

ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU



IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN



INNOTRANS 2022

Vorschau auf die Weltleitmesse der Verkehrstechnik in Berlin

BAUBETRIEBSMANAGEMENT

Kapazitive Planung und fahrplanerische Ausregelung von Baumaßnahmen mit einem neuen Planungsprozess

KLIMASCHUTZ IM VERKEHRSWEGEBAU

Verkehrliche Perspektive und Bewertung mit Blick auf übergeordnete Klimaziele

BATTERIEELEKTRISCHE FAHRZEUGE

Der Alstom BEMU Demonstrator im Fahrgasteinsatz – erste Erfahrungen aus dem Testbetrieb

**Plasser & Theurer**

GESTALTEN IN VERNETZTEN DIMENSIONEN

InnoTrans 2022. Besuchen Sie uns in Halle 5.2.

SPITZKE ist Wegbereiter schienengebundener Mobilität.

Mit unseren Kompetenzbereichen – Fahrweg, Technik, Ausrüstung/Elektrotechnik, Großprojekte/Ingenieurbau, Logistik und Fertigung – gestalten wir schon heute die Zukunft der Bahninfrastruktur. Vernetzt und konsequent entwickeln wir unsere Geschäftsfelder weiter, damit nachhaltige Mobilität dauerhaft verfügbar bleibt.

www.spitzke.com

Für eine neue Erfolgsgeschichte der Eisenbahn

Deutschlandtakt und Digitalisierung sorgen für einen innovativen, verlässlichen und attraktiven Schienenverkehr.



Liebe Leserinnen und Leser,

öfter, schneller, überall - das sind drei Dinge, die Menschen von einer attraktiven Bahn erwarten. Mit dem Deutschlandtakt setzen wir dem ein entsprechendes Angebot gegenüber. Er soll in den kommenden Jahren den Schienenverkehr in Deutschland revolutionieren. Verbindungen werden mit ihm verlässlicher und pünktlicher. Fahrgäste, Güter und Waren kommen schneller ans Ziel. Bahnfahren wird attraktiver, was mehr Menschen davon überzeugen wird, auf die Bahn umzusteigen. Genau das brauchen wir, um die Klimaziele zu erreichen.

Mit Hochdruck arbeiten wir daran, das Schienennetz zu modernisieren und fit zu machen. Zudem vollziehen wir mit dem Deutschlandtakt einen Paradigmenwechsel: Danach orientiert sich der Aus- und Neubau künftig am Fahrplan – und nicht umgekehrt. So können wir das Schienennetz gleichzeitig weiterentwickeln und nutzen.

Eine Schlüsselrolle spielt die Digitalisierung. Bis zum Jahr 2035 soll z.B. das gesamte Schienennetz des Bundes mit digitalen Stellwerken und ETCS, dem neuen europäischen Standard der Leit- und Sicherungstechnik, ausgerüstet sein. Allein durch diese digitale Unterstützung könnten wir eine zusätzliche Kapazität von bis zu 20 % im Personen- und Güterverkehr erreichen.

Hohe Erwartungen sind auch mit einer bedeutenden Innovation für Schienenfahr-



Quelle: Bundesregierung / Jesco Denzel

zeuge verbunden: der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK). Güterwagen können dank ihr automatisch und ohne Handarbeit miteinander verbunden werden. Zudem liefern durchgehende Datenleitungen Informationen über Bremsen, die Reihung der Wagen, die Temperatur in den Waggons oder zu technischen Problemen. Die DAK hilft, Abläufe zu

optimieren und die Produktivität zu steigern. Sie europaweit einheitlich einzuführen, lohnt sich. Das alles dient einem Ziel: Die Bahn im Wettbewerb der Verkehrsträger im Güter- und Personenverkehr zu stärken.

Das gilt ebenso beim Fördern und Erforschen. So unterstützen wir etwa das digitale Testfeld „Zugbildungsanlage der Zukunft“ in München Nord sowie das Erproben des automatisierten Fahrens zwischen Deutschland und den Niederlanden. Wertvolle Erkenntnisse versprechen wir uns zudem vom Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung sowie vom Offenen Digitalen Testfeld im Schienendreieck Halle-Cottbus-Niesky.

Ob Deutschlandtakt mit leistungsstarkem Schienennetz oder Digitalisierung: Die Aufgaben sind vielfältig und anspruchsvoll. Die Bahnbranche hat aber beste Voraussetzungen, sie zu bewältigen. Denn hier sind Akteure tätig, die engagiert anpacken. Sie setzen auf digitale Technologien und entwickeln innovative Produkte sowie Anwendungen.

Die Bahn hat enormes Potenzial. Zusammen mit der Branche wollen wir es heben und nutzen – und so die Geschichte der Bahn wieder zu einer Erfolgsgeschichte machen. ●

Dr. Volker Wissing MdB

Bundesminister für Digitales und Verkehr



Großer Vorbericht zur 13. InnoTrans, die nach vierjähriger Pause im September in Berlin stattfindet **14**



Daniela Gerd tom Markotten, Technik-Vorständin der Deutschen Bahn, im Interview **50**



Der Alstom BEMU Demonstrator im Fahrgasteinsatz, Erfahrungen aus dem Testbetrieb **104**

Inhalt

Gastkommentar

3

Für eine neue Erfolgsgeschichte der Eisenbahn

Volker Wissing

InnoTrans 2022

14

InnoTrans 2022: Restart nach vierjähriger Zwangspause

Christoph Müller

18

Die Eurailpress-Messevorschau zur InnoTrans 2022

Interview

50

Digitalisierung schafft Transparenz

Daniela Gerd tom Markotten

Verkehr & Betrieb

54

Praxisgerechte Qualifizierung für Cybersecurity in Kritischen Infrastrukturen

Benjamin Mensing | Alexander Schomberg | Lars Schnieder

60

ETCS-Ausrüstung auf der CFL-Nordstrecke in Luxemburg

Albrecht Morast | Christopher Wink | Laurent Pott | Nils Nießen

66

Kapazitätssteuerung im Baubetriebsmanagement mit einem neuen rollierenden Planungsprozess

Daniel Pöhle | Matthias Hüller | Jörg Bormet

70

Digitale Personaldisposition für effizienten Schienenverkehr

Joachim Berends | Gert Meenken | Gerrit Koch to Krax

76

Deutschlandweit mit einer App unterwegs: Mobility inside ist gestartet

Jörg Puzicha | Britta Salzmänn

80

Preisbereitschaften für Bahnfernreisen und Möglichkeiten der Beeinflussung durch das Marketing

Andreas Krämer

88

NGT Slip Coaching – Übertragbarkeit des Konzepts auf weitere Länder und Streckentypen

Michael Mönsters | Leander Flamm

96

175 Jahre Schweizer Bahnen

Jürg D. Lüthard

Infrastruktur & Bau

100

Klimaschutz im Verkehrswegebau – Gesamtoptimierung oder interessenorientierte Segmentierung? (Teil 2)

Roland Leucker | Martin Schmitz

Fahrzeuge & Komponenten

104

Der Alstom BEMU Demonstrator im Fahrgasteinsatz – erste Erfahrungen aus dem TestbetriebPavel Boev | Benjamin Ebrecht | Stefan von Mach
Ulrich Zimmermann

110

SensoDIMARis: Eine Lösung für zustandsbasierte und vorausschauende Instandhaltung

Ute Franke | Martin Häberer | Jörg Jonas-Kops | Bernd Bremer

116

Hybride Wartungsfahrzeuge für die Schiene: Gotthardtunnel goes green

Thorsten Micke | Thomas Huggenberger

120

Ein Beitrag zur Problematik der Rollkontaktermüdung

Rainer Fleiss

126

Modulbasierte Systemtechnik liefert bedarfsgerechte Leistung für Zug und Infrastruktur

Niklas Duda



116 Hybride Wartungsfahrzeuge für den Gotthard-Basistunnel

**Unimat 09-4x4/4S E³**

Der Einsatz der E³-Hybrid-Antriebstechnologien steigert das potentielle Auftragsvolumen durch neue Einsatzgebiete, wie Tunnel und innerstädtische Bereiche. Elektrisch fahren und arbeiten reduziert Lärm und CO₂-Emissionen. Einsatzerfahrungen belegen eine CO₂ Verminderung von 27 t pro 100 Stunden Arbeit. Das ist ein Wert, der sich nur aus dem Arbeitsbetrieb ergibt – der elektrische Überstellbetrieb bringt noch erheblich höhere Einsparungen. Der facettenreiche Beitrag der E³-Technologie zum Umweltschutz sichert die Vorreiterrolle der Bahn als umweltfreundlicher Verkehrsträger.

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

T 062 03 / 661 9620 |

ursula.hahn@dvvmedia.com

Vertrieb:**Markus Kukuk**

T 040 / 237 14 - 291

markus.kukuk@dvvmedia.com

Anzeigenverkauf:**Tim Feindt**

T 040 / 237 14 - 220

tim.feindt@dvvmedia.com

Nähere Informationen

siehe Seite 161

**Eurailpress Fachartikelarchiv**

Alle Beiträge mit diesem Symbol sind unter www.eurailpress.de/archiv/ dauerhaft hinterlegt. Finden Sie weitere Aufsätze der Autoren oder nutzen Sie die

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



Die Wiener Linien setzen vielfältige Schwerpunkte im Bereich Nachhaltigkeit **132**



Verwerfungssichere durchgehend verschweißte Schmalspurgleise bei der Mariazellerbahn **136**



Advanced TrainLab – Erprobung neueste Technologien **152**

Extra: ETR Austria

129
Editorial

130
Kompakt

132
Nachhaltigkeit bei den Wiener Linien
Günter Steinbauer | Bruno Peretti

136
Verwerfungssichere durchgehend verschweißte Schmalspurgleise bei der Mariazellerbahn der Niederösterreich Bahnen (NÖVOG)
Ekkehard Steiner | Michael Krueger

144
Prototypen Entwicklung zur Bremsbelagskraft und Sohlenkraftmessung von Druckluftbremsen
Christian Gruböck | Walter Rieger | Gernot Theuermann

150
FSV Aktuell

Fünf Fragen an

162
Bis zu 50 % mehr Bahnfahrergäste möglich, wenn der Ticketkauf einfacher wäre
Thomas Preslmayr

Rubriken

8
Monitor

152
DB Systemtechnik

154
VDB-Nachwuchspreis

156
Veranstaltungen & Termine

158
Marktplatz

160
Inserentenverzeichnis

161
Impressum

In die richtige Richtung

Die umweltfreundlichen Technologien von Liebherr können Komfort und Sicherheit an Bord von Schienenfahrzeugen entscheidend steigern. Als innovativer Hersteller von Klimageräten setzen wir bei der Klimatisierung von Zügen bevorzugt auf natürliche Kältemittel. Seit mehr als 15 Jahren bewähren sich unsere luftgestützten Klimasysteme erfolgreich im täglichen Einsatz. Moderne, energieeffiziente CO₂- und Kaldampf-Klimaanlagen runden unser umfangreiches Produktportfolio ab.
www.liebherr.com

LIEBHERR

Transportation Systems



Besuchen Sie uns auf der

InnoTrans 2022

20. - 23. September
Berlin
Freigelände 0/170

Eingriff in die Bewirtschaftung von Trassen als Krisenmanagement



Quelle: dpa/Jochem Tack

Das Niedrigwasser auf dem Rhein, bei dem der Pegel in Emmerich erstmals unter Null fiel, verschärft die Frage, wie Energieversorgung und Umstellung auf Gas-Alternativen gesichert werden kann

Trassenbewirtschaftung | Die Bundesregierung greift angesichts steigender Probleme bei der Energieversorgung per Verordnung in die Bewirtschaftung der Trassen im Schienennetz ein. Die Energieversorgung beeinträchtigt diesen Sommer eine Vielzahl an Faktoren: Die wichtigsten sind der Angriffskrieg von Russland auf die Ukraine und damit einhergehend die Notwendigkeit, Erdgas aus Russland durch andere Energiequellen zu ersetzen, sowie die Knappheit von Kapazitäten im Schienennetz und wegen des Niedrigwassers auch bei der Binnenschifffahrt. Betreiber der Schienenwege sollen deshalb bereits zugewiesene Trassen und Nutzungen von Serviceeinrichtungen zugunsten priorisierter Transporte von Öl, Kohle und Großtransformatoren kündigen dürfen – allerdings nur in genau definierten Ausnahmefällen. Das sieht die Ende August verabschiedete Energiesicherungstransportverordnung (EnSiTrV) vor.

Bei Nutzungskonflikten sollen die Infrastrukturbetreiber zunächst prüfen, ob der gewünschte Transport auch bis zu zwei Stunden vorher oder später fahren kann. Falls es dennoch bei Nutzungskonflikten bleibt, müssen sie Anträge und bestehen-

de Verträge koordinieren. Erst wenn eine einvernehmliche Regelung zwischen den Zugangsberechtigten nicht möglich ist, dürfen bestehende Verträge fristlos gekündigt werden. Die Betreiber müssen in solchen Fällen unverzüglich die Bundesnetzagentur informieren und dem von der Kündigung Betroffenen ein Ersatzangebot machen. Entschädigungen richten sich nach dem Energiesicherungsgesetz, darüber hinausgehender Schadensersatz ist ausgeschlossen.

Zulässig ist eine vorrangige Kapazitätszuweisung dann, wenn andernfalls der Stillstand einer Mineralölraffinerie, der Leerstand eines Tanklagers oder der Stillstand einer Anlage droht, die zur Gaseinsparung auf einen anderen Brennstoff umsteigen will. Die Verordnung gilt auch für die Brennstoffversorgung regulär laufender Kraftwerke, nicht nur für Kraftwerke der Netzreserve, wie dies ursprünglich im Referentenentwurf vorgesehen war. Die Zugangsberechtigten müssen den Bedarf in geeigneter Form belegen. Die Netzagentur darf diese Nachweise prüfen. Um die Auswirkungen auf den übrigen Schienenverkehr gering zu halten, müssen die Zugangsberechtigten mindestens zehn Tage

im Voraus Last- und Leerlauf sowie benötigte Kapazität in Serviceeinrichtungen gleichzeitig anmelden.

Der Netzbetreiber leitet den Bedarf an Kapazität an die jeweils betroffenen Betreiber von Serviceeinrichtungen weiter. Ein betrieblicher Vorrang – im Sinne einer Express-Trasse – ist nicht vorgesehen.

In der Anlage enthält die Verordnung rund 500 konkrete Relationen („Energiekorridor-Netz“), für die Vorrangtransporte angemeldet werden dürfen. Falls unvermeidlich, dürfen in Vorrangtransporten auch laute Güterwagen eingesetzt werden.

Kohlebevorratung ist noch hoch

Eine Umfrage der ETR-Schwesterzeitung *Rail Business* bei Kohlekraftwerken ergab, dass zum Zeitpunkt des Bekanntwerdens des Referentenentwurfs die Lager der Kohlekraftwerke noch ausreichend gefüllt waren. Die Kraftwerksbetreiber begrüßen mit Blick auf den Winter die Initiative der Priorisierung.

Bei Kohletransporten geht es in erster Linie um die Belieferung von Steinkohlekraftwerken. Braunkohletransporte spielen eine untergeordnete Rolle, da die entsprechenden Kraftwerke in der Nähe der Tagebaue liegen und über Werksbahnen oder Förderbandsysteme beliefert werden, so der Kraftwerksbetreiber RWE. Die Steinkohlekraftwerke befanden sich aktuell nicht in akuter Brennstoff-Knappheit: Weder die Essener Steag noch die baden-württembergische EnBW und Vattenfall in Berlin sind auf kurzfristige Lieferungen angewiesen, um die Versorgungssicherheit sicherzustellen.

Schweiz nutzt Mineralöl im Lager

Die Bedarfe der Schweiz fließen nicht in deutsche Energieversorgungsgesetze und -verordnungen ein, doch ist das Alpenland bei der Mineralölversorgung stark auf eine Belieferung über die Rheinschiene angewiesen. Wegen der Kapazitätsprobleme hier hatte das Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung (BWL) schon am 25. Juli bei Mineralöl eine Pflichtlagerunterschreitung um 6,5 % beschlossen; wegen des Rhein-Niedrigwassers wurde am 18. August eine weitere Unterschreitung um 12,8 % beschlossen.

(thr/ici/jgf/dr) ●



DB: Mehr Gewinn, durch Schenker

Bilanzen | Die Deutsche Bahn (DB) hat im ersten Halbjahr 2022 mit knapp 28 Mrd. EUR ein Umsatzplus von 28 % und einen Gewinn nach Ertragsteuern von 424 Mio. EUR erzielt. Dies stellt gegenüber dem ersten Halbjahr 2021 eine Verbesserung um 1,9 Mrd. EUR dar. Der Gewinn ist auf ein außerordentlich hohes operatives Ergebnis der Logistiksparte DB Schenker und positive Entwicklung der Geschäftsbereiche Fahrweg und Personenbahnhöfe der Infrastruktur zurückzuführen.

Schenker verdoppelte das Ebit nahezu von 620 Mio. auf 1,2 Mrd. EUR – und dies obwohl die Mengen in der Luft- und Seefracht um 5,4 bzw. 3,4 % zurückgingen. DB Netze Fahrweg verbesserte das Ebit um 64 % auf knapp 500 Mio. EUR.

Die Verkehrsunternehmen schnitten sämtlich mit operativem Verlust ab, wobei sich dieser im Reiseverkehr deutlich reduzierte, während er sich im Schienengüterverkehr spürbar erhöhte (siehe Tabelle).

Mengen und Verkehrsleistungen blieben bei DB Cargo mit 115 Mio. t und 43,5 Mrd. tkm in etwa gleich. Die DB beförderte im ersten Halbjahr 2022 rund 920 Mio. Fahrgäste, 64 % mehr als im ersten Halbjahr 2021 – vor Corona waren es 1,3 Mrd. Reisende. Im Fernverkehr zählte die DB knapp 60 Mio. Kunden, eine Verdoppelung gegenüber dem Vorjahreszeitraum, aber noch 12 Mio. weniger als vor Corona. Die Pünktlichkeit lag bei knapp 70 % nach 80 % in 2021.

(ici/dr) ●

DB Kennzahlen im Vergleich

Kennzahlen in Mio. EUR	1. Hj. 2021	1. Hj. 2022
Umsatz bereinigt	21.786	27.969
Umsatz vergleichbar	21.786	27.485
Ebit bereinigt	-975	876
Ergebnis nach Ertragsteuern	-1428	424
Brutto-Investitionen	5550	5402
Netto-Investitionen	2659	2740
Netto-Finanzschulden	29.107	30.504
Roce in Prozent	-4,5	3,9

Ebit bereinigt in Mio. EUR	1. HJ 2021	1. HJ 2022
DB Fernverkehr	-1144	-195
DB Regio	-359	-104
DB Cargo	-204	-299
DB Netze Fahrweg	302	496
DB Netze Personbahnhöfe	-7	61
DB Netze Energie	40	35
DB Arriva	-31	-8
DB Schenker	620	1186
Konsolidierung Übrige	2	8

Quelle: DB AG

**INNOTRANS
2022**
Halle 13, Stand 300

EMPOWERING RAILWAY BUSINESS

Ganz gleich, ob in der Signaltechnik, der Infrastruktur oder im rollenden Verkehr – mit WAGO haben Sie einen erfahrenen und zuverlässigen Partner an Ihrer Seite: von der elektrischen Anschlussstechnik über Interface-Module bis hin zur Automatisierungslösung – wir bieten Ihnen alles aus einer Hand und das weltweit.

www.wago.com/de/bahntechnik

In Kürze

Vereinfachte Beihilferegeln für Schiene

vorgeschlagen | Die Europäische Kommission hat einen Vorschlag zu vereinfachten Beihilferegeln für Schiene, Binnenschiff und multimodale Transporte vorgelegt. Stimmen die Mitgliedstaaten zu, will die Kommission auf Grundlage der Verordnung Gruppenfreistellungen erlassen, bei denen die Mitgliedstaaten Beihilfen zahlen dürfen, ohne sie von der Kommission einzeln genehmigen lassen zu müssen. Der Vorschlag sieht die Möglichkeit für die Mitgliedstaaten vor, auch im Güterverkehr öffentliche Dienstleistungen (Public Service Obligations) vergüten zu können. (fh/dr)

Kostengrundlage für Trassenentgelte

gekürzt | Die Bundesnetzagentur hat das Ausgangsniveau der Gesamtkosten der DB Netz AG für die zweite Regulierungsperiode (2024 bis 2028) auf 6,4 Mrd. EUR festgelegt; die DB hatte 7 Mrd. EUR angesetzt. Diese Kosten sind im Laufe einer Regulierungsperiode initial der Ermittlung der Trassenentgelte zugrunde zu legen. Unter anderem kürzte die Bundesnetzagentur die Kapitalverzinsung auf 3,4 % statt 5,5 %. (cm/dr)

Gesetz zur Beschleunigung bei Infrastrukturprojekten

| Das Bundesjustizministerium hat einen Gesetzentwurf zur Beschleunigung von verwaltungsgerichtlichen Verfahren im Infrastrukturbereich veröffentlicht. Der Gesetzesentwurf sieht u. a. ein „Vorrang- und Beschleunigungsgebot“ vor. Auch soll sichergestellt werden, dass wichtige Bauprojekte nicht gänzlich durch Verfahren im einstweiligen Rechtsschutz verzögert werden können. (as/dr)

Offene Lösung für Steuerungen

| Der Spezialist für Steuerungen und Industriearomatisierung Pilz, Ostfildern, hat eine eigenständige Business Unit Rail gegründet. „Dank offener Schnittstellen und Commercial Off-the-Shelf-Lösungen – also standardisierten Produkten – will Pilz dazu beitragen, proprietäre Anwendungen aufzulösen“, so das Unternehmen. Unter anderem wurde für das Eulynx-Projekt ein Adapter entwickelt. (dr)

DZSF forscht zu Kapazität auf der Schiene

| Das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) schreibt vier Arbeitspakete zur Erforschung des Einflusses des Verkehrs auf die Kapazität des Gesamtsystems Schiene aus. (cm)

EU will Spurweite 1435 mm vorantreiben

EU-Infrastruktur | Die EU-Kommission schlägt vor, dass alle Mitgliedstaaten mit Eisenbahnverbindungen zu anderen EU-Ländern über die TEN-T-Verordnung verpflichtet werden sollen, alle neuen Bahnstrecken im TEN-T-Netz mit der Regelspur von 1435 mm zu bauen. Zudem sollen sie Umrüstungspläne für alle Strecken vorlegen müssen, die Teil eines der neun transeuropäischen Verkehrskorridore sind.

