Railway Gazette**

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



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

Commissioned by



Conducted by





25. SIGNAL+DRAHT-Kongress



06. – 07. November 2025,
Maritim Hotel, Fulda

**Jetzt
anmelden**

Innovative Technologien bestimmen die Perspektive der Leit- und Sicherungstechnik in erheblichem Maße. Während der ETCS-Rollout in Europa läuft, rücken das neue Zugfunksystem FRMCS und auch das automatisierte Fahren immer stärker in den Fokus. Und mit dem „Stellwerk in der Cloud“ zeichnet sich bereits die nächste Stufe der Evolution ab.

Der 25. Signal+Draht-Kongress widmet sich daher der Frage, wie LST-Innovationen die Bahn in Europa treiben. Übergeordnete Strategien werden im ersten Block aus Deutschland, Österreich und der Schweiz präsentiert und auch die volkswirtschaftliche Relevanz eines innovativen Bahnsektors aufgezeigt. Mit Fachbeiträgen zu FRMCS, ATO und Cloud werden am Nachmittag konkrete Innovationsthemen vorgestellt. Die Podiumsdiskussion hinterfragt anschließend, wie aus einer technologischen Innovation eine erfolgreiche Markteinführung werden kann.

Der zweite Kongresstag greift aktuelle Themen und Projekte in weiteren Fachvorträgen auf. Nach einem Blick auf die Auswirkungen des Cyber Resilience Act wird anhand konkreter Beispiele die Einführung neuer Technologien aufgezeigt – von CBTC bei Metros über ETCS bei NE- und Regionalbahnen bis zum landesweiten ETCS-Rollout in Belgien. Den Abschluss bildet mit einem Projekt zur BIM-gestützten Abnahme von LST-Projekten ein angesichts des Ressourcenmangels an Prüfern hochrelevantes Thema.

Zum Kongress gehört erneut die Verleihung des Signal+Draht-Lebenswerkpreises an eine herausragende Persönlichkeit der LST-Branche. Neben der Präsenzteilnahme vor Ort in Fulda mit der Gelegenheit zum Austausch und persönlichen Gesprächen mit den rund 300 Teilnehmenden ist alternativ auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich.

Jetzt anmelden unter: **www.eurailpress.de/sdk2025**

Organisation

Daniela Hennig
+49/(0)40/237 14 – 355
daniela.hennig@dvvmedia.com

Ausstellung

Silke Härtel
Tel: +49/(0)40/237 14 – 227
E-Mail: silke.haertel@dvvmedia.com

Veranstalter

**Eurail
press**

25. SIGNAL+DRAHT-Kongress LST-Innovationen treiben die Bahn in Europa

Donnerstag, 06. November 2025		Referent/in
10:30	Begrüßung	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:40	Keynote	Dr. Anjes Tjarks, Freie und Hansestadt Hamburg (angefragt)
11:05	Strategisches Vorgehen zur erfolgreichen Markteinführung technologischer Innovationen in Österreich	N.N., ÖBB (angefragt)
11:30	Konsequente Weiterentwicklung und Migration neuer Technologien in der Schweiz	Daniel Kühni, SBB N.N., BAV (angefragt)
12:00	Volkswirtschaftlicher Nutzen der Bahnindustrie und die Bedeutung von Innovationen	Helmut Berrer, Economica
12:30	Mittagessen	
13:45	Organisatorische und technologische Ausrichtung des LST-Bereichs bei der DB InfraGO	Patrick Steinebach, DB InfraGo
14:15	Diskussion: Konsequenzen aus der Neuaufstellung der DB InfraGO	Patrick Steinebach, DB InfraGo
14:30	Die FRMCS-Strategie der ÖBB	Martin Taranetz, ÖBB Infrastruktur AG
15:00	FRMCS und die TK-Plattform der DB InfraGO	Rainer Fachinger, DB InfraGo
15:30	Kaffeepause	
16:00	Stellwerk in der Cloud: Grundlagen, Umsetzbarkeit und Nutzen	Sonja Steffens, Siemens Mobility GmbH Reinhard Hametner, Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH
16:30	ATO und RTO: Vorhaben zur Automatisierung des Zugbetriebs	David Schulz, DB AG
17:00	Diskussion: Von der Innovation zur Markteinführung	
17:45	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2025	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH Reinhold Hundt, SIGNAL+DRAHT August Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:30	Abend der Kommunikation	
Freitag, 07. November 2025		Referent/in
9:00	Der Cyber Resilience Act aus Sicht der LST	Oliver Knapp, DB InfraGo Frank Schneider, Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH
9:30	CBTC - Automatisierung im U-Bahn-Bereich	N.N. (angefragt)
10:00	ETCS bei NE-Bahnen: VDV-Schrift und erste Anwendungen	Ingo Dewald, eisenbahn.jetzt Alexander Große, RWTH Aachen
10:30	Kaffeepause	
11:00	ETCS-Einführung bei Regionalbahnen in Italien	N.N. (angefragt)
11:25	Erfahrungen mit dem ETCS-Rollout in Belgien	Jochen Bultinck, Infrabel nv
11:50	BIM-gestützte Abnahme von LST-Gewerken	Carolin Baier, Siemens AG
12:20	Abschluss	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
12:30	Ende der Veranstaltung	