Die EU-Kommission ändert damit ihren Vorschlag für eine neue TEN-T-Verordnung vom vergangenen Dezember ab, über den die EU-Staaten und das Europäische Parlament derzeit beraten. In der EU existieren für die großen Bahnnetze fünf unterschied-

liche Spurweiten neben der Regelspur: Irland (1600 mm), Finnland, Estland, Lettland und Litauen (1520 mm) sowie Portugal und Spanien (1668 mm).

Wichtige Straßen und Eisenbahnstrecken, Häfen und Flughäfen in der Ukraine und Moldau sollen in die transeuropäischen Verkehrskorridore aufgenommen werden. Dagegen soll der Ausbau von Verbindungen nach Russland und Belarus keine Priorität mehr haben. Wie problematisch die unterschiedlichen Spurbreiten der Eisenbahn sind, hätten die Schwierigkeiten beim Bahnexport von Agrargütern aus der Ukraine deutlich gemacht, sagte EU-Verkehrskommissarin Adina Valean. (fh/dr) ●

Kurzfristige Lösung: Längere Umsteigezeiten

Personenverkehr | Noch nie seien so viele Menschen so viele Kilometer ICE und Intercity gefahren wie in den drei Monaten von Mai bis Juli 2022. Die Verkehrsleistung stieg gegenüber dem Rekordjahr 2019 noch einmal um rund 3 % an. Dies sagte Michael Peterson, im Vorstand der Deutsche Bahn AG (DB) zuständig für Fernverkehr, bei einer Pressekonferenz Mitte August. Besonders der Freizeit- und Urlaubsverkehr trage zu dieser positiven Entwicklung bei.

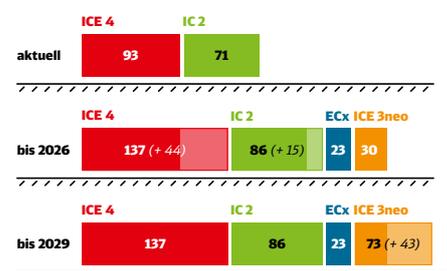
Gleichzeitig kündigte Peterson an, dass angesichts der schlechten Pünktlichkeitswerte in 2022 längere Umsteigezeiten angesetzt werden. „Damit Anschlusszüge zuverlässiger erreicht werden, achten wir in den Fahrplanmedien ab sofort auf großzügigere Umsteigezeiten. Knappe Anschlüsse, die in der aktuellen betrieblichen Lage schwer erreicht werden können, zeigen wir jetzt schon bei der Planung und Buchung nicht mehr an. Das betrifft 800 Verbindungen.“

Die neuen Regelungen zu den Umsteigezeiten der DB Fernverkehr stoßen auf deutliche Kritik der SPNV-Aufgabenträger. Zwar habe DB-Fernverkehrsvorstand Michael Peterson sicher recht, so der Aufgabenträgerverband BSN, dass unzuverlässige Züge des Fernverkehrs eine „Zumutung“ seien. Die Verlängerung der Umsteigezeiten sei jedoch keine Lösung und werde für weiteren Unmut bei den Fahrgästen sorgen. Insbesondere für Um-

steiger zwischen Nah- und Fernverkehr könne dies oft eine Reisezeitverlängerung von einer Stunde bedeuten. Mit der geplanten Verlängerung der Umsteigezeit werde jedoch das eigentliche Problem, die Unpünktlichkeit des Fernverkehrs, verschleiert und auf die Fahrgäste abgewälzt, so der BSN. Die Aufgabenträger seien zudem von der DB über diese Regelung nicht informiert worden und fordern, sie auszusetzen. Zunächst sollten dazu Gespräche geführt werden.

Die DB kündigte an, dass im Dezember 2022 die ersten ICE 3 neo eingesetzt werden. Über Flottenausbau (siehe Grafik) will die DB fahrzeugseitige Engpässe beseitigen und das Unternehmen fit für die Einführung des Deutschlandtaktes 2030 machen. Dann sollen 450 Hochgeschwindigkeitszüge zur Verfügung stehen. Bis Ende 2022 wächst die ICE-Flotte auf über 360 Züge. (cm/dr) ●

Neuzugänge bei der Bahn: Züge für den Deutschlandtakt.





We pioneer motion

100 % Return – 100 % Verfügbarkeit



Industrie 4.0 revolutioniert auch die Bahntechnik. Mit Schaeffler haben Sie einen starken Entwicklungspartner an Ihrer Seite, der ganz bewusst auf dieser Schiene unterwegs ist. Mit umfassendem Systemverständnis bieten wir die passende Lösung für jede Herausforderung im Schienenverkehr: Vom klassischen Lager über komplette Antriebssysteme bis hin zu Condition Based Maintenance mit intelligenter Software und Cloud-Anbindung.

medias.schaeffler.de/rail

SCHAEFFLER

Köpfe & Karrieren

Nagl löst Sennhenn bei DB Netz ab |

Philipp Nagl (40), bisher Produktionsvorstand bei DB Fernverkehr, wurde zum 15.



August 2022 neuer Vorstandsvorsitzender der DB Netz AG. Das hatte der Aufsichtsrat der Infrastrukturgesellschaft in einer außerordentlichen

Sitzung bestimmt, wie die DB mitteilte. Nagl löst damit Frank Sennhenn ab, der seit 2013 den Posten innehatte. „Ich bin mir sicher, dass die DB Netz von diesem Generationswechsel deutlich profitieren wird“, wird Berthold Huber, Infrastrukturvorstand der DB AG und Aufsichtsratsvorsitzender der DB Netz AG, in der DB-Mitteilung zitiert. Nagl war seit 2018 Vorstand Produktion bei der DB Fernverkehr AG, zuvor war er dort unter anderem schon Leiter Fahrplan und Verkehrsleitung. Zwischenzeitlich war Nagl auch für die ÖBB tätig. Der 58-jährige Sennhenn verabschiedet sich laut DB vorzeitig in den Ruhestand. (cm/dr)

Wechsel an den Gewerkschaftsspitzen |

Bei der Eisenbahn- und Verkehrsgewerkschaft (EVG) und der Gewerkschaft Deutscher Lokomotivführer (GdL) stehen Wechsel an der Führungsspitze an. Claus Wesesky wird als Bundesvorsitzender der GdL 2024 durch Mario Reiß abgelöst. Bei der EVG wird voraussichtlich Martin Burkert (57) auf dem Gewerkschaftstag am 16. Oktober 2022 zum Nachfolger von Klaus-Dieter Hommel (65) gewählt. (ici)

BAV-Finanzleiter geht im März 2023 in den Ruhestand |

Pierre André Meyrat, Leiter der Abteilung Finanzierung und stellvertretender Direktor des Bundesamts für Verkehr (BAV), geht Ende März 2023 in den Ruhestand. Meyrat war 2005 in das BAV eingetreten. In seine Ägide fallen u. a. die Neuregelung und Sicherung der Bahninfrastruktur-Finanzierung, die Reform des Bestellsystems im regionalen Personenverkehr und die Klärung der Aufgabenverteilung bei der Subventionsabrechnung. Die Stelle wird nun neu ausgeschrieben. (cm)

Geisperger für das internationale

Geschäft zuständig | Stefan Geisperger ist seit 1. August 2022 Managing Director International Markets und Consulting bei DB Engineering & Consulting. Geisperger ist seit 2020 bei DB Engineering & Consulting, bisher als Sprecher der Regionen Deutschland Südost und Süd. (dr)

6,8 Mrd. EUR für Alternative am Mittelrhein



Quelle: Deutsche Bahn AG / Wolfgang Klee

Für den Mittelrhein liegt inzwischen eine Machbarkeitsstudie vor, die Hessen und Rheinland-Pfalz prüfen

Neubau | Die Machbarkeitsstudie zu einer Alternativtrasse für den Güterverkehr durch das Mittelrheintal liegt vor. Dies berichtete Bundesverkehrsminister Volker Wissing im Sommerinterview des Südwestrundfunks Mitte August. Die Kosten für den Bund lägen bei 6,8 Mrd. EUR und damit unter bisherigen Schätzungen. Die Studie sei an die Länder Hessen und Rheinland-Pfalz verschickt worden. Nun müsse das Nutzen-Kosten-Verhältnis untersucht werden. Dafür sei die Verkehrsprognose 2040 erforderlich.

Er wisse, dass es sich um ein Herkulesprojekt handle, doch mit der Machbarkeitsstudie sei der Bund einen Schritt weiter, sagte Wissing. Die Alternativtrasse soll sowohl das Lärmproblem im Rheintal lösen als auch zusätzliche Kapazität schaffen. Als ehemaliger Landesverkehrsminister wisse er, was Lärmbelastung bedeute, unterstrich Wissing. Zum Thema Kapazität sagte er: „Wenn wir zusätzliche Transporte auf die Schiene verlagern wollen, können wir nicht Nadelöhre achselzuckend hinnehmen. Ich tue das nicht“.

Die Lärmschutzinitiative „Bürger Netzwerk Pro Rheintal“ verweist demgegenüber auf die Notwendigkeit schnell wirkender Entlastungen. „Vor allem aber können Rheintalbewohner keine weiteren 50 Jahre warten, um zu erträglichen Lärmverhältnissen zu kommen“, erklärt die Bürgerinitiative. Mediziner warnten, dass die Lärmbelastungen im Rheintal auf Dauer massive Gesundheitsschäden verursachen. Seit dem Jahr 2000 und der Zunahme des nächtlichen Güterverkehrs sei den Bewohnerinnen und Bewohnern der Region wiederholt zugesagt worden, die Lärmbelastung werde sinken. „In Summe ist aber keine Entlastung spürbar, und die Situation erfordert jetzt ein sofortiges Tempolimit und Nachtfahrverbot für laute Güterzüge“, erklärt Pro Rheintal.

Bei den Kosten erwartet die Bürgerinitiative eine Entwicklung wie bei dem kombinierten Bahnhofs- und Neubaustreckenprojekt Stuttgart 21. Dessen voraussichtliche Kosten hätten mittlerweile nahezu 10 Mrd. EUR erreicht, nachdem das Projekt ursprünglich mit 2,6 Mrd. EUR veranschlagt worden war. (ici) ●

Herstellerfehler bei Schwellen vermutet

Oberbau | Nach dem Unfall bei Garmisch-Partenkirchen am 3. Juni 2022, dessen Ursache noch nicht abschließend feststeht, entschied die Deutsche Bahn (DB), vorsorglich baugleiche Schwellen zu untersuchen. „Erste vorläufige Erkenntnisse aus technischen Gutachten unabhängiger Prüfinstitute legen nun den Verdacht nahe, dass ein Herstellerfehler vorliegt: Die Schwellen weisen teilweise Unregelmäßigkeiten in

der Materialbeschaffenheit auf“, teilte die DB Mitte August mit. Die rund 200.000 baugleichen Schwellen werden ausgetauscht. Die betroffenen 165 Streckenabschnitte sollen zum Großteil bis Ende des Jahres wieder regulär befahrbar sein, doch könne sich der Austausch bis ins kommende Jahr hinziehen. Die DB erwartet als Schaden einen dreistelligen Millionenbetrag und prüft Regressansprüche. (as/dr) ●

WISSEN, WAS BAHNEN BEWEGT

Besuchen Sie uns
auf der **InnoTrans 2022**
in **Halle 4.2 | Stand 335**



Entdecken Sie
attraktive Messeangebote
an Fachzeitschriften und
Rail-Fachbüchern und
nehmen Sie an unserem
Gewinnspiel teil!

www.eurailpress.de/innotrans22

Exhibition Grounds (Preliminary hall layout)
Geländeplan (Vorläufige Hallenplanung)

InnoTrans 2022
20 – 23 September · Berlin



**Eurail
press**
Halle 4.2 | Stand 335

As of/Stand: 2022-06-20
Subject to alterations
Änderungen vorbehalten

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------|
| Railway Technology | Interiors incl. Travel Catering & Comfort Services | Railway Infrastructure | Tunnel Construction | Public Transport incl. Mobility+ / Mobility+ Corner | Outdoor Display Gleis- und Freigelände | Bus Display | InnoTrans Campus | Opening Ceremony Eröffnungsveranstaltung | InnoTrans Convention | Speakers' Corner | Messe Berlin Studio | Business Lounge (Marshall-Haus) | Press Center Pressezentrum | Restaurant "Meet'n'Eat" | FoodCourt |
| Railway Technology | Interiors incl. Travel Catering & Comfort Services | Railway Infrastructure | Tunnel Construction | Public Transport incl. Mobility+ / Mobility+ Corner | Outdoor Display Gleis- und Freigelände | Bus Display | InnoTrans Campus | Opening Ceremony Eröffnungsveranstaltung | InnoTrans Convention | Speakers' Corner | Messe Berlin Studio | Business Lounge (Marshall-Haus) | Press Center Pressezentrum | Restaurant "Meet'n'Eat" | FoodCourt |

- Shuttle Lines · Shuttle Linien**
- Olympischer Platz P+R
 - BER T1 + T2 – Expo North · Expo Nord
 - BER T1 + T2 – Expo South · Expo Süd
 - City Transfer
 - Hotel Transfer
- Fairground Shuttle · Geländeshuttle**
- Fast Shuttle South Entrance – Hall 18 Eingang Süd – Halle 18
 - South Entrance – Hall 20 Eingang Süd – Halle 20
 - South Entrance – East Entrance Eingang Süd – Eingang Ost
 - East Entrance – Outdoor Display Eingang Ost – Gleis- und Freigelände



Auch in diesem Jahr wird das Freigelände der Messe Berlin wieder ein Highlight der InnoTrans sein

Quelle aller Bilder Messe Berlin

InnoTrans 2022: Restart nach vierjähriger Zwangspause

Die Coronapandemie hat auch die weltgrößte Bahnfachmesse getroffen. Die InnoTrans 2022 reicht nicht ganz an die Rekordmesse von 2018 heran, „restartet“ aber erfolgreich.

Nach einer vierjährigen (Zwangs-)Pause findet vom 20. September bis zum 23. September nun die 13. InnoTrans statt. Immerhin haben sich bis Anfang August 2774 Aussteller aus 56 Ländern angemeldet – mehr als zur InnoTrans 2014. 1045 Aussteller kommen aus Deutschland, 1729 aus dem Ausland. Die InnoTrans war damit Anfang August zu 96 % ausgebucht – Anmeldungen waren da aber noch möglich. Allerdings stehen mit der Halle/hub27, die unmittelbar am Freigelände gelegen erstmals „bespielt“ wird, auch 10 000 m² mehr Hallenfläche zur Verfügung.

Wie schon in den vergangenen Jahren, ist auch die InnoTrans 2022 wieder in fünf Segmente gegliedert:

- Railway Technology,
- Railway Infrastructure,
- Public Transport,
- Interiors
- und Tunnel Construction.

Dabei ist und bleibt das Freigelände das Alleinstellungsmerkmal der InnoTrans: 3500 m Gleise ergänzt um ein Freigelände ohne Gleise mit diesmal über 100 Fahrzeugen.

Gezeigt werden dort u. a. einige Weltneuheiten, so von Siemens Mobility und der Deutschen Bahn AG (DB) das Projekt H2goesRail und der Mireo Plus H, eine neue Generation Wasserstoffzüge. Stadler wartet mit sieben Fahrzeugen auf, und der slowakische Güterwagenhersteller Tatravagónka plant einen großen Auftritt mit sechs Fahrzeugen. Hervorzuheben ist auch der Ideenzug City – die S-Bahn der Zukunft – von DB Regio mit zwölf Themenwelten – u. a. mit automatisch konfigurierbaren Sitz- oder Stehmöglichkeiten, flexiblem Raumkonzept, interaktiven Fenstern oder E-Scooter-Halterung.

Auch wieder Teil der InnoTrans ist das Bus Display mit der 500 m langen Testfahrstrecke. Hier werden zwölf Busse auch im laufenden Betrieb vorgeführt.

Neuer Ausstellungsbereich Mobility+

Mit dem neuen Ausstellungsbereich Mobility+ bietet die InnoTrans Anbietern von ergänzenden Mobilitätsangeboten eine Plattform. Messebesucher können einige der Lösungen direkt für ihren Weg zum Messegelände oder in die Berliner City ausprobieren.



Dipl.-Ing. Christoph Müller
Redakteur Eurailpress
christoph.mueller@
dvvmedia.com

Das Spektrum reicht von Ausstellern aus den Bereichen Shared Mobility über Mobility Apps, mit denen sich Nutzer informieren, buchen und bezahlen können, bis hin zu Technology-Lösungen wie On-Demand-Fahrssystemen oder Flugobjekten wie Drohnen. Auch Lösungen zur Fahrvermittlung für die erste und letzte Meile wie Ride-Pooling sind vertreten. Vorgestellt wird dort auch eine Software, die Verkehrsströme entzerren und gutes Mobilitätsverhalten belohnen soll.

Begleitet wird die Ausstellung durch Vorträge im Mobility+ Corner in Halle 7.1c. Eine Übersicht über alle Vorträge finden Besucher auf dem Service-Portal InnoTrans Plus unter Events.



Bis Anfang August haben sich 2774 Aussteller aus 56 Ländern angemeldet



Nach der vierjährigen Zwangspause freuen sich Aussteller und Besucher gleichermaßen auf den regen Austausch

Eröffnung mit Bundesminister Wissing

Die InnoTrans wird am Dienstag, den 20. September um 10 Uhr offiziell im Palais. Berlin eröffnet. Die etwa 1000 Gäste werden von Volker Wissing, Bundesminister für Digitales und Verkehr, begrüßt. Angefragt ist zudem Adina Vălean, EU-Kommissarin für Verkehr. An der sich daran anschließenden Podiumsdiskussion nehmen von den Verkehrsunternehmen teil: Dr. Richard Lutz, Vorstandsvorsitzender Deutsche Bahn AG sowie Michal Krapinec, CEO der tschechischen Eisenbahngesellschaft České dráhy. Seitens der Industrie diskutieren Michael Peter, CEO Siemens Mobility, Henri Poupard-Lafarge, Präsident Alstom und Peter Spuhler, CEO Stadler Rail.

InnoTrans Convention

Über die Jahre hat sich die InnoTrans Convention als internationaler Treffpunkt etabliert. Mit hochkarätigen Podiumsdiskussionen und Expertenrunden zu aktuellen und zukunftsrelevanten Mobilitätsthemen ist die InnoTrans Convention die Plattform für einen Austausch auf Augenhöhe. Die meisten Veranstaltungen der InnoTrans Convention werden live gestreamt und stehen im Nachgang der InnoTrans 2022 zur Verfügung.

Der Rail Leaders' Summit (RLS) gibt Verkehrsministern und Generaldirektoren internationaler Verkehrsunternehmen die Möglichkeit zum Austausch. Verantwortlich für Planung und Durchführung sind die Deutsche Bahn AG, das Bundesverkehrsministerium sowie die Messe Berlin. Vor Ort dürfen nur geladene Gäste anwesend sein, dabei ist auch Pete Buttigieg, Verkehrsminister der USA, für das Podium eingeladen. Erstmals aber wird der RLS live gestreamt.

Darüber hinaus gibt es sechs öffentliche, jeweils für zwei Stunden angesetzte Themenblöcke:

- Dialog Forum,
- International Design Forum,
- International Tunnel Forum,
- Public Transport Forum,
- DB Innovation Forum und
- International Bus Forum.

Den thematischen Schwerpunkt bildet das Dialog Forum unter der Federführung des Deutschen Verkehrsforums (DVF), des Verbandes der europäischen Schienenverkehrsindustrie (UNIFE), des Verbandes der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) sowie des Zentralverbandes Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI).

An allen drei Messetagen gibt es fünf jeweils zweistündige Veranstaltungen, die alle im Palais.Berlin stattfinden:

- Mobilität neu denken: Innovationspfade für eine neue Ära intelligenter Klimalösungen (Mittwoch, 10 Uhr)
- In Zukunft automatisiert – Schienenverkehr in Deutschland auf einem neuen Level (Mittwoch, 14 Uhr)
- ERTMS – Ein Baustein auf dem Weg zu einer digitalen und autonomen Bahn (Donnerstag, 10 Uhr)
- 5G in der Mobilität (Donnerstag, 14 Uhr)
- Mobilität neu definieren: VDB-Zukunftswerkstatt (Freitag, 10 Uhr).

Das International Design Forum setzt seinen inhaltlichen Schwerpunkt auf die designrelevanten Themen im ÖPNV und wird inhaltlich durch das Internationale Design Zentrum Berlin (IDZ) betreut. Hier geht es dreieinhalb Stunden um „Vom Passagier-

lebnis bis zum vernetzten Fahrzeug – Co-Innovation für erfolgreiche Mobilitätslösungen!“. Ort ist am Mittwoch, 10 Uhr, das CityCube, Ebene 3, M1-3.

Das International Tunnel Forum begleitet das Messesegment Tunnel Construction und beinhaltet verschiedene internationale besetzte und kompakte Diskussionsforen. Veranstalter ist die STUVA e.V. (Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen). Für jeweils zwei Stunden sind folgende Blöcke angesetzt und finden im CityCube, Ebene 3, M8 statt:

- Tunnelerneuerung unter Betrieb (Mittwoch, 14 Uhr)
- BIM in Tunnelbau und Betrieb (Donnerstag, 14 Uhr)

Im Public Transport Forum dreht sich alles um die Entwicklungen des öffentlichen Personennahverkehrs. Realisiert wird das Forum von der ETC Solutions GmbH. Hier geht es für drei Stunden am Donnerstag, 10 Uhr, um „Innovative Strategien für das Gelingen der Verkehrswende – Mobilitätsmarkt zwischen Vision und Wirklichkeit“. Ort ist die Halle/hub27, Beta 8-9.

Die Deutsche Bahn AG veranstaltet zum dritten Mal das 2016 lancierte DB Innovation Forum auf der InnoTrans. Hier ist für sechs Stunden am Donnerstag, 10 Uhr, das Thema „Starke und digitalisierte Bahnen ermöglichen eine nachhaltige Mobilität. Für das Klima. Für die Menschen. Für die Wirtschaft. Für Europa“ angesetzt. Ort ist CityCube, Ebene 3, M1-3.

Das International Bus Forum fand zur InnoTrans 2018 erstmalig statt. Auch für 2022 ist es wieder in Planung. Veranstalter ist das Deutsche Verkehrsforum (DVF). Am Donnerstag, 14 Uhr, ist für zwei Stunden

das Thema: „Mobility as a Bürgerservice – nachhaltig, smart und überall verfügbar“. Ort ist die Halle/hub27, Ebene Beta 8-9.

Erste Hyperloop Conference weltweit

Auf der InnoTrans findet zum ersten Mal die Hyperloop Conference im Rahmen der „Conference Corner“ am Freitag ab 9.15 Uhr in Halle 15.2, Eingang Ost, statt. Die Hyperloop Conference ist laut Messe Berlin die erste internationale Konferenz zum Thema Hochgeschwindigkeitsverkehr weltweit.

Die „Conference Corner“ auf der InnoTrans ist ein Veranstaltungsformat, das es insbesondere Verbänden und Verkehrsunternehmen ermöglicht, ab dem letzten Messetag Vorträge und Konferenzen in Eigenregie zu organisieren.

Speakers' Corner erweitert

Die Speakers' Corner bietet den Fachbesuchern erneut eine besondere Themenvielfalt. Aussteller der InnoTrans erhalten exklusiv die Möglichkeit, sich in einem voll ausgestatteten Konferenzraum zu präsentieren. Mit diesem Format ist alles möglich – ob Vortrag oder interaktive Podiumsdiskussion. Aufgrund der hohen Nachfrage nach Vortragsmöglichkeiten bietet die InnoTrans erstmals fünf Speakers' Corner in den Hallen 7.2a, 14.2 und 15.2, Halle/hub27, Ebene Beta, sowie im CityCube auf der Ebene 3, jeweils thematisch passend zu

den fünf Segmenten. Ebenfalls neu ist, dass die Aussteller die Möglichkeit haben, den Livestream ihrer Speakers'-Corner-Veranstaltung zu buchen.

Science-Slam-Premiere am Freitag

Beim neuen Science Slam dreht sich alles um die Zukunftsvisionen der Mobilität. Der Science Slam ist ein Format der Wissenschaftskommunikation. Die Slammer erklären in kurzen, populärwissenschaftlichen Vorträgen ihre Forschungsprojekte und lassen sich anschließend vom Publikum dafür bewerten. Im Rahmen der InnoTrans fokussiert sich der Mobility Science Slam auf das Thema Mobilität und angrenzende Fachgebiete. Dafür treten fünf Wissenschaftler aus den entsprechenden Forschungsbereichen an. Zehn Minuten Zeit haben sie, das Publikum mit ihren unterhaltsamen und kreativen Science-Slam-Vorträgen zu überzeugen. Die Vorträge werden auf Englisch gehalten. Die Veranstaltung wird auch im Livestream zu sehen sein und im Nachgang auf InnoTrans Plus on demand zur Verfügung stehen. Der Science Slam finden am Freitag von 14 Uhr bis 15.30 Uhr im Palais Berlin statt.

UNIFE-Studie

Auf der diesjährigen InnoTrans wird die 9. Ausgabe der UNIFE World Rail Market Study vorgestellt. Sie gibt erneut einen

umfassenden Überblick über den aktuellen Stand und die zu erwartende Entwicklung des gesamten und zugänglichen Weltbahnmarktes. Die Studie umfasst die Marktentwicklung von 65 Ländern, die zusammen mehr als 98 % des weltweiten Schienenverkehrs ausmachen, gebündelt in sieben Regionen. Die von Roland Berger erstellte Studie im Auftrag der UNIFE wird über die DVV Media Group, vertrieben. Aussteller der InnoTrans erhalten sie zum Vorzugspreis. Die Studie wird am Dienstag um 13 Uhr auf dem UNIFE-Stand Halle 27/Stand 660 von Henri Poupart-Lafarge, Chairman der UNIFE und Chairman & CEO von Alstom, vorgestellt.

InnoTrans Plus: Messebesuch digital vorbereiten, Networking nutzen

Die neue digitale Plattform InnoTrans Plus bietet erstmals die Möglichkeit, den Messebesuch digital vorzubereiten. Zudem besteht die Möglichkeit des Networking. Mit rund 2500 registrierten Ausstellern, 2400 Produkten und bislang 1500 Nutzerprofilen bieten sich dafür vielfältige Möglichkeiten. Nutzer können sich ein Profil anlegen und sich vernetzen, über die Messe informieren, vorab Termine organisieren und z. B. an Webinaren teilnehmen. Hier sind während der InnoTrans die Livestreams von der InnoTrans Convention abrufbar sowie vom gesamten Rahmenprogramm und im Nachgang der InnoTrans on demand abrufbar. ●

WIR VERBINDEN ZUG UND ZUKUNFT

In der Hauptstadtregion entwickeln große Eisenbahnunternehmen, Digitalwirtschaft und Startups Innovationen für die Verkehrstechnik. Treffen Sie uns auf der InnoTrans 2022, Halle B!

[businesslocationcenter.de/
bahntechnik](https://businesslocationcenter.de/bahntechnik)



BERLIN 

Die Eurailpress-Messevorschau zur InnoTrans 2022

Traditionell hat Eurailpress bei seinen Partnern aus Industrie und Dienstleistung nachgefragt, welche Neuheiten auf der InnoTrans 2022 präsentiert werden. Bis zum Stichtag Mitte August haben zahlreiche Unternehmen ihre Neuheiten an die Redaktion gemeldet. Nutzen Sie diese Vorschau zu einer optimalen Vorbereitung! Eurailpress und ETR wünschen Ihnen einen erfolgreichen Messebesuch!

ABB: Energiespeichersystem auf Basis von LTO-Batterien

In Berlin präsentiert ABB Motion Antriebs-, Hilfsbetriebe- und Batteriespeicherlösungen sowie digitale Services für Antriebssysteme von Schienenfahrzeugen. Mit der Lithium-Ionen-Traktionsbatterie von ABB ist ein teilweiser oder vollständiger oberleitungsfreier Betrieb möglich. ABB ist zudem eines der ersten Unternehmen, das bei der Traktionsbatterie auf die Lithium-Titanat-Oxid (LTO)-Technologie setzt. Für Schienenfahrzeuge ist diese Zellchemie die sicherste, leistungsfähigste und langlebigste. Die Batterie lässt sich schnell auf- und entladen und wird unter anderem im oberleitungsfreien Betrieb sowie in hybriden Antriebssystemen eingesetzt. Basierend auf dieser Traktionsbatterie hat ABB das Onboard-Energiespeichersystem Bordline ESS entwickelt, welches für den Einsatz als Antriebs- oder Hilfsbatterie eingesetzt werden kann. Der modulare Aufbau ermöglicht eine einfache Skalierbarkeit in Bezug auf die installierte Energie und eine flexible Integration im Fahrzeug. Kompakte Traktionsstromrichter wie der Bordline CC1500 reduzieren dabei Energieverluste im Antrieb und ermöglichen einen fließenden Übergang zwischen Elektro- und Dieselantrieb.

www.abb.com

Halle 9/Stand 325



Bordline ESS ist ein Onboard-Energiespeichersystem auf Basis der Lithium-Titanat-Oxid-Technologie

Quelle: ABB

Atron connects

Unter dem Motto „Atron connects“ stellt die Atron Group zukunftsweisende Lösungen für Ticketing, Betriebsleittechnik, Flotten- und Betriebshofmanagement sowie unterstützende Services vor. Im Bereich des Ticketing präsentiert Atron einen komplett neu entwickelten, bargeldlosen Fahrscheinautomaten für den Verkauf von E-Tickets und Papiertickets. Mit zwei integrierten Druckwerken ist dieser Fahrscheinautomat äußerst wartungsarm sowie kompakt. In der stationären Outdoor-Ausführung kann er als 24/7 verfügbarer Verkaufskanal genutzt werden. Das 10-Zoll-Display ermöglicht nicht nur eine schnelle Ticketauswahl, es dient auch als Echtzeit-Abfahrtsanzeige. Als noch kompaktere Variante eines Vertriebsgerätes ergänzt ein neuer Validator das E-Ticketing-Portfolio. Diese Lösung kann sowohl zur Einstiegskontrolle als auch für den Verkauf von E-Tickets verwendet werden.

Auf dem Gebiet der Betriebsleittechnik zeigt Atron innovative Leitstellenlösungen für Disponenten und Kundeninformations-

zentren mit browserbasiertem Interface und Neuerungen in Betriebsführung und Fahrgastinformation. Die Einsatzmöglichkeiten reichen von der unbesetzten automatisierten Leitstelle bis zur städtischen Variante mit umfangreichen dispositiven Maßnahmen. Neu entwickelte Tools auf Linux-Basis erlauben einen reibungslosen Umgang mit großen Datenmengen und bieten ein umfassendes Echtzeit-Monitoring.

Als Highlight im Flotten- und Betriebshofmanagement kann der Fahrzeugrechner von Atron ohne Zutun des Fahrers bereits während der Fahrt den aktuellen Zustand des Fahrzeugs an den Betriebshof respektive an die Leitstelle übermitteln. Zusammen mit dem Fleet-Operating-System werden auch Zustandsdaten wie z. B. Füllstand von Tank oder Batterien bereitgestellt – ebenso die errechnete Restreichweite für E-Busse.

www.atron.de

Halle 2.1b/Stand 550

Beam: Der erste digitale Dampfsauger

Beam präsentiert die neue Generation der Dampfsaugsysteme. Sie sind weltweit erstmals mit einem integrierten Touchscreen ausgestattet. Die digitalen Versionen des Blue Evolution S+ und XL+ lassen sich so einfach bedienen wie nie zuvor. Die Anwender können direkt am sechs Zoll großen Touchdisplay in sechs Sprachen Voreinstellungen speichern und sich in der animierten Menüführung Tipps zur perfekten Reinigung holen. Außerdem sind die neuen Geräte der Digitalgeneration mit einem WLAN-Modul ausgestattet und somit für den

Remote-Service vorbereitet. Das bietet dem Hersteller und seinen Kunden ganz neue Möglichkeiten bei der Wartung der Geräte und im Servicefall. Zudem kommt der Blue Evolution S+ jetzt mit noch mehr Leistung (3500 W) als bisher daher und arbeitet ab sofort, genauso wie die Kraftstrom-Variante Blue Evolution XL+, mit einem Druck von bis zu 10 bar und einer Dampftemperatur von bis zu 180°C.

www.beam.de

Halle 6.2/Stand 125

Bellotti: Sandwichplatten für bessere Schalldämmung

Bellotti SpA aus Italien zeigt auf seinem Stand ein komplettes Fußbodensystem für den Schienenverkehr, bei dem sämtliche Komponenten im Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit ausgewählt wurden. So ist zum Beispiel das Birkenholz der Paneele FSC-zertifiziert, die innere Korkschicht besteht aus rückgewonnenem und recyceltem Material, und auch das verwendete Aluminium wurde zum größten Teil wiederverwendet. Die Beschichtung erfolgte schließlich bei niedrigen Temperaturen mit Phenolharz. Ein Beispiel ist das Sandwichpaneel Lariphon Eco Light mit integrierter Korkschicht: Es dämpft die Schallwellen und ist mit 10,6 kg/m² sehr leicht. Neben einzelnen Paneelen werden auch Plug&Play-Lösungen inklusive aller Elemente wie etwa Kabeldurchführungen in den Paneelen gezeigt. So vormontierte Bodenelemente verkürzen die Einbauzeit in Zügen von bisher drei Tagen auf 16 Stunden. Fußbodenelemente von Bellotti sind in Zügen vieler Hersteller wie Hitachi Rail, Siemens oder Alstom verbaut.

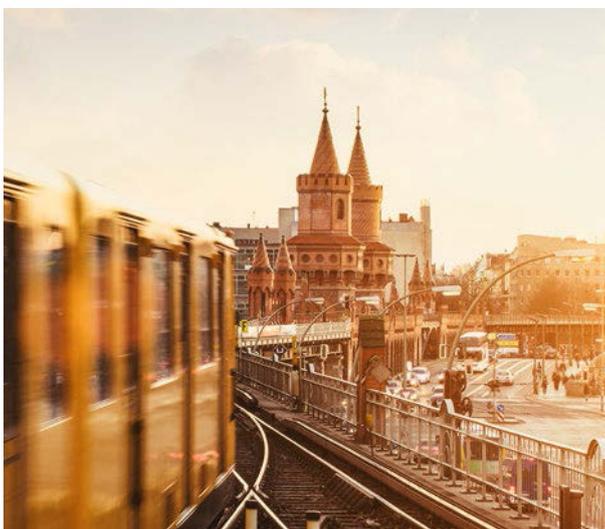


Fußbodensystem von Bellotti

Quelle: Bellotti

www.bellottispa.com/en

Stand 660/Halle 3.1



 **EIFFAGE**
INFRA-RAIL

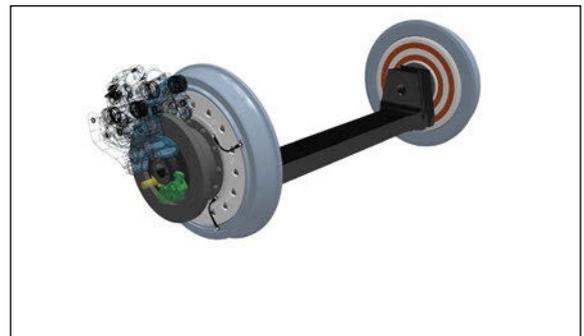
Berlin, Berlin, auch wir sind in Berlin!

Natürlich können nicht alle Mitarbeiter*innen der Eiffage Infra-Rail zur InnoTrans 2022 nach Berlin fahren – aber einige werden sicherlich vor Ort sein. Diesen, den vielen anderen Besuchern sowie den Ausstellern wünscht Eiffage Infra-Rail eine tolle Zeit in Berlin. Mit vielen guten (Fach-) Gesprächen und beim Entdecken von Innovationen rund um Schiene & Co.

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

BVV: Leichter innovativer Losradsatz für Stadt- und Straßenbahnen

Die Bochumer Verein Verkehrstechnik (BVV) hat einen besonders leichten und Instandhaltungskosten senkenden Niederflur-Radsatz für normalspurige Stadt- und Straßenbahnen für Radsatzlasten bis zu 13,5 t konzipiert. Der Radsatz ist um 30 % leichter als ein konventioneller Radsatz. Leise Hybridräder und eine randschichtbehandelte, prüfgerecht gestaltete invertierte Portalachse sind einige der Merkmale. Damit liefert der leichte innovative BVV-Losradsatz einen wichtigen Beitrag für einen umweltfreundlichen, energiesparenden und wirtschaftlichen öffentlichen Personennahverkehr. Der Radsatz ist modular aufgebaut. Die mit dem neuen Losradsatz verbundenen Entwicklungen lassen sich auch auf andere Radsatzkonzepte übertragen.



www.bochumer-verein.de

Halle 21/Stand 54

Leichter BVV-Losradsatz

Quelle: Bochumer Verein Verkehrstechnik

BvL: Reinigungslösungen und Verfahrenstechniken

Neben der Reinigung von Drehgestellen, Radsätzen und Radlagern bietet die BvL Oberflächentechnik GmbH auch Verfahrenstechniken für die Reinigung von schwer zugänglichen Motoren ebenso sowie von Neukomponenten in der Produktion an. BvL wird auch über aktuelle Projekte informieren. So nutzt NedTrain die Reinigungsanlage Pacific, um Radsätze mit und ohne Getriebekasten zu reinigen. Durch die Umsetzung als Grubenaufstellung konnte die BvL Reinigungsanlage unmittelbar an das lokale Floorloader-Beschickungs-

system angebunden werden. Die ÖBB nutzen die Spritzanlage Pacific zur Reinigung von Drehgestellen, Radsätzen und Rahmen sowie die Spritz-Flut-Anlage Niagara zur Reinigung von Lagern und Lagergehäusen. Bei allen Anlagen wird der Verschmutzungsgrad der Reinigungsflüssigkeit permanent durch die Messung der Lichtabsorption ermittelt.

www.bvl-cleaning.com/rail

Halle 6.2/ Stand 430

CN-Consult: Digitale Begleiter des Eisenbahners

Als Pionier des papierlosen Führerstands hat die CN-Consult GmbH in den letzten Jahren weitere Funktionalitäten entwickelt. Auf der diesjährigen InnoTrans in Berlin werden gleich drei neue Highlights präsentiert. Mit der GPS-gestützten Streckenkunde, der intuitiven Formularfunktion mit Erweiterung zu einem elektronischen Bordbuch sowie einer neuen dynamischen Fahrplananzeige inkl. Fahrempfehlungen setzt DiLoc|Sync neue Akzente. Möglich wird dies mit Leader4DiLoc, dem Fahrerassistenzsystem zur Energieeinsparung für mobile Endgeräte, das von den Kooperationspartnern Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH und CN-Consult GmbH gemeinsam für



Leader4DiLoc als integraler Bestandteil des Splitscreens
Quelle: CN-Consult

den europäischen Schienenverkehrsmarkt entwickelt und betrieben wird.

Mit dem neuen Flottenmanager DiLoc|OnBoard erhält die Zentrale mittels Onlineanbindung über die offene MPI-Schnittstelle jederzeit Einblick in den technischen Zustand der einzelnen Komponenten der Fahrgastinformation. Damit hat CN-Consult die Tools für die mobile Fahrgastinformation in Fahrzeugen weiter ausgebaut.

Über das zentrale System DiLoc|Motion kann nun die gesamte Flotte verwaltet werden. Neben der Übersicht zu Fahrplan- und GPS-Status ist die Überwachung jeder einzelnen FIS-Komponente inklusive ihres Versionsstandes im Fahrzeug gewährleistet. Auch Fahrplan- und Software-Updates sowie Echtzeitinformationen können via Mobilfunknetz jederzeit problemlos zwischen Fahrzeug und Landseite ausgetauscht werden.

www.cn-consult.eu

Halle 2.1/Stand 840

KUNZE
Der sichere Weg nach oben.
Ihr Experte für Höhenzugang auf der Schiene
Vermietung, Handel, Schulungen, Service

Unsere Zweiwegebühnen sind auf der InnoTrans!
Freigelände / Stand O/181

Corys: Leichter ETCS-Simulator

Corys aus Frankreich wird auf der diesjährigen InnoTrans seinen ETCS Ultra Light Simulator präsentieren – ein neues System, das alle Software-Schulungsmöglichkeiten eines großen Zugsimulators in einem kompakten, mobilen Format vereint. Er bietet das vollständige Erlebnis des Replica Simulators in einem kompakten, mobilen Format, das sich problemlos transportieren lässt. Dieses neue System beinhaltet eine vereinfachte Version der physischen Elemente eines Replica Simulators, die die realistische mechanische Simulation eines Zuges ermöglichen, und eine authentische 3D-Umgebung mit Gleiskörpern und Signalen. Der Simulator entspricht ERA Baseline 2 (SRS 2.3.0.d) und Baseline 3 (SRS 3.4.0 und 3.6.0) und deckt die Levels 0, 1, 2 und 3 ab. Auch verfügt es über Driver Machine Interface (DMI) mit einem oder zwei Bildschirmen.

Außerdem wird Corys ein Fault Finding Module (Fehlersuche Modul) mit Virtual Reality (VR) vorstellen. Die Leistungsfähigkeit der VR ermöglicht es den Nutzern, eine immersive Umgebung einzurichten und für die Fehlersuche zu benutzen, die den Lerneffekt verbessert. Zudem wird der On-Demand-Simulator präsentiert. Dank des On-Demand-Zugriffs brauchen Triebfahrzeugführer keinen Schulungsraum mehr zu buchen, um einen Simulator zu nutzen: Sie haben von einem beliebigen Tablet oder Laptop aus Zugriff auf dynamische Simulationen und können überall und jederzeit außerhalb des Unterrichtsraums konkrete Übungen absolvieren.

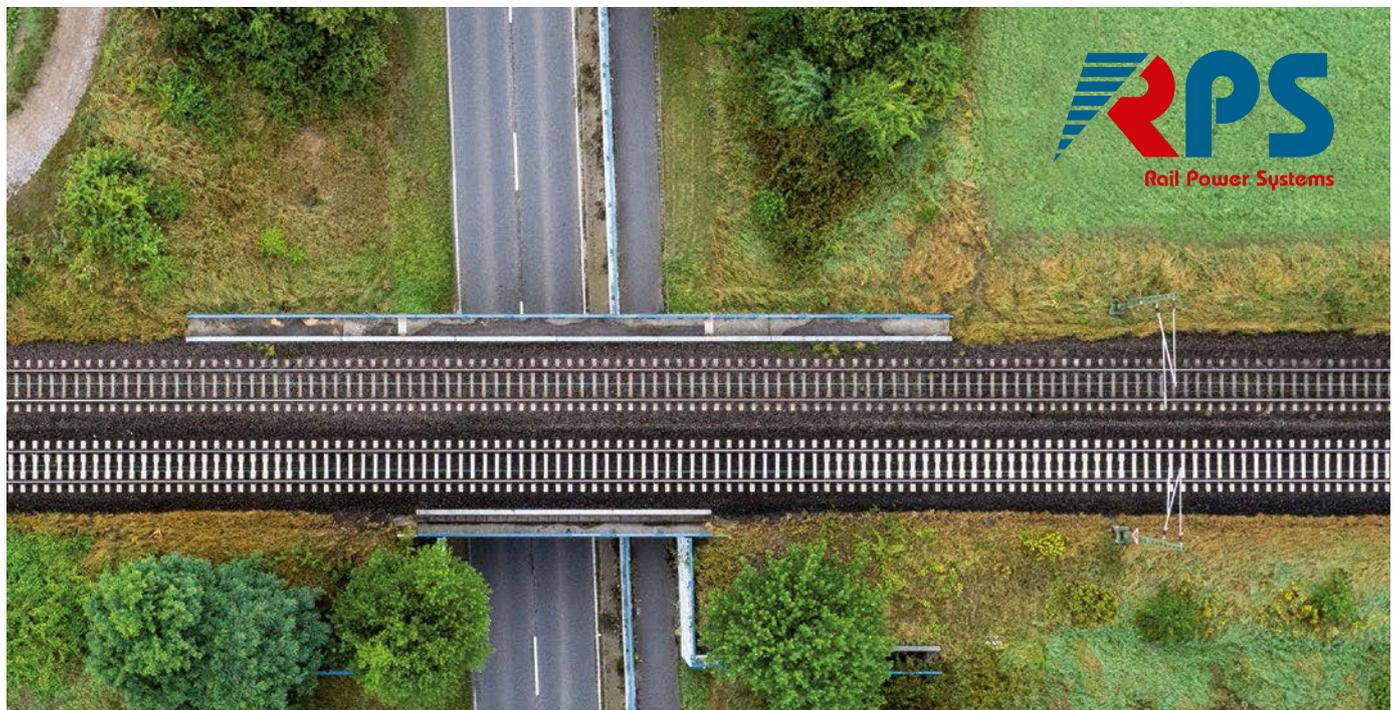


Transportabler Simulator

Quelle: Corys

www.corys.com

Halle 3.2/Stand 400 D7

Internationale Fachmesse
für Verkehrstechnik

Besuchen Sie uns auf der
InnoTrans 2022
20.–23. September in Berlin,
Halle 25, Stand 250

EXPERTS BY EXPERIENCE

www.rail-ps.com

Diehl Aviation: Ganzheitliche Brandschutzlösungen

Diehl Aviation verfügt über langjährige Erfahrung und Expertise beim Brandschutz in der Luftfahrt. Aber auch im Schienenverkehr bietet Diehl Aviation seit über 20 Jahren umfassende Brandschutzkonzepte bis hin zu After-Sales-Aktivitäten. Die Synergien aus der Luftfahrt sind groß: So ist bei der Branddetektion in Flugzeugen beispielsweise eine hohe Robustheit gegenüber Fehleralarmen unerlässlich. Und diese Leistungsfähigkeit der Systeme von Diehl ist auch in der Bahn von Vorteil. Zum Produktportfolio gehört neben modernster Branderkennungs- und Löschtechnik auch die komplette Systemintegration in Schienenfahrzeuge. Auch die Entwicklung von Sensoren und Software findet komplett inhouse statt. Gemeinsam mit dem TÜV erfolgen alle erforderlichen Sicherheitszulassungen der Systeme.

www.diehl.com/aviation/de/portfolio/fire-protection/

Halle 5.2/Stand 875



Rauchmelder der neuesten Generation

Quelle: Diehl Aviation

DPIA: Belastbare Federelemente

Auf der InnoTrans stellt das französische Familienunternehmen DPIA eine breite Palette von Federn vor. DPIA entwirft und fertigt eine breite Palette von Federn, die den europäischen Bahnnormen entsprechen: Parabelfedern, Trapezfedern, Schraubenfedern, aber auch Blattfedern. Darüber hinaus erbringt DPIA Dienstleistungen zur Reparatur und Kalibrierung von Blattfedern.

www.dpia.fr

Halle 9/Stand 622

edilon)(sedra mit neuer Generation von Schienenbefestigungen

Der Spezialist für Feste Fahrbahn- und Schienenbefestigungssysteme, edilon)(sedra, zeigt in Berlin die „Next Generation“, die schlank im Design, einfach zu installieren und nachhaltig ist. Ob Corkelast Embedded-Rail- oder Embedded-Block-Systeme, schwingungsdämpfende Trackelast-Matten oder ökologische SDS Rasengleissysteme – die Systeme sind getestet, geprüft und nach den neuesten EN-Normen zertifiziert. Die Anwendungsbereiche erstrecken sich von Tunneln, Brücken, Bahnübergangslösungen, Bahnhöfe über Haltestellen, Feste-Fahrbahn-Systeme, Depots bis hin zu Industrie- und Kranbahnen.

www.edilonsedra.com

Halle 25/Stand 570

Escha: Konfektionierter und umspritzter Ventilstecker

Der deutsche Anschlussstechnikspezialist Escha zeigt auf der InnoTrans eine Weltpremiere: ein konfektionierter und umspritzter Ventilstecker mit durchgängiger Bahnzulassung. Er erfüllt die Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 45545-2 (Brandverhalten) und DIN EN 50155 (Stoß, Vibration und mechanische Belastung). Bisher gibt es lediglich konfektionierbare Alternativen oder umspritzte Steckverbinder, bei denen ausschließlich die Leitung für einen Einsatz in der Bahnindustrie zugelassen ist. Escha ist der erste Hersteller, der durchgängig zugelassene umspritzte Ventilstecker für diesen anspruchsvollen Markt anbietet. Diese bieten gegenüber den konfektionierbaren Varianten zudem den Vorteil, dass sie zuverlässiger sowie einfacher und vor allem schneller zu montieren sind. Die Bauformen A, B, Bl, C und Cl sind standardmäßig mit einem Gewindegriffkörper für die Schutzschlauchmontage ausgestattet. Ein Schutzschlauch schützt die Leitung vor Beschädigungen durch Steinschlag und Verschmutzung im Außenbereich. Darüber hinaus sind die Ventilstecker auch mit LED-Statusanzeige sowie Schutzbeschaltung erhältlich. Verschiedene Leitungsquerschnitte runden das Angebot ab. Alle Varianten erfüllen die Dichtigkeitsanforderungen nach den Schutzklassen IP65, IP67 und IP68.

www.escha.net

Halle 12/Stand 250



Konfektionierter und umspritzter Ventilstecker

Quelle: Escha

Geo digital: Neue Features u. a. für Geopac

Auf einem Gemeinschaftsstand mit der Muttergesellschaft IB&T Software GmbH (card_1) präsentieren Geo digital die neusten Features der Version 15 des BIM 3D CAD-Planungs- und Entwurfssystems Geopac für EliteCAD. Als Preview werden auch schon einige Geopac 16-Funktionen des für das Frühjahr 2023 angekündigten Wartungsrelease zu sehen sein. Zu den Geopac-Highlights gehören neben der komfortablen Einrechnung von Weichen und Gleisverbindungen mit dem Weichenmodul Geopac-Weiche auch die neuen Funktionalitäten zur systemgestützten Erzeugung detaillierter Weichenlagepläne. Rechtzeitig zur InnoTrans und interessant für Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) ist die neue Version HPA-Lue 1.2 zur Erstellung von Beförderungsanordnungen (Befo) für Fahrten mit außergewöhnlichen Sendungen (auSend) fertig. Mit dieser Version können bei Sendungen mit Lademaßüberschreitung (Lü) bzgl. der Ermittlung notwendiger Zuschläge für den erweiterten Raumbedarf bei Kurvenfahrten neben den pauschalen Zuschlagsberechnungen für Gleisradien ≥ 250 m nun auch über die Eingabe eines zusätzlichen, individuell zu betrachtenden Gleisradius (z. B. 140 m) detailliertere Betrachtungen der Engstellen eines potenziellen Fahrweges durchgeführt werden.

www.geodigital.de

Halle 5.2/Stand 774

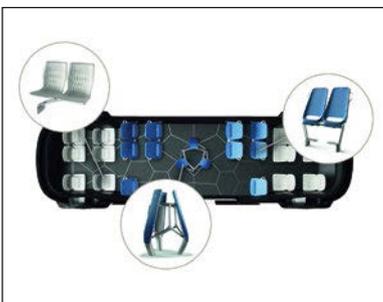
Glas Trösch Rail: Kopfverglasungen für höchste Anforderungen

Glas Trösch Rail bietet hochwertige und durch Ecovadis nachhaltigkeitszertifizierte Kopfverglasungen für Schienenfahrzeuge aller Kategorien. Das vielseitige Produktportfolio erfüllt durch hochelastischen und reißfesten Splitterschutz höchste Ansprüche. Die integrierten Scheibenheizungen (Drahtheizung oder Schichtheizung, 12 bis 440 Volt) werden kundenspezifisch eingebaut und ergänzt um Module wie den schnellen Abtaumodus oder besonders energieeffiziente Modi, bei denen sich die Heizleistung automatisch der gewünschten Endtemperatur anpasst. Integrierte Rahmensysteme für den schnellen Scheibenaustausch runden das Portfolio sinnvoll ab.

www.glastroesch.com/rail

Halle 1.1/Stand 630

Grammer: Neue Sitzideen



Die verschiedenen Modelle der neuen Produktfamilie Ubility One Quelle: Grammer

Die neue Grammer-Produktfamilie Ubility One für Bus- und Bahnsitze berücksichtigt Fahrgastströme und Aufenthaltszonen. Für Passagiere auf mittleren und längeren Strecken wurde der Ubility Air konzipiert, ein Leichtbausitz in Twinsheet-Technologie: Außen- und Innenschale bilden eine stabile, komfortable Struktur mit Luftkammern und nur 4 kg Gesamtgewicht. Ohne Umbau in beide Fahrtrichtungen nutzbar ist der ultraleichte Ubility Light, für Innenraumzonen mit hoher Fluktuation: Sein hochfester Alurahmen ist mit einem strapazierfähigen Strickgewebe bespannt, die untere Quer-

strebe mit Schaumpad fungiert als Sitzfläche. Der Ubility Shift bietet die Next-Generation-Lösung rund um Ein- und Ausgang: gepolsterte, körperhohe Stützen zum Anlehnen, Haltegriffe und eine clevere Kinematik, mit der sich eine kleine Sitzfläche ausfahren lässt.

www.grammer.com

Halle 1.1/Stand 610

Erfolg beginnt mit Zuhören



Fahrgastinformation & Ticketing

von FELA bedeutet:

- ✓ 100% individuell
- ✓ Nutzen-orientiert
- ✓ flexibel skalierbar
- ✓ mit Fach-Beratung & Schulungen

Visit InnoTrans
Halle 2.1, Stand 250

fela

www.fela.swiss

Hanno: Melaminharz-Platten mit hohem Brandschutz

Hanno präsentiert Innovationen und Weiterentwicklungen in den Bereichen Schallschutz, Abdichtung und Wärmeisolierung. Highlights sind unter anderem zwei neue Melaminharz-Schaumstoffe. Das hydrophobe Hanno-Tect-F-free ist fluorfrei und so besonders emissionsarm. Die Wärmeleitfähigkeit liegt niedrig bei nur 0,035 W/m*K, und es erfüllt die Brandschutznorm HL2 nach EN 45545. Zudem wird der Brandschutz im Fahrzeuginnenraum in Automobilen und Bussen erfüllt – Hanno-Tect-F-free ist selbstverlöschend (SE) bzw. nichtentflammend nach FMVSS 302. Das Gewicht liegt bei nur 10 kg/m³. Auch Hanno-Tect AL 18 tp ist ein offenzelliger Melaminharz-Schaumstoff, der Schall optimal aufnimmt. Er hält hohen Temperaturen bis 140°C problemlos stand, kurzzeitig sind sogar bis 180°C möglich. Hanno-Tect AL 18 tp ist hydro- oder oleophob einstellbar und lässt sich flexibel dem Kundenwunsch anpassen. Kaschiert mit einer Aluminiumfolie, zeichnet sich der Schaumstoff durch ein sehr gutes Brandverhalten (HL3 nach EN 45545 sowie SE nach FMVSS 302) aus, ist chemisch hoch beständig und hat eine ebenso geringe Wärmeleitfähigkeit von unter 0,035 W/m*K.



Die Melaminharz-Schaumstoffplatte Hanno-Tect-F-free ist fluorfrei
Quelle: Hanno

www.hanno.com

Halle 3.1/Stand 274

Init: Zukunft der IT-Unterstützung für den ÖPNV

Besucher des Init Messestandes können sich umfassend über das Gesamtkonzept Mobile nextGen informieren. Mobile-ITCS nextGen ist die neue Generation des Intermodal-Transport-Control-Systems. Eine zeitgemäße Oberfläche im UX-Design mit vielen neuen Funktionen ermöglicht den Disponenten ein intuitives und noch schnelleres Arbeiten. Für den Bedarfsverkehr gibt es die neue Version der Fahrer-App Copilot-app. Wesentlichste Neuerung im zentralen Modul Mobile-Flex ist die neue KI-basierte Routenoptimierung sowie die Einbindung des Ridepooling-Moduls. Den Anforderungen moderner ITCS- und Telematik-Anwendungen stellt sich Init mit Copilot-pc3, der neusten Generation des bewährten PC-basierten Bordrechners. Die IT- und Kommunikationsplattform fürs Fahrzeug setzt mit einem leistungsstarken Prozessor unter

dem Betriebssystem Windows10 IoT Enterprise und einer erweiterten Speicherkapazität in puncto Performance neue Maßstäbe, ermöglicht neue Bedienkonzepte und zusätzliche Funktionalitäten wie Internetzugriff. Eine Neuentwicklung in Sachen Fahrgastinformation und Störfallmanagement ist Response-assist. Das teilautomatisierte System integriert die Prozesse der Disposition, Fahrgastinformation und der Betriebsdokumentation. Und Ticketing as a Service (TaaS) ermöglicht es Verkehrsunternehmen, künftig sehr schnell und ohne hohen Investitionsaufwand bargeldloses Open Payment Ticketing nach dem EMV-Verfahren auch zusätzlich zu bestehenden Fahrgeldmanagementsystemen einzuführen.

www.initse.com

Halle 2.1/Stand 440

RAILWAY



DC Schütz
CP



AC Schütz
CF



Fahrschalter



Steckverbinder
UIC-IT



Schnappschalter

SCHALTBAU
Connect Contact Control



Halle 2.2 Stand 110
20.-23.09.2022, Berlin

Schalten und Steuern bei Höchstbeanspruchung

IP: Bremsprobegerät für Güter- oder Personenzüge

Die Industrie-Partner GmbH (IP) hat mit dem Bremsprobegerät BPG Gz 3/Pz 3 für Güter- oder Personenzüge die 3. Generation solcher Geräte entwickelt. Es wurde im Jahr 2021 von der DB Netz AG als einziges Gerät auf dem deutschen Markt zugelassen. Das Gerät ist mit nur 100 mm sehr schmal und passt daher auch in enge Gleisabstände. Das Bremsprobegerät kann auf einem Signalfundament oder einem temporären Fundament ohne zusätzliche Tiefbauarbeiten errichtet werden. Es führt die Funktionen Füllen der Haupt-

leitung auf 5,0 bar, Dichtheit der Hauptleitung prüfen, Angleichen der Hauptleitung mit 5,3 bar, Bremse anlegen 4,2 bar, Bremse lösen 5,0 bar und Druckerhaltung 5,0 bar zur Wagenkontrolle effizient und beständig durch. Zusätzlich bietet das BPG Gz 3/Pz 3 eine browserbasierte Funkfernsteuerung und die Erfassung der Bremsprobeprotokolle in einem personalisierten Dashboard.

www.ip-coswig.de

Halle 2/Stand 870



Bremsprobegerät

Quelle: IP

Nächster Stopp:
InnoTrans 2022 –
Stand 03/95

Unser Beitrag für effizienten Gleisbau

Mehr Infos auf www.schweerbau.de

SCHWEERBAU

Jumo: Neuer Thermostat und Schwimmschalter

Jumo wird in Berlin zahlreiche Neuheiten präsentieren. Der elektronische Thermostat zur Hutschienenmontage Jumo eTron T100 wurde speziell für die Temperaturregelung und -überwachung entwickelt. Neben den Eingangssignalen für Widerstandsthermometer und Thermoelemente steht zum Anschluss weiterer Prozessgrößen auch ein Messeingang 0(4) bis 20 mA zur Verfügung. Neben der UL-Zulassung erfüllt das Gerät zusätzlich die Normen für die Bahnindustrie der Kategorie 1B. Speziell für die Anforderungen dieser Branche wurden relevante Messeingänge, wie beispielsweise Ni1000, integriert. Neu ist auch der Nesos R40 LSH, ein Schwimmerschalter in horizontaler Ausführung. Er lässt sich zur Grenzstandsmessung mittels Schwimmkörper und Reedkontakt sowie zur Füllstandsmessung mittels Schwimmkörper und Reedkette verwenden. Der Schwimmschalter ist mit einer Gleitrohrlänge von bis zu 1 m erhältlich und bei Temperaturen von -52 bis +240 °C und Prozessdrücken von bis zu 88 bar einsetzbar. Er ist in den Schutzarten IP65 bis IP68 und optional mit einer ATEX- und IECEx-Zulassung ([Ex i] und [Ex d]) für den Einsatz in Zone 0 lieferbar. Auch kann ergänzend ein Temperaturfühler/-schalter eingebaut werden.

www.jumo.net

Citycube A/Stand 270



Thermostat zur Hutschienenmontage Jumo eTron T100

Quelle: Jumo

Klüber Lubrication: Neue Spezialschmierstoffe

Auf der InnoTrans präsentiert Klüber Lubrication eine Reihe von Neu- und Weiterentwicklungen. Das neue Barrierta L 25 DL Spray wurde speziell für die Schmierung von Dichtungen von Zugtüren entwickelt und zeichnet sich durch seine optimale Applizierbarkeit aus. Das neue vollsynthetische Radlagerfett Klübersynth BHE 46-403 ist eine innovative Kombination verschiedener Grundöle und der darauf maßgeschneidert abgestimmten Additivierung. Klübersynth BHE 46-403 ist nach DIN EN 12081 und DIN EN 12082 zertifiziert. Simulationen zeigen ein Potenzial für Nachschmierintervalle von mehr als

1,5 Mio. km oder 20 Jahren auf. Für Schmierungen von Rollenweichen wie auch von konventionellen Weichen dient das Klüberryl AL 32-2000 Spray. Das vollsynthetische Klübersynth GE 475 W 90 ist ein Hochleistungs-Getriebeöl, sodass die Ölwechselintervalle seltener anfallen. Speziell für niedrige Temperaturen wurde Klübersynth LEG 475 W 90 konzipiert, das gegenüber konventionellen synthetischen Getriebeölen einen um bis zu 30 % niedrigeren Reibwert aufweist.

www.klueber.com

Halle 21a/Stand 440



Bahnübergangssysteme



SCHNELL & UNKOMPLIZIERT

schneller Einbau mit kurzen Sperrzeiten macht sich für Sie in barer Münze bezahlt!



SICHER & VERLÄSSLICH

STRAIL® für unterschiedliche Belastungen und Klimabedingungen.



WELTWEIT VERBAUT

mehr als 80.000 Mal jahrzehntelange Erfahrungen sichern ausgereifte Systeme.



LANGE LEBENSDAUER

verlässlich seit 1976 mit nahezu wartungsfreien Bahnübergangssystemen

STRAIL auf der InnoTrans in Berlin

**HALLE 25
STAND 370**

WIR FREUEN UNS AUF IHR KOMMEN!

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG

www.strail.de
 @strail_official
 @kraiburg_strail

Knick: Drei Weltneuheiten auch für Hochspannung

Knick Elektronische Messgeräte präsentiert auf der InnoTrans eine Weltneuheit im Bereich der Messtechnik für Hochspannungsanwendungen. Der Trennverstärker P41000AG (AG = Adaptive Gain) ist so konzipiert, dass er neben regulären Strömen auch hohe Überlastströme messen kann, wie sie durch Kurzschlüsse oder überlastete Antriebe entstehen. Ein ansonsten zusätzlich notwendiger Trennverstärker sowie ein weiterer Messkanal für ein nachgeordnetes Steuergerät werden eingespart. Um Überlastströme zu erfassen, ist die Übertragungskennlinie des P41000AG in zwei unterschiedlich steile Bereiche unterteilt. Der erste Teil bildet den Nominalbereich der Verstärkung bei regulärem Betrieb mit 0 bis $\pm 100\%$ des Nennstromes auf 4 bis 16 mA ab. Der zweite Teil ist der Übersteuerungsbereich von ± 100 bis $\pm 1100\%$ des Nennstromes, der am Ausgang des P41000AG mit 16 bis 24 mA umgewandelt wird. Die Übertragungskennlinie des P41000AG besitzt damit einen charakteristischen Knick bei 100 %.

Speziell für den raumsparenden und flexiblen Einbau in Traktionsstromrichtern und Bordnetzumrichtern hat Knick den Hochspannungsmessumformer P45000 entwickelt. Das Gerät ist für Messungen von Gleichspannungen bis 4500 V DC und Wechselspannungen bis 3000 V AC mit einer Prüfspannung von bis zu 20 kV AC ausgelegt. Es eignet sich damit beispielsweise für Messungen an DC-Zwischenkreisen und DC-Eingängen in Antriebssystemen auf Schienenfahrzeugen. Durch die verstärkte Isolierung bietet der P45000 Schutz gegen gefährliche Körperströme bis 3700 V AC/DC in der Standardvariante mit Ringkabelschuhen und bis zu 4800 V AC/DC bei Einsatz mit Festkabeln. Der P45000 ist der erste Hochspannungsmessumformer mit diesen technischen Eigenschaften mit zusätzlicher SIL- Zertifizierung in der Bahnindustrie.

Eine weitere Weltneuheit ist der Signalverdoppler P16800. Er wurde entwickelt, um die steigende Zahl von Auswertesystemen an Bord von Schienenfahrzeugen mit sicheren Geschwindigkeitsdaten zu versorgen, ohne dass neue Sensoren an den Achsenden installiert werden müssen. Der P16800 nimmt das Ausgangssignal eines Achsdrehgebers auf, verdoppelt es ohne Einbußen bei der Signalqualität und stellt es als identisches Abbild galvanisch getrennt zwei nachgelagerten Steuerungen bereit. Auch als Nachrüstlösung wird der P16800 den Anforderungen an die exakte Odometrie gerecht.

www.knick.de

Halle 17/Stand 225



Drehzahlsignalverdoppler P16800

Quelle: Knick

SEALABLE

pioneers in profiles



BESUCHEN
SIE UNS AUF DER
INNOTRANS!

Stand 125
Halle 25

Unfallreduktion durch ...

... Fahrradsicheres Gleis

Sind Sie bereit für die Innovation, die Leben schützt? Basierend auf unserem Elastomerprofil haben wir eine Lösung für Schienen entwickelt, die Radfahren sicher macht, Unfälle vermeidet und Städteplaner begeistert.

Das **velosichere Gleis** bietet den Fahrradfahrern Schutz, indem es das Verkleben des Rades in der Rille der Schiene verhindert. Zusätzlich minimiert das Profil durch seine Oberflächenbeschaffenheit die Rutschgefahr bei nassen Witterungsbedingungen und bietet Fußgängern ebenso Barrierefreiheit beim Überqueren der Schienen.



Ihr Ansprechpartner:
Matthias Klug (Managing Director)
matthias.klug@seal-able.com

SEALABLE Solutions GmbH
www.seal-able.com/velogleis

Rein elektrische Bremse von Knorr-Bremse

Im Gegensatz zum konventionellen pneumatischen Bremssystem beschreibt die elektromechanische Bremse (EM-Bremse) eine Technologie, bei der Bremsignal und -energie rein elektrisch erzeugt und übertragen werden. Bislang im Vollbahnbereich noch ohne Anwendung, leitet Knorr-Bremse mit ihr einen Paradigmenwechsel ein: Bei reduzierten und vereinfachten mechanischen und elektrischen Schnittstellen fungiert die EM-Bremse als zentraler Enabler für den „Airless Train“ – einen Zug ohne komplexes System aus Kompressoren, Druckluftbehältern und -leitungen oder Hydraulik. Zusätzlich zählt die bessere Dynamik des EM-Bremssystems dank des schnelleren Anlegens und LöSENS auf kürzere Bremswege und erhöhte Streckenkapazitäten ein, die „intelligente“ Diagnosefähigkeit auf erhöhte Verfügbarkeiten. Im vergangenen Jahr konnte Knorr-Bremse bei ausführlichen Feldversuchen – 200 Bremsmanöver aus bis zu 160 km/h sowie Zuspannkräften von bis zu 36 kN – bereits wertvolle Betriebsdaten generieren. Weiter zeigt Knorr-Bremse integrierte und energieeffiziente Klimasysteme der clean[air] Familie für saubere und sichere Luft sowie green[air] mit signifikant GWP-reduzierten Kältemitteln (Global Warming Potential). Das weiterentwickelte Türsteuerungssystem LIFEDrive der Marke IFE weist separate Türantriebe auf, um auch beim Verklemmen einer Tür einen Passagierfluss zu ermöglichen.



EM-Bremse

Quelle: Knorr-Bremse

www.rail.knorr-bremse.com/de/de

Halle 1.2/Stand 250

Seit 20 Jahren erfolgreich auf die Zukunft ausgerichtet.
Sprechen Sie uns an – wir beraten Sie gern!

VTEC GmbH
Heiliger Weg 8-10
44135 Dortmund
Fon: +49 (0)231 56 55 99 50
Mail: info@vtec-gmbh.com
Internet: vtec-gmbh.com





Zungenrollvorrichtungen
rollTEC



Gleisabstandshalter
gaTEC

Lütze: Digitaler Signalgenerator für Warnsignale und -meldungen

Lütze Transportation zeigt mit dem SG-200 einen parametrierbaren, zweikanaligen Signalgenerator für die Ausgabe von Warnmeldungen auf Fahrzeugen. Er kann über zwölf bzw. 15 optoentkoppelte Steuereingänge aktiviert werden. Der SG-200 besitzt eine digitale Hochleistungsstufe (Class D) mit 200 W Ausgangsleistung für Warnsignale mit hohen Schalldruckpegeln im Außenbereich. Über eine zweite Leistungsstufe mit 25 W Ausgangsleistung (Class D) können Warnmeldungen im Fahrgastbereich sowie auf dem Führerstand ausgegeben werden. Der SG-200 kann bis zu 16 frei definierbare Warnsignale sowie Sprachansagen wiedergeben. Der interne Speicher ist sehr großzügig dimensioniert, sodass bis zu 512 verschiedene Audiosignale oder Ansagefolgen hinterlegt werden können. Für den SG-200 Signalgenerator sind zwei alternative Montagevarianten vorhanden. Für die Ausgabe der Außenwarnungen wurde eine Tag- und Nachtabsenkung integriert.

www.luetze.de

Halle 27/Stand 630



Der zweikanalige SG-200 Signalgenerator

Quelle: Lütze

MFL: Weniger Gewicht bei Gussteilen

Mit einem neuen lückenlosen Zulieferportfolio präsentiert sich die Maschinenfabrik Liezen und Gießerei (MFL) auf der InnoTrans 2022. Ausgehend von Engineering und Fertigungsberatung über Stahlgussteile, geschweißte Einzelteile oder komplexe Schweißkomponenten und Baugruppen bis zu fertigen Bahnfahrzeugen inklusive Zulassung reicht das Portfolio. Als ein Beispiel wird auf der Messe gezeigt, wie das Gewicht

von Bauteilen reduziert werden konnte. Die als Testbauteile untersuchten Federtöpfe, die in Drehgestellen von Hochgeschwindigkeitszügen verbaut sind, konnten um 21 % (von 62 auf 49 kg) reduziert werden – bei nachgewiesener gleichbleibender Festigkeit und identer Funktion.

www.mfl-rail.com

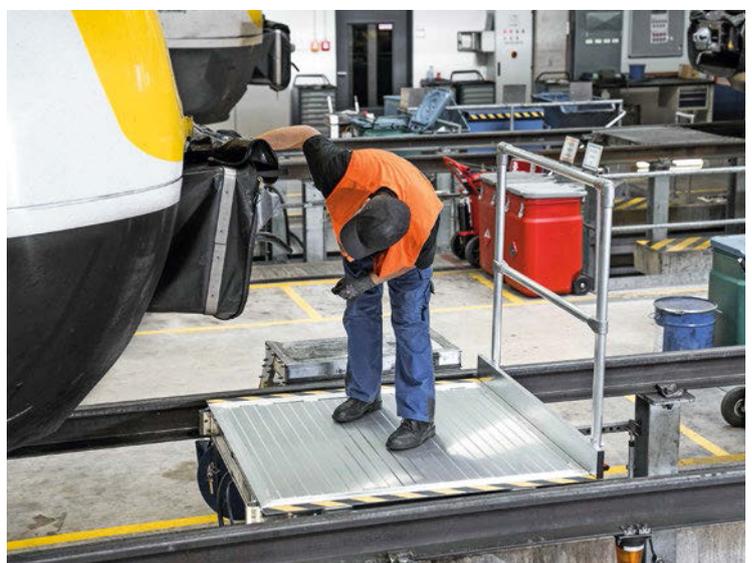
Halle 22/Stand 210

Munk Günzburger Steigtechnik: Neues Gleispodest

Mit einem neu entwickelten Gleispodest ermöglicht die Munk Günzburger Steigtechnik die besonders sichere und effiziente Wartung von Schienenfahrzeugen. Die Besonderheit: Das neue Gleispodest ist die erste koppelbare Arbeitsplattform für den Gleisbereich. Dank optionalem Verbindungsteil können beliebig viele Gleispodeste spaltfrei miteinander verbunden werden. Weiterhin können die Gleispodeste auch mit steckbaren Geländern mit Knie- und Fußleiste für die Stirnseiten ausgestattet werden. Zum Verschieben des Gleispodestes sind die Doppelbedienhebel vorgesehen. Dank eines Seilzugs an der Federbremse sowie Laufrollen auf der Unterseite des Gleispodests lässt sich die Arbeitsplattform leichtgängig verfahren. Sobald das Podest richtig positioniert ist, wird die Automatikbremse wieder aktiviert. Die Neuentwicklung ist komplett überfahrbar. Die Arbeitsplattform bietet eine Arbeitsfläche von ca. 1,70 m². Das Gleispodest ist für Belastungen bis zu 300 kg ausgelegt.

www.munk-group.com

Halle 6.2/Stand 330



Das neue Gleispodest mit steckbarem Geländer

Quelle: Munk

NetModule: Konnektivitätslösungen mit 5G – mobil und stationär

Der Kommunikationsspezialist NetModule, jetzt zur Belden-Gruppe gehörend, präsentiert seine Lösungen und Produkte für die Konnektivität von Zügen bis hin zu stationären Fahrkartenautomaten und Anzeigetafeln. Zu den diesjährigen Produkt-Highlights zählt der AP3400 Access Point für Schienenfahrzeuge. Er entspricht den Normen EN50155 und EN45545 und hält starken Vibrationen und extremen Temperaturen (-40°C bis +70°C) stand. Das Gerät ist mit Dual Radio WiFi 6 für mehr als 200 Clients ausgestattet. Die beiden Funkmodule ermöglichen den gleichzeitigen Betrieb im 2,4 GHz und 5 GHz Band. Darüber hinaus verfügt er über zwei 2,5 Gigabit Ethernet Ports. In Kombination mit dem NB3800 5G Router bietet der Access Point AP3400 nahtlose LTE- und 5G-Konnektivität im gesamten Fahrzeug. Der ES3300 Managed Gigabit Switch macht das Verbinden der Onboard Access Points, CCTV und PIS über PoE+ mit dem Gigabit-Backbone des Fahrzeugs denkbar einfach.

Für stationäre Anwendungen wie Anzeigetafeln oder Fahrkartenautomaten sind die Router NB1601 LTE und NB1800 5G Industrial ausgelegt. Der NB1601 LTE bietet dank zweier SIM-Karten für unterschiedliche Provider eine hohe Verfügbarkeit. LAN-seitig können Netzwerkgeräte über den 4-Port Ethernet Switch und optional WLAN IEEE 802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) sowie Bluetooth + Bluetooth Low Energy (BLE) verbunden werden. Der NB1601 ermöglicht dank



AP3400 Access Point

Quelle: NetModule

höherer Bandbreite von 5G eine größere Zuverlässigkeit und sichere Datenübertragung sowie das deterministische Verhalten für echtzeit- und sicherheitsrelevante Anwendungen.

www.netmodule.com

Halle 4.1/Stand 410

NSK-E: sichert elektrische Schraubenverbindungen effektiv und dauerhaft

In der Elektroindustrie führen lockere Schraubverbindungen unweigerlich zu Systemausfällen.

Häufige Ursachen für das Versagen einer elektrischen Schraubverbindung sind:

- Verlust der Vorspannung durch erhöhte Setzbeträge,
- Lösen der Verbindung durch Vibrationen,
- Beschädigung der Leitermaterialien und Spanbildung.

Die Lösung für diese Probleme ist die neu entwickelte NSK-E von teckentrup

- Einteilige, montagefreundliche Schraubensicherungslösung.
- Bogenförmig-federnde Geometrie minimiert Setz- und Kriecherscheinungen, auch bei Edelstahl aufgrund der erhöhten Materialstärke.
- Formschlüssig sperrende Wirkung unterhalb des Schraubenkopfes bzw. der Mutter durch weiterentwickelte Verzahnung auf der Scheibenoberfläche.
- Oberflächenbeschichtung mit hohem Korrosionsschutz und definiertem Reibbeiwert.
- Schonung der Gegenlage durch die speziell angeprägte Kufenform.
- Vorspannkrafterhalt und kontinuierlicher Kontaktdruck bei weichen Werkstoffen.

Vorderseite



Rückseite



teckentrup

Zukunft durch Qualität,
Präzision und Innovation

Erfahren Sie mehr unter: **teckentrup GmbH + Co. KG**
Elsetalstr. 6–10
58849 Herscheid

Tel.: +49 (0) 23 57-90 80-0
E-Mail: info@teckentrup.de
www.teckentrup.de

Niadax: Neues Kabelführungssystem

Mit der Digitalisierung der Schiene steigt der Bedarf einer sicheren Elektroinstallation am Gleis. Die Niadax Group hat für diesen Anwendungsfall ein spezielles Kabelführungssystem entwickelt. Dieses zum Patent angemeldete Eindrehbodenkanal-System (EDBK) wurde durch das Infrastrukturunternehmen DB Netz AG mit einer Produktfreigabe versehen. Mit dem System können die für den digitalen Bahnbetrieb notwendigen Energie- oder Lichtwellenleiter-Kabel zugriffssicher, zeitsparend und ohne Sperrpausen entlang der Schiene verlegt werden. Das EDBK-System besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff und kann wahlweise bodenbündig, aufgeständert und auf dem Boden eingesetzt werden. Entgegen bekannter Verlegetechniken wird das zuvor ausgelegte Kabel in das Führungssystem eingedreht und benötigt keinen separat montierten Deckel. So kann die Installation mit nur wenig Personal und ohne schienenengebundene Hilfsmittel erfolgen.



www.niadax-group.com

Halle 5.2/Stand 810

Eindrehbodenkanal-System (EDBK)

Quelle: Niadax Group

Norgren: Einlassverteiler „Hydrogen Ready“

Norgren stellt sich den Anforderungen der Bahnindustrie bezüglich der Anwendung neuer Technologien wie dem Wasserstoff. Zu den Produkten, die zu sehen sind, gehören Verteiler- und Systemlösungen, wasserstofftaugliche Batterie-Thermoverventile und Brennstoffzellenverteiler, eine Reihe von elektronischen Sensoren und Sekundärfederungsprodukten sowie die Luftaufbereitung der Serie Excelon Plus 84. Weiter gibt es einen neu entwickelten Einlassverteiler, der „Hydrogen Ready“ ist.



www.norgren.com/de

Halle 10.2/Stand 210

Einlassverteiler für Wasserstoff

Quelle: Norgren

NSK: Impulse und Innovationen für die Antriebe von Schienenfahrzeugen

Auf der InnoTrans wird NSK ein umfassendes Angebot an Wälzlager für Schienenfahrzeuge präsentieren: Radsatzlager sowie Lager für Fahrmotoren und Getriebe. Einen Schwerpunkt bei den Exponaten werden die Radsatzlagerlösungen bilden, die NSK u. a. für Hochgeschwindigkeitszüge britischer und französischer Bahngesellschaften fertigt. Die Sealed-Clean-Kegelrollenlager der RCT-Baureihe zeichnen sich u. a. durch hohe Zuverlässigkeit, lange Lebensdauer und ein hohes Maß an Betriebssicherheit aus. Außerdem wird NSK die aktuelle Generation von Wälzlager für Wechselstrom-Traktionsmotoren vorstellen. Eine zentrale Eigenschaft ist hier die elektrische Isolierung. NSK bietet verschiedene Baureihen von stromisolierten Lagern an. Eine aktuelle NSK-Innovation für Traktionsmotoren sind Hybrid-Rillenkugellager mit Keramikugeln als Wälzkörper. Sie eignen sich für Anwendungen, bei denen eine hochwirksame elektrische Isolierung erforderlich ist und / oder hohe Geschwindigkeiten vorherrschen. Eine weitere Baureihe sind PPS-isolierte Lager. Hier dient eine isolierende Beschichtung aus glasfaserverstärktem Polyphenylsulfid (PPS) auf den Außen- und Seitenflächen des Lageraußenrings als Schutz vor Elektrokorrosion. Die physikalischen



Radsatzlager der RCT-Baureihe mit hoch wirksamer Abdichtung

Quelle: NSK

Eigenschaften von PPS sind etwas ungünstiger als die von Lagern mit Keramikbeschichtung, aber aufgrund des Kostenvorteils ist diese Lagerbaureihe ideal für die Traktions-Wechselstrommotoren der neuen Generationen konventioneller Züge.

www.nskeurope.de

Halle 20/Stand 260

Plasser & Theurer: ModularCustomizing Basis für Entwicklungen

Nach dem großen Auftritt auf der iaf – der Internationalen Ausstellung Fahrwegtechnik – in Münster unter dem Motto „future track technology – NOW“ wird Plasser & Theurer auch in Berlin klar zeigen, welche Themen die Zukunft der Branche bestimmen.

Ein Schwerpunkt in Berlin ist das Konzept ModularCustomizing, auf dessen Basis die Fahrzeuge konstruiert und gefertigt werden. Die Entwicklung des Konzepts begann vor nunmehr rund zehn Jahren mit dem Bau von 48 Instandhaltungsfahrzeugen für die Deutsche Bahn und wurde seither konsequent weiterverfolgt. Heute können aus Modulen mit 100 % Detaillierungsgrad und exakt definierten Schnittstellen unterschiedliche Maschinen in kürzerer Zeit und zu niedrigeren Kosten gebaut werden. Dabei werden die Vorteile dieser Bauweise über den gesamten Lebenszyklus der Maschinen wirksam, da sie nicht nur die Wartung, sondern auch Reparaturen und Überholungen deutlich erleichtern.

Ein Highlight des aktuellen Produktprogramms von Plasser & Theurer wird im Außenbereich der InnoTrans präsentiert: der Unimat 09-4x4/45 Dynamic E³ mit der revolutionären E³-Hybridtechnologie. Diese Universalstopfmaschine ist die erste Hybridmaschine für die DB Bahnbau Gruppe GmbH. Neben dem konventionellen Antrieb verfügt die Maschine über die Möglichkeit des vollelektrischen Betriebs im Fahr- und Arbeitsmodus. Mit dem vollelektrischen Antrieb werden alle rotierenden Bewegungen durchgeführt, lediglich einige lineare Bewegungen bleiben hydraulisch. Die Antriebstechnologie reduziert den Bedarf an Hydrauliköl um 80 %. Vorgestellt wird auch das European Distribution Center (EDiC) in Linz, das im Sommer 2022 den Testbetrieb startete. Das Ziel ist, alle häufig bestellten Teile ständig auf Lager zu haben, verbunden mit kürzeren Lieferzeiten.

www.plassertheurer.com

Halle 26/Stand 270; Freigelände T02/60; T03/60



Plasser CatenaryCrafter 15.4 E³: Alle Fahrzeuge für die ÖBB bekommen auf Basis von ModularCustomizing ein von Grund auf neues Konzept und Design

Quelle: Plasser & Theurer



FRÄNKISCHE
INDUSTRIAL PIPES

**Zuverlässige Schutzsysteme
für Streckensicherheit**

Unkomplizierte Montageprozesse
und höchste Qualitätsansprüche

www.fraenkische.com/bahn

PLCD: Wiegen ganzer Züge ohne direkte Messsensoren

PLCD bietet eine breite Palette industrieller Wäge- und Dosierlösungen. Die Umgestaltung jeweils kleiner Gleisabschnitte (Länge = 1200 mm) in Gewichtssensoren ist innerhalb eines Tages umsetzbar. Das Verfahren kommt ohne direkte Messsensoren aus, damit bleibt das Verfahren von Umweltgegebenheiten unbeeinflusst. Für jede den Wiegebereich durchlaufende Achse wird die Verformung der in der Schiene eingelagerten Neutralfaser erfasst. Anschließend erfolgt eine Analyse mittels einer sehr präzisen Wiegeelektronik. Das System ermöglicht es, die Last jedes Radsatzes zu messen und das Gesamtgewicht eines Waggons zu bestimmen. Alle Messungen werden bei fahrendem Zug durchgeführt – bei einer Geschwindigkeit zwischen 5 und 10 km/h. Für höhere Geschwindigkeiten muss das Messgleisstück länger (~ 2000 mm) gewählt werden. Die Steuerung erfolgt vollständig durch PLCD mit fabrikseitiger Vorkalibrierung. Das Schneiden und Verschweißen der Schiene müssen durch ein spezialisiertes Unternehmen erfolgen. PLCD übernimmt die Montage der Dehnungsmessstreifen sowie das Abdichten des Systems und Anbringen der elektrischen Anschlusskästen.



Messgleis zur Erfassung des Fahrzeuggewichts

Quelle: PLCD

www.plcd.fr

Halle 3.2/Stand 400



E.C.O. Group

**Engineering.
Consulting.
Operations.**



**Visit us at InnoTrans 2022
20 – 23 September, Berlin
City Cube, Hall B, Booth 410**

**Interested in
transforming
the future of
mobility?**

Follow us on
LinkedIn



Sign up for our
newsletter.



*We are part of DB E.C.O. Group:
DB Engineering & Consulting | ESE Engineering und Software-Entwicklung |
infraView | Deutsche Bahn International Operations | inno2grid*

www.db-eco.com

ProVI: Launch des neuen Moduls ProVI LST

Der Softwareanbieter ProVI veröffentlicht zur InnoTrans sein neues Modul ProVI LST zur Planung der Leit- und Sicherungstechnik (LST). Das Tool entstand in einer knapp zweijährigen Entwicklungskooperation mit DB Engineering & Consulting (DB E&C) und ist in seiner Funktionalität einzigartig auf dem Markt. Da das Modul BIM-konform (Building Information Modeling) und mit der Trassenplanung verknüpft ist, greift ProVI LST auf die aus der Trassierung bereits vorliegenden Objekte und Parameter

zurück. Zwei wichtige Funktionen des neuen Moduls sind das Ampelsystem, das mithilfe hinterlegter Regeln anzeigt, ob die Planung richtlinienkonform ist, und die Projektierung Digitaler Stellwerke (DTSW), die vollumfänglich kompatibel mit dem PlanPro-Datenmodell von DB Netz ist. Ab der nächsten Programmversion ProVI 7.0 ist das Modul verfügbar.

www.provi-cad.de

Halle 5.2/Stand 135

PSI Transcom: IT-Systeme für den ÖPNV der Zukunft

Wie Verkehrsunternehmen die aktuellen Herausforderungen mithilfe von modernen IT-Systemen der PSI Transcom meistern, zeigt die PSI Transcom. So ermöglicht die neue Lösung eDMS start einen einfachen und schnellen Einstieg in die E-Mobilität in nur wenigen Wochen. Das System ist einfach konfigurierbar und dem Bedarf entsprechend modular erweiterbar. Von der Fahrzeugbereitstellung bis zur Fahrgastinformation im Regel- und Störfall – das PSITraffic/TMS Train Management System integriert die Fahrzeug- und Werkstattdisposition mit einem Train Control System (TCS) und der Zuglenkung. Es erkennt Konflikte auf Fahrstraßenebene und kann anhand dieser Informationen Züge vollautomatisch lenken. Und bei dem Personal-

dispositionssystem Profahr sind die Module Urlaubsmanagement, Wunschdienstplanbildung, Dienst- und Urlaubstauschbörse sowie Personalprognose neu.

Daten aus Fahrzeugen bieten zahlreiche Möglichkeiten, betriebliche Prozesse zu optimieren. Doch wie kann dies beim Einsatz von Fahrzeugen unterschiedlicher Hersteller gelingen? Wem gehören die Daten? Die Beantwortung von Fragen wie diesen ist Gegenstand des Forschungsprojekts STAPL, in dem u.a. eine Referenzarchitektur für Fahrzeugdaten-Plattformen entsteht.

www.psitranscom.de

Halle 2.1/Stand 520

TECHNOLOGIE UND SERVICE
FÜR MOTOREN UND ANTRIEBE



STORM
We are Service!

InnoTrans 2022
Besuchen Sie uns auf unserem Stand 335 / Halle 18



**MIT EIGENEM
GLEISANSCHLUSS**

- ▶ Instandhaltung aller Antriebsmotoren
- ▶ Motoren- und Ersatzteile
- ▶ Service für Einspritzpumpen
- ▶ Mechanische Bearbeitung und Fertigung

August Storm GmbH & Co. KG
Fon +49 5977 73-0 · info@a-storm.com
www.a-storm.com



24
Service-Telefon
+49 5977 73-247

Rhomberg Sersa: Großprojekte, Simulatoren und neue Fahrweegelemente

„A success story goes on“ – unter diesem Motto lädt die Rhomberg Sersa Rail Group auf der InnoTrans zu einem Jubiläum ein: Die Rhomberg Sersa Rail Group feiert 2022 ihr zehnjähriges Jubiläum seit der Fusion. Auf dem auf über 250 m² großen Messestand wird der modernste Lok-Trainingssimulator mit der Mixed-Reality-Technologie von NXRT ausgestellt. Dort werden auch der Digital Rail Services vorgestellt sowie die Großprojekte des Unternehmens: Stuttgart 21, CRS4 Metro Kopenhagen, Koralm, Neues Werk Cottbus.

Auf dem Freigelände werden auf über 100 m² u.a die Digitale Fahrweg Diagnose mit dem einzigartigen Diagnosefahrzeug ausgestellt. Weitere dort gezeigte Produkte sind:

- IVES (optimiertes Feste-Fahrbahn-System): ein intelligentes und langlebiges Tragschienensystem
- V-TRAS: eine universelle Übergangskonstruktion, die verschiedene Gleisbauarten einfach, sicher und nachhaltig verbindet
- HandrailIT: das energieeffiziente LED-Leuchtsystem für eine bessere Orientierung und sichere Evakuierung in Tunneln
- SLS und SRV: einfache Schwellensanierung ohne Tausch als schnelle und nachhaltige Lösung zur Verlängerung des Lebenszyklus.

Rhomberg Sersa ist zudem beim InnoTrans Campus, Halle 4.2, im RecruitingLAB vertreten.

www.rhomberg-sersa.com/de

Halle 25/Stand 430; Freigelände Süd/Stand 0/174

Robel: Selbstlernende Schraubmaschinen, neue Meßgeräte

Auf der InnoTrans zeigt die Robel Unternehmensgruppe ihr wachsende Portfolio. Die Gruppe zeigt mehr als 20 Maschinen sowie Business-Lösungen, die den gesamten Prozess der Schieneninstandhaltung von Schienenbearbeitung und Logistik über Messen hin zu Full-Service und Automatisierung umfassen. Der Fokus liegt dabei auf Lösungen zu den „drei D“, den großen Herausforderungen für das System Bahn: Dekarbonisierung – Digitalisierung – Demografische Entwicklung.

Robel Bahnbaumaschinen zeigt im Bereich der handgeführten Maschinen neue Elektro- und Hybridantriebe für Schraub-, Schleif-, Stopf- und Bohrmaschinen aus der E³-Familie. Ein Beispiel ist die Weltneuheit Rowrench 30.76: eine vollelektrische, selbstlernende Präzisionsschraubmaschine. Der Schwerpunkt der schienengebundenen Fahrzeuge liegt bei Projekten in urbanem Umfeld, Tunnel und U-Bahn. Auf der InnoTrans hat das Roclean Reinigungssystem Premiere: Es kombiniert automatisierte Flächenabsaugung und manuelle Reinigung mittels Saugschläuchen für deutliche Reduzierung von Brandlast und Feinstaub in der U-Bahn. Die Romill Urban E³ ist das erste Produkt für Schienenbearbeitung aus der Kooperation der Gruppe, optimiert für den Einsatz in U-Bahnen mit Hybrid-Antrieb, Frästechnologie von Schwebbau International und vollumfänglichem Messequipment von Vogel & Plötscher. Der Dienstleister Plasser Robel Services präsentiert sein markenübergreifendes Serviceprogramm für schienengebundene Fahrzeuge über drei Standorte. Vogel & Plötscher geht erstmals von der Schienenoberfläche in die Tiefe: RSCM (Rail Surface Crack Measurement) ist eine neue Technologie zur Messung von Risstiefen und Unregelmäßigkeiten der Schienenoberfläche. Eine Analyse von Fehlern ist bis zu einer Tiefe von 7 mm möglich.



Oben: Vollelektrische, selbstlernende Präzisionsschraubmaschine Rowrench 30.76 E³; unten: RSCM Messgerät von Vogel & Plötscher
Quellen: oben: Robel; unten: Vogel & Plötscher

www.robels.com Halle 26/Stand 470; Freigelände O 3/Stand 65 und 70

SAB: Dauerflexible Bahnleitung für den Außeneinsatz

Speziell für den Außeneinsatz hat der Spezialkabelhersteller SAB Bröckses eine neue Leitung mit dem höchsten Hazard Level – HL 1 bis 3 nach EN 45545 auf dem Markt gebracht. Die RailLine 560 ist dauerflexibel und widersteht Witterungseinflüssen im Außeneinsatz. Möglich ist auch ein Einsatz als Schleppkette bei Türantrieben. Die

Railline 560 ist als Steuerleitung mit 300/500 V Nennspannung, als geschirmte Version, als paarige Datenleitung als auch in der Ausführung mit 0,6/1 kV Nennspannung lieferbar.

www.sab-kabel.de

Halle 14.1/Stand 210

ZWEIWEGE-RANGIERTECHNIK



UNIMOG Vielseitiges Rangierfahrzeug für Anhängelasten bis 1000 t



ROTRAC E2 Elektro-Rangiergerät für Anhängelasten bis 250 t



ROTRAC RR Schweres Rangierfahrzeug für Anhängelasten bis 4000 t



G. Zwiehoff GmbH
Zweiwege-Fahrzeuge
Tel +49-8031-23285-0
Fax +49-8031-23285-19

Gießereistraße 8
83022 Rosenheim / Germany
info@zwiehoff.com
www.zwiehoff.com

Schaeffler: Leichtere Lager und digitale Kennzeichnung

Als einer der weltweit führenden Automobil- und Industrielieferer zeigt Schaeffler in Berlin neue Lösungen für Lagerungen in Schienenfahrzeugen sowie innovative Systeme, die die Wettbewerbsfähigkeit des Schienensektors weiter erhöhen und die fortschreitende Digitalisierung des Bahnsektors unterstützen. Das Portfolio von

Schaeffler steht diesmal unter dem Motto „Reliable, predictable, sustainable – Schaeffler Solutions for Innovations in Rail“.

Schaeffler wird auf der InnoTrans ein verbessertes Y25-Gehäuse inklusive optimierter WJ/WJP-Lager vorstellen. Das Gehäuse für Radsatzlager ist für eine Achslast von bis zu 25 t ausgelegt. Im Vergleich zu seinem Vorgänger weist es dabei 14 % weniger Gewicht auf.

Die Basis für mehr Digitalisierung im Bahnbereich bildet der Data Matrix Code (DMC). Dieser wird im Herstellungsprozess auf jedes Lager angebracht und ermöglicht die fortlaufende Erfassung von Produkt- und Betriebsdaten sowie Wartungsinformationen. Es entsteht ein digitaler Zwilling des jeweiligen Produktes mit einer fortlaufenden, umfassenden Lebensdauerakte.

Nachhaltigkeit bedeutet für Schaeffler auch die Aufbereitung von Lagern nach höchsten Qualitätsstandards, um Rohstoffe und wertvolle Ressourcen einzusparen. Zusätzlich ermöglicht Schaefflers Return-Service für Bahnlager den Betreibern eine deutliche Verbesserung der Verfügbarkeit von Zügen und eine Maximierung der Laufleistung.



Das optimierte und leichtere Y25-Gehäuse für Radsatzlager mit dem neuen WJ/WJP-Lager, das mit dem neuen DMC (Data Matrix Code) gekennzeichnet ist
Quelle: Schaeffler

www.schaeffler.com

Halle 21/Stand 430

Schaltbau: Flexible Leistungsschütze

Die Schaltbau GmbH zeigt in Berlin die neuesten Entwicklungen in der Elektrotechnik für Bahnfahrzeuge. Bei der CP-Leistungsschützreihe umfasst das Schaltgerätekonzert bidirektionale Schütze in kompakter Bauform auch über eine permanent-magnetische Lichtbogenbehandlung. Individuell konfiguriert werden können die Schütze als Schließer, Öffner, Trenner oder Umschalter, was für hohe Flexibilität in der Anwendung in der Bahntechnik sorgt. Schaltbau liefert das mit dem 3-poligen AC-Leistungsschutz der modularen CF-Baureihe, das für die hohen Leistungsklassen bis 3000 V und 3x600 A für umrichter gespeiste Wechselstromantriebe mit höheren Frequenzen geeignet ist. Dank einer Spulensparschaltung ermöglicht das Schütz durch seinen niedrigen Energieverbrauch und die niedrige Erwärmung den Einbau im klimaneutralen Zug der Zukunft. Außerdem zeigt Schaltbau die bidirektionalen Gleichstrom-Schütze C360, die durch ihr Einschaltvermögen von bis zu 2500 A vor allem in Anwendungen mit hohem Einschaltstrom und hohen Kapazitäten zum Einsatz kommen.

Ergänzt wird das Schaltbau-Portfolio durch die UIC-IT-Steckverbinder, mit denen der Datenaustausch über Ethernet in Schienenfahrzeugen einfach und reibungslos vonstatten geht. Mit den Mikroschaltern S826, S847 und S870 hat das Unternehmen eine Lösung für die Sicherheitsschaltkreise in Zugtürsteuerungen realisiert. Die Schaltbau-Tochter SPII S.p.A. zeigt mit dem „IntelliArm“ ein hochmodernes und digitales Fahrpult, das auf Komfort, Ergonomie und Nutzererlebnis ausgerichtet ist.

www.schaltbau.de

Halle 2.2b/Stand 110



Individuell konfigurierbares CP-Leistungsschütz
Quelle: Schaltbau

Schunk: Intelligente Stromabnehmer generieren Zustandsdaten

Mit einem nachrüstbaren Messsystem, das Zustandsdaten über Stromabnehmer und Oberleitung generiert, präsentiert Schunk Transit Systems auf der InnoTrans seine digitale Innovation. Mittels Sensorik kann die On-board Monitoring-Lösung Unregelmäßigkeiten erfassen, bevor diese zu Beschädigungen führen. Kunden haben die Auswahl aus unterschiedlichen Parametern, die im laufenden Betrieb analysiert werden: vom dynamischen Anpressdruck über den Zustand der Schleifleisten bis zu Beschädigungen an der Oberleitung. Die ermittelten Daten bilden die Grundlage für eine vorausschauende Instandhaltung und erhöhte Verfügbarkeit von Fahrzeugflotten und Infrastruktur.

www.schunk-transitsystems.com

Halle 9/Stand 345



Nachrüstbares digitales Messsystem am Stromabnehmer
Quelle: Schunk Transit Systems

Siemens Mobility präsentiert die Zukunft der Bahn

Mittelpunkt des Messeauftritts von Siemens Mobility ist die neue digitale Business-Plattform Siemens Xcelerator. Der Siemens Xcelerator will als offene digitale Business-Plattform ein leistungsfähiges Ökosystem von Partnern schaffen, die gemeinsam die digitale Transformation und die Nachhaltigkeit der Mobilität umfassend beschleunigen können. Der Xcelerator öffnet Schnittstellen für alle Teilnehmer des Mobilitätsökosystems und trägt so dazu bei, die realen mit den digitalen Welten zu verbinden – eine Innovation, die in der Bahnindustrie einmalig ist. Der Siemens Xcelerator umfasst ein umfangreiches kuratiertes Portfolio von digitalen und IoT-fähigen Angeboten (Software, Services und vernetzte Hardware) für Industrie, Bauwirtschaft, Grids und Transportwesen, ein kontinuierlich wachsendes, leistungsstarkes Ökosystem, sowie einen Marktplatz, auf dem man sich im Verbund mit Kunden, Partnern und Experten informieren und weiterbilden kann. Zudem bietet Siemens Xcelerator eine vielversprechende Architektur, um modulare Software in die Cloud zu bringen. Siemens Mobility wird Teile des aktuellen Portfolios aus der Mobility Software Suite X und der Railigent X Application Suite öffnen und verbinden. Dazu gehören Zugplanung, Reservierung und Ticketing, Bestandsmanagement, Mobility-as-a-Service (MaaS), digitale Services und Infrastruktur.

Siemens Mobility zeigt, wie innovative digitale Technologien den Betreibern ermöglichen, ihre Netzwerkkapazitäten und Effizienzgewinne zu maximieren, indem sie die bestehende Bahninfrastruktur in die Cloud verlagern und Signalisierungs-komponenten virtualisieren, z. B. über 5G. Durch Fernüberwachung des Bahnbetriebs eines ganzen Landes oder einer Stadt von einem zentralen Rechenzentrum aus lassen sich viele Hardwarekomponenten wie Signale oder Stellwerke virtualisieren, um die Wartungskosten zu senken.

Siemens Mobility ermöglicht Kunden, ihren Fahrgästen ein nahtloses Fahrerlebnis zu bieten: Siemens Mobility hat weltweit MaaS-Systeme erfolgreich implementiert, beispielsweise in Dubai, Dänemark,



Die X-Wagen für Wien werden auch vollautomatisch fahren

Quellen: Siemens Mobility



Der Mireo Plus H mit einem Antrieb über eine Brennstoffzelle und leistungsfähigen Batterien

Quellen: Siemens Mobility

Luxemburg, den Niederlanden und Andorra. Weitere Projekte sind in Spanien geplant. Digital orchestrierte On-Demand-Transportdienste für die erste und die letzte Meile bieten den Fahrgästen echte Tür-zu-Tür-Optionen. Dank innovativer Ticketing-Lösungen zahlen die Fahrgäste immer den günstigsten Preis – einfach per Swipe. Aber nicht nur der Fahrgastkomfort wird optimiert. Vielmehr verbessern sicherheits-zertifizierte Softwarelösungen die Verfügbarkeit, die Interoperabilität und die Nutzung von Ressourcen wie Reservierungs- und Bestands-

management, Auslastungsanalyse oder Netz- und Kapazitätsplanung. Jüngste Akquisitionen wie Sqills und Padam Mobility bereichern das Portfolio und untermauern den klaren Fokus auf Softwarelösungen, um die Mobilität zu transformieren. Diese Lösungen sind erstmals integraler Bestandteil des Messestandes auf der InnoTrans.

Auf dem Freigelände wird Siemens Mobility eine breite Auswahl an aktuellen Entwicklungen zeigen. Dazu gehört der Desiro HC für ODEG, der im neuen SPNV-Netz Elbe-Spree eingesetzt wird. Der ausgestellte Zug zeigt die vierteilige Version. Mit dem Mireo Plus H kommt die nächste Generation von Wasserstoffzügen zum Einsatz. Der Zug ist mit einem Brennstoffzellenantrieb und einer Lithium-Ionen-Batterie ausgestattet, die die Antriebsenergie liefert. Zudem verfügt er über ein regeneratives Bremssystem.

Der Vectron Dual Mode vereint die Vorteile von vollwertigen Diesellokomotiven mit denen von Elektrolokomotiven durch die Kombination aus leistungsstarkem Diesel-Antrieb und der Ausrüstung für die Nutzung von Oberleitungen. Die Lokomotive Vectron MS ist jetzt für 230 km/h homologisiert und eignet sich damit für den Einsatz auf konventionellen wie auch auf Hochgeschwindigkeitsstrecken im schnellen grenzüberschreitenden Personenverkehr.

Beim Metro-“X-Wagen“ handelt es sich um sechsteilige U-Bahnzüge für Wien, die auch auf der vollautomatischen Linie U 5 eingesetzt werden. Die Züge zeichnen sich durch eine Leichtbauweise und eine Recyclingquote von über 90 % aus. Der Avenio Nürnberg ist eine vierteilige Niederflur-Straßenbahn.

Herausstechen wird der eHighway-Lkw mit Cocreation-Anhänger: Die von Siemens Mobility entwickelte eHighway-Technologie ist ein dynamisches Ladesystem, das schwere Nutzfahrzeuge über einen Stromabnehmer mit Strom aus einer Oberleitung versorgt. Der Anhänger dieses speziellen Lkw wird auf der InnoTrans als Cocreation-Raum genutzt, um den Kunden die digitale Welt des Siemens-Mobility-Rail-Infrastructure-Geschäfts zu präsentieren.

www.siemens.de/mobility

Halle/hub27/Stand 230 und im Freigelände

Speno: Produktivitätsniveau des Schienenschleifens erhöht

Speno, Spezialist beim Schienenschleifen, stellt seine neuen Techniken vor. So hat das Unternehmen eine neue Technik entwickelt, um Rückstände und Metallspäne während des Schleifprozesses aufzufangen. Die „intelligenten“ Maschinen wählen die effektivsten Schleifparameter selbst. Die Maschinen bieten den Bedienern zusätzliche Unterstützung, um Interferenzen zwischen Gleiselementen (Schutzschienen, Achszähler, Heißläuferortungsanlagen usw.) und den Schleifwerkzeugen zu verhindern. Weitere Merkmale sind Echtzeit-Monitoring der Schienenquer- und -längsprofile sowie Riffel, Rissverminderung der Schiene infolge von HeadCheck oder Spalling, des Spurmaßes, der Schienenrauigkeit und der Materialabnahme von der Schienenoberkante während des Schleifens. Dies hat einen geringstmöglichen Materialabtrag des Schienenkopfes zur Folge.



www.speno.ch

Halle 26/Stand 120

Die neue Schleifeinheit fängt Schleifrückstände besser auf

Quelle: C. Müller



CURRENTA 

Sicher auf der Schiene

CURRENTA Brandtechnologie

Wir bieten Ihnen Prüfmethode zur Beurteilung des Brandschutzes in Schienenfahrzeugen, wie die EN 45545-2, NFPA 130 u.a., an.

Setzen Sie sich mit unseren Experten in Verbindung!

Currenta GmbH & Co. OHG
www.en45545.eu
brandtechnologie@currenta.de
 +49 214 2605 33002



Stadler: „Großer Bahnhof“ mit Weltpremieren



Flirt H2 für SBCTA, USA

Quelle: Stadler Rail

Stadler präsentiert auf dem Freigelände seinen „großen Bahnhof“ mit innovativen und nachhaltigen Antriebslösungen im Schienenverkehr. Zum ersten Mal stellt Stadler seinen mit Wasserstoff betriebenen Triebzug Flirt H2 für den amerikanischen Personenverkehr vor. Zu den weiteren ausgestellten Fahrzeugen gehören unter anderem der Flirt Akku, die stärkste Hybrid-Lokomotive Euro9000 in Europa und die Straßenbahn der nächsten Generation Tina. Zudem erhalten Besucherinnen und Besucher an den Messeständen von Stadler einen umfassenden Einblick in die innovativen Lösungen in den Bereichen Schienenfahrzeuge, Service und Signalling wie automatisiertes Fahren (ATO), Zugsicherung (ETCS) sowie führerlose Metrozüge (CBTC) und Bahnsicherungsanlagen. Der Flirt H2 für die San Bernardino County Transportation Authority (SBCTA) ist der erste mit Wasserstoff betriebene Personenzug für die USA. Er ist für das Redlands Passenger Rail Project in Kalifornien vorgesehen. Das PowerPack im Mittelteil umfasst die Brennstoffzellen und die Wasserstofftanks. Diese versorgen die Antriebsbatterie. Der Zug bietet 108 Sitzplätze. Die Höchstgeschwindigkeit liegt bei 130 km/h (79 mph). Mit dem zweiteiligen Flirt Akku stellt Stadler den ersten Serietriebzug für das erste dekarbonisierte, nicht-elektrifizierte Bahnnetz in Schleswig-Holstein vor. Das Laden der Batterien ist während der Fahrt unter Oberleitung, an elektrifizierten Haltepunkten sowie mit den standardisierten UIC Vorheizrichtungen möglich. Auch die kinetische Energie wird beim Bremsen rekuperiert. Der 46 m lange Triebzug verfügt über 124 Sitzplätze.

Im Januar 2020 bestellte die HEAG Mobilo aus Darmstadt 14 Straßenbahnen vom Typ Tina und löste 2021 eine Option über weitere elf Fahrzeuge ein. Tina steht für „Total Integrierter Niederflur-Antrieb“, der ein völlig neuartiges Innenraumkonzept ohne Stufen und Podeste über den Antrieben ermöglicht. Das wichtigste Element dafür ist das neu entwickelte Drehgestell. Auf 43 m Länge bietet das fünfteilige Einrichtungsfahrzeug Platz für 272 Fahrgäste, davon 101 auf Sitzplätzen. Mit der Euro9000 stellt Stadler die neuste und innovativste Lokomotive für den Schienengüterverkehr in Europa vor. Die sechsachsigen Lokomotiven sind TSI-konform und wurden mit Mehrsystemkonfiguration für Deutschland, Österreich, die Schweiz, Italien, Niederlande und Belgien bestellt. Der modulare Aufbau der EURO9000 ermöglicht den Einbau von bis zu drei verschiedenen Antriebssystemen: Elektroantrieb, Dieselantrieb mit zwei 950-kW-Motoren und Batterien, welche einen umweltfreundlichen Betrieb auf nicht elektrifizierten Strecken ermöglicht. Dank eines Leistungsbereichs von bis zu 9 MW und einer Zugkraft von bis zu 500 kN wird in vielen Fällen der Betrieb mit nur einer Lokomotive möglich sein, wo heute zwei Standard-Lokomotiven erforderlich sind. Die ausgestellte Lokomotive wird vom Erstbesteller der Euro9000, dem niederländischen Güterverkehrsunternehmen Rail Force One, betrieben werden.

Der britische Betreiber Transport for Wales bestellte im Januar 2019 bei Stadler 35 Flirt. Davon verfügen 24 Züge über einen trimodalen

Antrieb und können sowohl vollelektrisch mit Oberleitung, elektrisch mit Batterie oder hybrid mit Dieselantrieb betrieben werden. Transport for Wales hat auch 36 Tram-Trains vom Typ CityLink bestellt. Die Fahrzeuge sind so ausgelegt, dass sie sowohl auf Vollbahnstrecken sowie auf Metro- und Stadtbahnstrecken eingesetzt werden können. Dank des Traktionsbatteriesystems sind nicht überall hohe Investitionen in die Infrastruktur nötig. Der CityLink ist 40 m lang und bietet Platz für 252 Fahrgäste. Das Hochflurfahrzeug erreicht 100 km/h. Die Liverpool City Region hat 2017 nicht nur 52 Metro-Züge bestellt, sondern im September 2021 den Umbau von sieben Fahrzeugen zu unabhängig angetriebenen elektrischen Zügen (Independent Powered Electrical Multiple Unit, IPEMU) beauftragt. Die IPEMU können dieselbetriebene Züge ersetzen. Der IPEMU ist mit einem batteriegestützten Energiespeichersystem im Untergestell ausgestattet. Während der Fahrt im elektrifizierten Netz werden die Batterien über die dritte Schiene oder durch regeneratives Bremsen aufgeladen. Die Ladezeit beträgt weniger als 15 Minuten.

www.stadlerrail.com/de/

Halle 2.2/Stand 160; Halle 27 E02/Stand 750; Freigelände: T04/105; T08/40; T08/50; T09/40; T09/50; T09/60; T10/70

InnoTrans, 20. – 23. September 2022
Halle 27, Stand 271



EAO Passenger Interface.

Laden. Vernetzen. Kommunizieren.

Verbessert das Reiseerlebnis der Fahrgäste und eröffnet den Zugbetreibern völlig neue Möglichkeiten.

- Drahtloses Qi- und USB-Telefon-Ladesystem
- iBeacon kann sich mit App des Zugbetreibers verbinden
- Maßgeschneiderte Informationen und Dienstleistungen
- Bahnzertifizierte Produktpalette



www.eao.com

eao

Your Expert Partner for Human Machine Interfaces

Stimio: IoT für Fahrzeuge und Infrastruktur

Stimio stellt auf der InnoTrans seine schlüsselfertige IoT-Lösung (Internet of Things) für die vorausschauende Wartung vor. Seit seiner Gründung in 2018 hat Stimio fast 18 000 Sensoren eingesetzt – größtenteils in Zügen und auf Bahngleisen. Das französische Unternehmen bietet eine End-to-End-Lösung und verfügt über ein breites Angebot an drahtlosen Sensoren, die im Eisenbahnbereich zugelassen sind. Ebenso bedient Stimio den Telekommunikationsbereich (LoRaWan, LTE-M, BLE). Die vorgestellte Lösung IoT Oxygen stützt sich auf eine Reihe drahtloser Daten-

sensoren mit extrem niedrigem Stromverbrauch und ermöglicht eine Echtzeit-Fernüberwachung. Die generierten Daten werden von Algorithmen analysiert und ermöglichen es, das Verhalten und zukünftige Ausfälle der überwachten Geräte vorherzusagen. Die angereicherten Daten werden auf der Oxygen-Cloud-Plattform bereitgestellt und können mit anderen Informationssystemen verbunden werden.

www.stimio.fr

Halle 11.2/Stand 270-G2

Swibox: Kabelabzweigungen leichter gemacht

Immer wenn es darum geht, Leitungen abzuzweigen, ist die Unterbrechung des Kabels eine potenzielle Schwachstelle. Die Isolierung wird entfernt, der Leiter geschnitten und eine Klemmstelle zum Abzweigen eingebaut. Durch Eindringen von Feuchtigkeit kann die Klemmstelle oxidieren. Als Lösung hat Swibox die UCB-Box (Uncut-Cable-Branch-Box) entwickelt. Mit den Piercing-Klemmen kann vom Stammkabel sicher abgezweigt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um Kupfer- oder Aluleiter handelt. Das Gehäusesystem erfüllt auch den Funktionserhalt nach DIN 4102-12 über einen Zeitraum von 90 Minuten. Die europaweite Patentanmeldung ist erfolgt und wurde am 23. Februar 2022 veröffentlicht. Mit der einfachen und prozesssicheren Montage im Tunnel können in erheblichem Maße teure Montagestunden bei höherer Sicherheit eingespart werden.



www.swibox.de

Halle 5.2/Stand 912

UCB-Box offen, mit individueller Bestückung

Quelle: Swibox rendering

ON TRACK TO SUCCESS

WIR SIND TECHNISCHER DIENSTLEISTER SOWIE BERATUNGS- UND CONSULTING-SPEZIALIST DER BAHN- UND BUSINDUSTRIE. EUROPA- UND WELTWEIT.

UNSERE TÄTIGKEITSSCHWERPUNKTE SIND:

- **Fahrzeug-Hersteller:** Fertigungs-, Änderungs-, Inbetriebnahme- und Gewährleistungsspezialist
- **Fahrzeug-Halter:** Refurbishment- und Sanierungspartner
- **Fahrzeug-Betreiber:** Service- und Instandhaltungsunterstützer (ECM IV zertifiziert)
- **Fahrzeug-Instandhalter:** Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungs-/Entstörungs-Supporter
- **Zulieferer:** Komponenten-Fertiger und Einbau-Fachfirma im und am Fahrzeug
- **Consulting:** Sachkundiger für Fahrzeug-Zustandsbewertung sowie für Wert- und Unfallgutachten



info@tracking-rail.de
www.tracking-rail.de



Syko: 230 V AC Fahrgastversorgung

Syko stellt den neuen AC/DC-Umrichter für 1,5 kW vor, der ab einem 3Ph/400/460 V, 50/60 Hz Bordnetz arbeitet. Die Topologie ist eine 3Ph Powerfaktor-Stufe geregelt auf eine Zwischenkreisspannung 750 V DC, überlagert von einer 100/120 Hz Welligkeit. Eine PFC-Stufe ist nicht kurzschlussfest, also muss eine kurzschlussfeste Topologie folgen. Um die Wandlung von primär 750 V DC auf sekundär 400 VDC oberwellenfrei zu erfüllen, wurde konservativ eine BUCK Stufe mit resonanter LLC Festfrequenz Gegentaktstufe folgen gelassen. Bei Neuentwicklungen werden diese beiden Stufen mit frequenzvariabler resonanter LLC-Stufe ausgeführt.

Der 400 V DC folgt eine Wechselrichterbrücke mit Sinusdrossel und EMV-Filter. Die 230 V/50 Hz bleiben potenzialfrei und werden durch einen Isolationswächter auf ersten Fehler mit zweipoligem Trennen des Ausgangs und Deaktivierung der gesamten Leistungsstufe überwacht.

Die Kommunikation zum Kunden läuft über den CAN-Bus, und ein potenzialfreier Inhibit 10 – 154 V/2 mA schaltet den Wandler frei. Der Wandler ist gemäß den Bahnnormen zertifiziert.



www.syko.de

Halle 17/Stand 440

Der neue AC/DC-Umrichter

Quelle: Syko

Teckentrup: Effektive Schraubensicherung für elektrische Kontaktverschraubungen

Auf der diesjährigen InnoTrans präsentiert Teckentrup seine neueste Entwicklung für die Sicherheit von Schraubenverbindungen im Elektro-Bereich: die NSK-E – effektive Sicherung für elektrische Kontaktverschraubungen. In Zusammenarbeit mit externen Partnern wurde die NSK-E (u. a. nach DIN 25201-4 (Anhang B), DIN 267-26 und IEC 61373) erfolgreich getestet, sodass die Scheibe als Sicherungselement gemäß den meisten gängigen Normen eingesetzt werden kann. Durch die aufgestellte Bogenform hat die NSK-E eine besonders gute Federwirkung, sodass aufkommende Setz- und Kriecherscheinungen kompensiert werden können. Die weiterentwickelte Verzahnung auf der Oberseite sorgt für einen Formschluss, wodurch sich die Komponenten wie bspw. Schraube oder Mutter bei Querbelastung nicht losdrehen. Um eine Beschädigung der weichen Leitermaterialien wie z. B. Kupfer zu vermeiden, weist die NSK-E an der Unterseite eine kufenartige Kontur auf. Im verschraubten Zustand liegt die Scheibe auf der Gegenlage auf, sodass trotz kompakter Einbaugröße das Risiko der Überschreitung der Flächenpressung vermindert wird.



www.teckentrup.de

Halle 8.2/Eckstand 410

Schraubensicherung für elektrische Kontaktverschraubungen

Quelle: Teckentrup

Telent: Neuer Cybersecurity-Service

Telent zeigt ein breites Spektrum an sicheren Digitalisierungsleistungen für die Mobilität der Zukunft. Der Schwerpunkt liegt auf hochverfügbaren IP- und Übertragungsnetzen sowie einem effektiven Schutz gegen Cyberangriffe. Dazu gehört das neue Angebot eines SOC (Security Operations Center), das Verkehrsunternehmen bei der Überwachung und Abwehr von IT-Sicherheitsvorfällen rund um die Uhr unterstützt. Den Messestand von Telent komplettieren drei Schwesterunternehmen, die ebenfalls zur Zech Building gehören: Microsens präsentiert robuste, intelligente Switches für verkehrsrelevante IT-Infrastrukturen, ProElectra zeigt Fahrgastinformationsanlagen, Sicherheitstechnik sowie BOS-Digitalfunkversorgung und ProCom stellt Beschallungs-, Wechsel-sprech-, Notruf- und Alarmierungsanwendungen vor.

www.telent.de

Halle 4.1b/Stand 440

Made in Germany
www.lenord.com



Der perfekte Sensor für Ihre Applikation

Sie haben die Wahl: Umfangreiches Standardportfolio oder kundenspezifische Varianten

Ihre Vorteile:

- Flexibel und einfach integriert
- Zuverlässig und seit Jahrzehnten im Schienenverkehr bewährt
- Geringe Life-Cycle Costs

Vertrauen Sie auf unsere Expertise: Wir beraten Sie zu Neuausrüstungen oder Retrofit-Projekten!

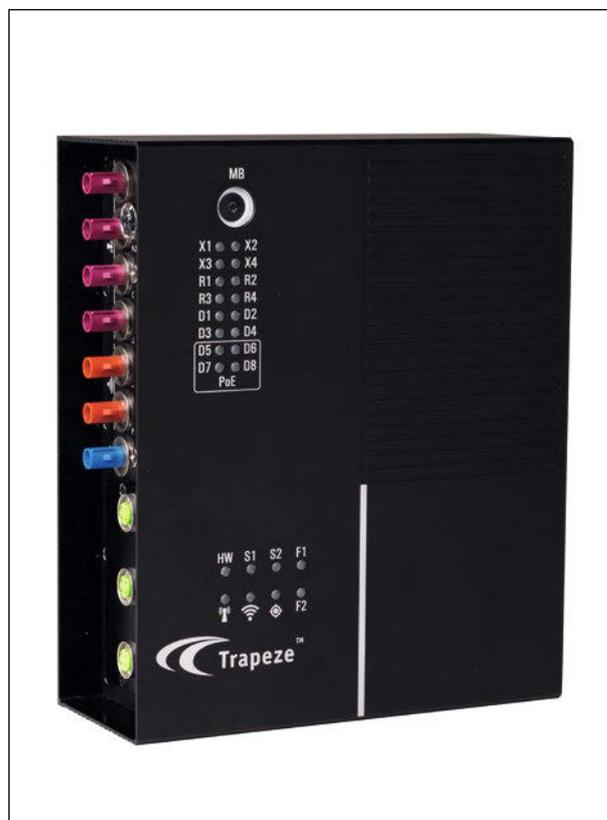
Überzeugen Sie sich selbst:
InnoTrans Berlin, Halle 27, Stand 561






LENORD +BAUER *Finding solutions. Founding trust.*

Trapeze: Neuer schlanker Router



Fahrzeug-Router GPR3

Quelle: Trapeze

Auf der InnoTrans teilt sich Trapeze einen Stand mit der Trapeze-Schwestergesellschaft Systemtechnik, die ihre Lösungen für Fahrgeldmanagement vorstellen wird. Darüber hinaus wird sich dort auch Modaxo präsentieren, ein globaler Zusammenschluss von Technologieunternehmen im Bereich Personenverkehr, zu dem auch Trapeze und Systemtechnik gehören.

Trapeze selbst stellt u. a. den schlanken, modernen Fahrzeug-Router GPR3 als eine Kombination aus Router und Switch vor. Neben der Datenkommunikation ermöglicht der GPR3 auch eine eigenständige Sprachkommunikation. Der GPR3 ist für den Einsatz im ITCS-Umfeld optimiert und kann in allen Leitsystemen eingesetzt werden. Bei der Übertragung großer Datenmengen agiert er als Wächter und bietet ein sehr hohes Maß an IP-Sicherheit gegen unbefugte Zugriffe von außen. Weiter lassen sich Geräte wie Multifunktions-Anzeiger oder Fahrscheindrucker mit dem GPR3 in das Fahrzeugnetzwerk integrieren und nutzen somit eine gemeinsame Antenne auf dem Fahrzeugdach. Zu sehen sein wird die dritte Generation der Multifunktions-Displays, MFD G3i, für die Fahrgastinformation im Fahrzeug. Die neuen Displays punkten nicht nur mit ihrem eleganten Design, sondern auch mit einem aktualisierten elektronischen Innenleben, das für die kommenden Jahre gerüstet ist.

www.trapezegrup.de
www.systemtechnik-online.de
www.modaxo.com/de

Halle 2.1/Stand 460

TÜV Nord: Mobiler Fahrsimulator

Für die Aus- und Weiterbildung von Triebfahrzeugführern stellt der TÜV Nord einen mobilen Fahrsimulator vor. Er entspricht dem Führerstand des Flirt-Triebwagens von Stadler. Der Trainer überwacht die gesamte Fahrt von seinem Platz aus, er kann auch die Ereignisse steuern. In einem Schulungsraum können weitere Personen die Fahrt auf einem Monitor verfolgen oder auch zeitgleich unterrichtet werden. Der Simulator ist in einem 18 m langen Lkw-Auflieger untergebracht. Dieser verfügt neben dem eigentlichen Simulator auch über einen Schulungsraum, sodass sowohl die Simulatorprüfungen als auch der Fortbildungsunterricht an einem Tag und am selben Ort stattfinden können. Erfahrungen in der Triebfahrzeugführerausbildung hat der TÜV Nord seit über zehn Jahren mit Lehrgängen in Duisburg, Dortmund und Völklingen mit einem Orientierungscenter, in dem auch eine Eignungsuntersuchung vorgesehen ist.

Im CityCube A informiert der TÜV Nord nicht nur über den Fahrsimulator, sondern auch über weitere Themen von Genehmigungsverfahren über Lärm- und Brandschutz bis hin zur Zugsicherungstechnik und technischen Prüfungen.

www.tuev-nord.de

Freigelände Süd
Stand 0/375; CityCube A/
Stand 620

BPR

Dr. Schäpertöns Consult

Unsere Planungsleistungen im Schienenverkehr

- Generalplanung
- Verkehrsanlagen
- Ingenieurbau
- Bahntechnische Ausrüstung
- Umwelt



www.bpr-consult.com

Vogelsang: Service-Systeme für Züge



Die TUnit MP für die Abwasserentsorgung und Trinkwasserversorgung von Zügen als Mehrplatzlösung installiert

Quelle: Vogelsang GmbH & Co. KG

Die Vogelsang GmbH & Co. KG zeigt ihre kompakten Systeme für die hygienische Abwasserentsorgung und Trinkwasserversorgung von Zügen. An Stand 225 in Halle 6.2 stehen die TUnit, die dazugehörige Fundamentkonsole sowie der robuste Medienschrank CleanUnit und die BioUnit im Mittelpunkt. Interessierte können sich zudem über das weitere Produktportfolio für die Bahn- und Verkehrstechnik informieren.

Mit der TUnit erfolgt die Abwasserentsorgung und Trinkwasserversorgung von Zügen hygienisch und servicefreundlich: Absaug- und Wasserschläuche hängen an einem vertikalen Trägersystem. Das ermöglicht einen großen Arbeitsradius von bis zu 7,5 m in alle Richtungen. So ist eine unkomplizierte Befüllung und Entsorgung möglich, ohne dass Schläuche auf dem Service-Bahnsteig die Betriebssicherheit gefährden. Vogelsang präsentiert die Variante TUnit MP, eine Mehrplatzanlage für mittlere und große Bahndepots. Sie wird

als Satelliten-Servicesystem direkt am Service-Bahnsteig oder in Depots montiert. Vogelsang zeigt zudem eine wiederverwendbare Fundamentkonsole mit Vakuumentwässerung. Die vorgefertigte Montagekonsole mit integrierten Ver- und Entsorgungsanschlüssen vereinfacht und beschleunigt den Einbau der TUnit.

Der robuste Medienschrank CleanUnit beinhaltet die notwendige Ausstattung für die komplette Innenreinigung von Zügen: Neben Reinigungsmitteln und Geräten stellt die CleanUnit kaltes und warmes Wasser sowie eine umweltschonende Entsorgungsmöglichkeit für Grauwasser zur Verfügung.

Im Fokus steht zudem die spezielle Reinigungseinrichtung BioUnit für die automatische Entsorgung und Reinigung von Bioreaktor-toiletten.

www.vogelsang.info

Halle 6.2/Stand 225

Kugel- und Rollenlagerwerk Leipzig GmbH

Wälzlager für bewährte und moderne Schienenfahrzeuge

Unsere Experten beraten Sie gerne zu erprobten Klassikern und zukunftsorientierten Neuheiten auf dem Gebiet der Fahrmotoren-, Getriebe- und Radsatzlager.

Das KRW-Team freut sich darauf, Sie auf unserem **Stand 420 in Halle 21** begrüßen zu dürfen.

www.krw.de | sales@krw.de | Tel. +49 (0)341 45 320 - 200



Voith: DAK und modulares Radsatzgetriebe

Auf der InnoTrans 2022 präsentiert Voith aktuelle Innovationen wie die CargoFlex Kupplung oder die neuen MultiMode Radsatzgetriebe. Mit diesen Lösungen trägt Voith dazu bei, den Schienenverkehr sowohl wirtschaftlicher als auch nachhaltiger zu machen.

Die CargoFlex ist die Digitale Automatische Kupplung (DAK), basierend auf dem Scharfenberg-Prinzip. Sie stellt auch die Verbindungen für Strom und Bremsluft mit her. Aufgrund des hohen Energieverzehrs der Kupplung wird eine verringerte Beschleunigung beim Aufprall der Wagen erreicht, sodass auch empfindlichere Güter sicher auf der Schiene transportieren werden können. Die Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB) nutzt die CargoFlex bereits seit mehreren Jahren im Regelbetrieb. In den MultiMode Radsatzgetrieben für Triebwagen mit Querantrieben hat Voith die Vorteile modularisierter und parametrisierter Produkte miteinander verbunden. Bestimmte Komponenten wie Lager, Labyrinthdichtungen, Verzahnung oder das Gehäuseunterteil sind daher modular. Bei anderen Komponenten wie dem Gehäuseoberteil orientiert sich Voith an den kundenspezifischen Parametern. Ein hoher Grad an Automatisierung beschleunigt dabei den Konstruktionsprozess. Durch dieses Prinzip lassen sich Entwicklungszeiten einsparen. Zudem entfällt der Typtest, falls der Kunde sich für ein modulares Getriebe in der Endausbaustufe entscheidet, da dieser bereits in der modularen Entwicklung erfolgt ist.

www.voith.com

Halle 1.2/Stand 130



MultiMode-Radsatzgetriebe

Quelle: Voith

Vollert: Abgasfreie Zweiwege-Rangierlösung

Extrem kompakt, kraftvoll, batteriebetrieben und abgasfrei: Zur InnoTrans 2022 präsentiert Vollert erstmals das robuste Zweiwege-Fahrzeug Vlex 40 für Schiene und Straße mit einer Zuglast bis 600 t. Damit eignet es sich für den Verschub von vier bis fünf Güterwaggons in der Verladung und im innerbetrieblichen Transport. Der Vlex 40 mit 40 kN Zugkraft wechselt funktionsgesteuert im Ein-Mann-Betrieb schnell und einfach vom Gleis auf die Straße und wieder zurück. Seine ausgeklügelte Fahrzeuggeometrie mit Knicklenkung und vier einzeln gesteuerte Radnabenmotoren machen ihn dabei wendig und wirtschaftlich. Eine Pendelachse am Fahrwerk garantiert auch auf unebenen Untergründen den permanenten Boden- oder Schienenkontakt aller vier Räder.

www.vollert.de

Halle 21/Stand 160



Das neue Zweiwegefahrzeug Vlex 40

Quelle: Vollert





Besuchen Sie uns auf der
InnoTrans 2022
 Halle 5.2, Stand 760

VERBINDUNGEN

SCHAFFEN

ZUKUNFT GESTALTEN

Unsere Kompetenz- und Geschäftsfelder:

○ Verkehr	○ Verkehrstechnik	○ Hochbau
○ Schiene	○ Bahntechnische Ausrüstung	○ Industriebauten
○ Straße	○ Ingenieurbauwerke	○ Stadtraum und Flächen
○ Flughafen	○ Tunnel	○ Wasser und Umwelt

Mit über 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an 20 Standorten – in Deutschland, China, Katar und Polen – und mehr als 40 Jahren Erfahrung entwickelt die Vössing Ingenieurgesellschaft innovative Lösungen für Infrastrukturprojekte jeder Größenordnung.

BERATUNG · PLANUNG · PROJEKTMANAGEMENT · BAUÜBERWACHUNG voessing.de

Vossloh: Green Mobility als Leitthema



Messestand von Vossloh

Quelle: Vossloh

Auf der InnoTrans 2022 präsentiert sich Vossloh unter dem neuen Unternehmensclaim „enabling green mobility“. In Berlin stehen unter den drei Schwerpunktthemen Advanced Infrastructure, Future Turnout Environment sowie Smart Maintenance nachhaltige Innovationen im Fokus. Beispielsweise die Komponenten der Schienenbefestigungssysteme: sie reagieren dank neuartiger Materialien und Geometrien robuster auf höhere Kräfte und Bewegungen. Sie werden heute in einer hochmodernen, vollautomatisierten Leitfabrik produziert, deren Prozesse für eine höhere Wertschöpfung verkettet und vernetzt ablaufen.

Durch intelligente Weichenantriebe sowie sensorbasierte Mess- und Überwachungstechnologien schafft Vossloh die Grundlage für ein prädiktives Wartungsmanagement von Weichensystemen. Maßge-

schnederte Plattformlösungen unterstützen Betreiber, betriebliche Störungen vorherzusehen, Verschleißentwicklungen besser zu verstehen und ihre Wartungsstrategie auf diese Weise vorausschauender auszurichten. Indem Personal seltener ins Gleis muss, erhöht sich zugleich die Streckenverfügbarkeit. Letztlich beschleunigt und vereinfacht die digitale Transformation sämtliche Prozesse von der Entwurfsphase über die Fertigung, Logistik und Installation bis hin zur Inbetriebnahme von Weichensystemen.

Auch im Bereich Schienen- und Weicheninstandhaltung gibt Vossloh mit seinen Eigenentwicklungen konkrete Antworten hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Planungssicherheit.

www.vossloh.com

Halle 26/Stand 975

Wabtec: Green Friction

Wabtec stellt sich der Herausforderung, die Feinstaubbelastung in den Tunneln der Eisenbahnnetze durch eine Technologie zu verringern. Ziel ist eine drastisch Reduzierung der Emissionen der Reibungsbremsen. Wabtec hat eine Reihe von „Green Friction“-Materialien entwickelt, die nicht nur die erforderliche Leistung für verschiedene Anwendungen gewährleisten, sondern auch die Emission von Bremspartikeln bei den feinsten Partikeln (PM 2,5 und PM 1) um bis zu 90 % reduzieren können. Tests auf dem Partikelmessstand

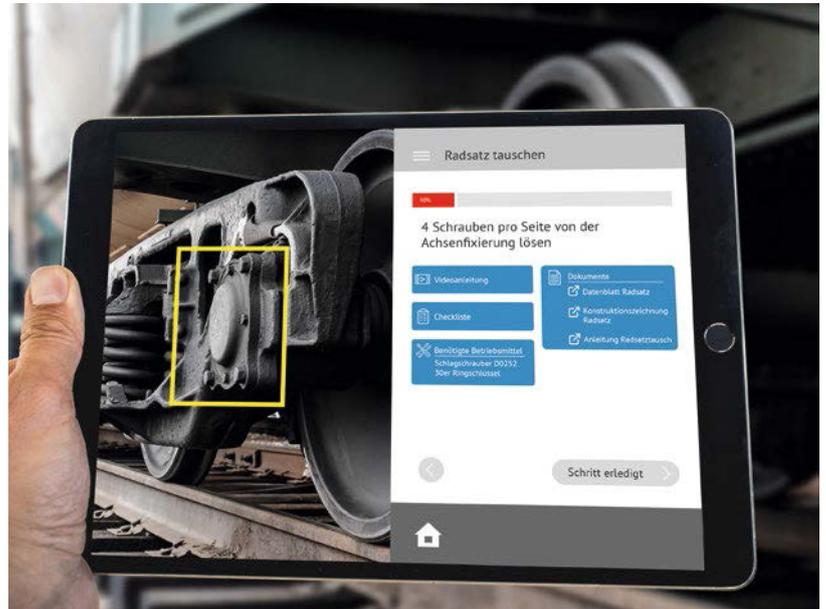
haben eine Verringerung der PM 10-Partikel um mindestens 70 %, der PM 2,5-Partikel um 85 % und der PM 1-Partikel um 60 % ergeben, d.h. der feinsten und potenziell schädlichsten Partikel. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse hat der Pariser Betreiber RATP beschlossen, die abschließende Qualifizierungsphase mit zwei Fahrzeugtests einzuleiten.

www.wabteccorp.com

Halle 1.2/Stand 210

Zedas: KI-gestützte Assistenzsysteme für die smarte Bahnwerkstatt

In einem aktuellen Forschungsprojekt arbeitet die Zedas GmbH an einer Augmented-Reality (AR)-Anwendung für die Datenbrille und das Tablet. Mit ihr ist es möglich, einen Wagen und einen Instandhaltungsauftrag dreidimensional in Bezug zu setzen. Das bedeutet, dass der Instandhaltungsbereich eingeblendet wird. Hinweis Pfeile führen zum nächsten Arbeitsschritt, und im Kontext dazu werden Dokumente, Anleitungen und Historiendaten eingeblendet. Die KI-basierte Wagennummernerkennung identifiziert den Wagen in der Werkstatt eindeutig. Störungen, Aufträge und Kontrollpunkte werden direkt per AR auf dem Wagen eingeblendet. Damit verbunden sind klar definierte Workflows, komponentenbezogene Sicherheitshinweise, Zusatzinformationen zur richtigen Zeit an der richtigen Komponente, intelligentes Wissensmanagement und automatisierte ECM-konforme Dokumentation.



AR-Anwendung auf dem Tablet zeigt die richtige Position des auszuführenden Arbeitsschrittes

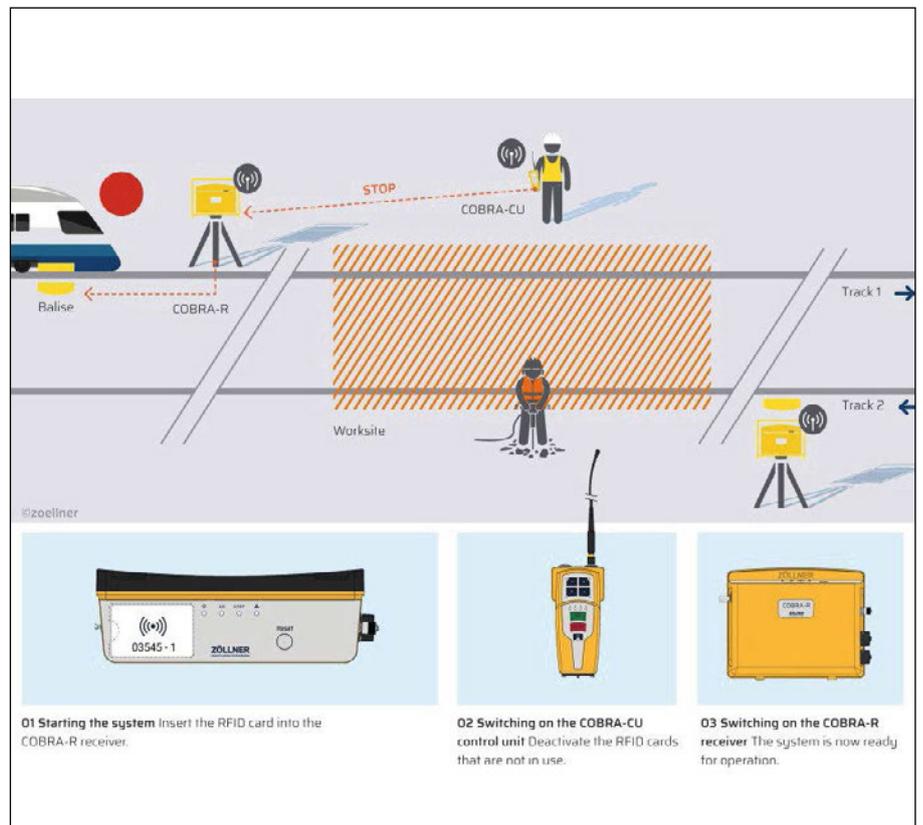
Quelle: Zedas

www.zedas.com

CityCube B/Stand 110

Zöllner: Sichere Baustellen durch ferngesteuerte Zugbeeinflussung

Cobra von Zöllner Signal GmbH ist ein neues System zur Fernschaltung von (Euro-) Balisen auf ETCS-Strecken. Hiermit kann z.B. zur Sicherung kleinerer Baustellen ein Zugrückhalt oder eine Langsamfahrstelle realisiert werden. Das System besteht aus den beiden Komponenten Cobra-CU und Cobra-R. Mit der Control Unit (Cobra-CU) kann der Status der Balise über Funk gesteuert werden. Dafür leitet das Empfangsgerät (Cobra-R) den Befehl der Control Unit an die LEU (Lineside Electronic Unit) und somit zur Balise weiter. Wird die Balise über die Cobra-CU auf „Stop“ geschaltet, wird das Schienenfahrzeug gebremst. Auf „Go“ kann das Fahrzeug ohne Beeinflussung passieren. Die Grundstellung im Systembetrieb stellt die Stop-Funktion dar, was zur Folge hat, dass ein Schienenfahrzeug mit einer aktiven Handlung durch das dafür vorgesehene Personal durchgelassen werden muss. Die Funkreichweiten des Systems betragen mindestens 3 km, über Repeater bis zu 6 km. Der aktuelle Systemumfang sieht vor, dass bis zu vier Balisen mit einem Steuergerät simultan geschaltet werden können.



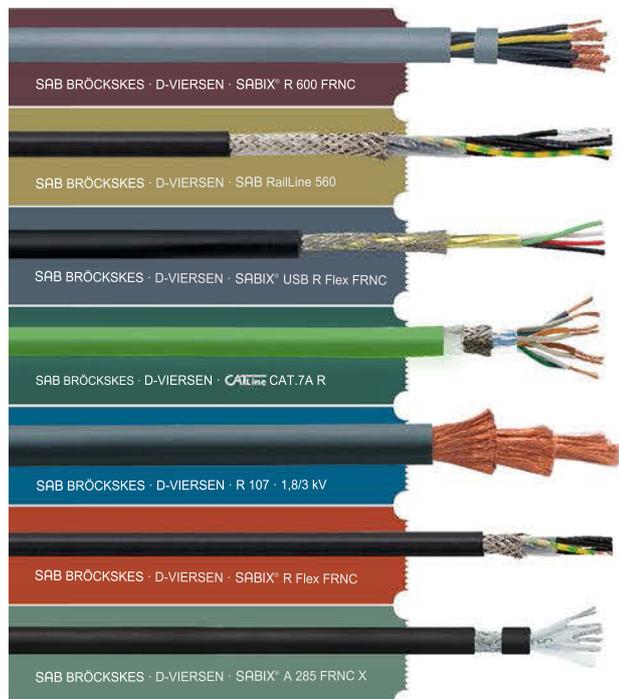
www.zoellner.de

Halle 25/Stand 565

Beispielhafter Aufbau des Systems Cobra

Quelle: Zöllner

LEITUNGEN FÜR DIE BAHNTECHNIK



Für Innen- und Außenbereiche



20.-23.09.2022
Berlin
Halle 14.1/210

Besuchen
Sie uns!



SPEZIALKABEL
KABEL KONFEKTION
MESSTECHNIK



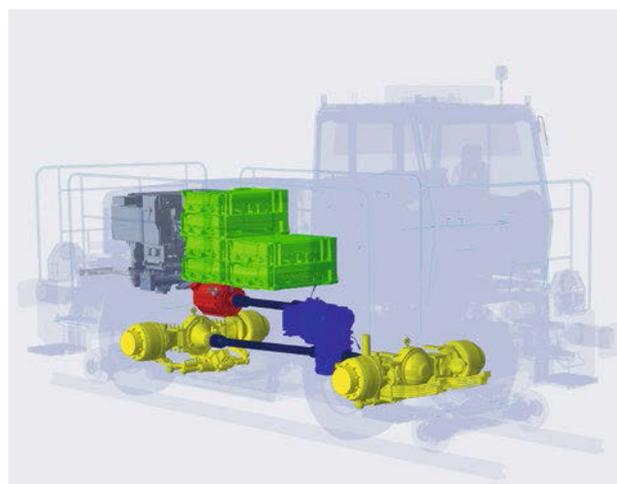
SAB BRÖCKSKES GmbH & Co. KG
Grefrather Straße 204-212 b · 41749 Viersen
Telefon: +49/2162/898-0 · info@sab-broeckskes.de
www.sab-kabel.de

Zwiehoff: Emissionsfreies Zweiwege-Fahrzeug

Die G. Zwiehoff GmbH stellt ein elektrisches Zweiwege-Fahrzeug für den schweren Rangierdienst als vollständigen Dieslersatz vor. Das Fahrzeug ist mit Li-Ion-HV-Batterien mit 620 V DC ausgestattet und kann mit bis zu 150 kW laden. Das modulare Konzept sieht ein oder mehrere Batteriepakete mit einer Gesamtkapazität von bis zu 210 kWh vor. Das auf der InnoTrans gezeigte Fahrzeug hat eine Batteriekapazität von 140 kWh kombiniert mit einem Range Extender mit bis zu 40 kW Ladeleistung. Ein HV-PM-Motor Dana TM4 treibt das Fahrzeug über ein Dana Spicer e-Powershift-Getriebe mit drei Gängen für jede Richtung an. Das Fehlen eines Drehmomentwandlers und einer Rückwärtsgangkupplung am Getriebe verbessert die Effizienz des Systems weiter. Die unabhängige Steuerung der Nebenaggregate, die nur dann eingeschaltet werden, wenn sie tatsächlich benötigt werden, und das regenerative Bremsen tragen zur Optimierung der Energienutzung bei.

www.zwiehoff.com

Freigelände/Stand O/280



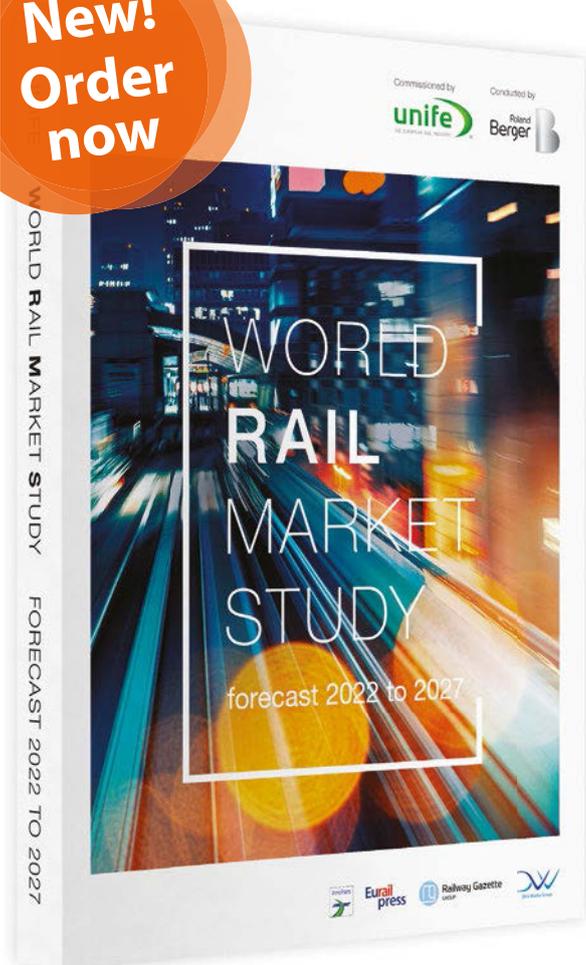
Das neue Zweiwege-Fahrzeug mit Batterieantrieb

Quelle: Zwiehoff

WORLD RAIL MARKET STUDY

9th edition | forecast 2022 to 2027

New!
Order
now



Commissioned by UNIFE,
conducted by Roland Berger
and published by DVV | Eurailpress |
Railway Gazette

The ninth edition of the UNIFE World Rail Market Study provides a comprehensive view of the current status and expected development of the total and accessible world rail supply market.

It qualitatively analyses the environmental advantages of rail as a means of transport in comparison to other modes of transport as well as the digital innovations that are enabling the rail industry to flourish.

Available as:
PDF Version – ISBN 978-3-96892-151-8
Printed Version – 978-3-96892-150-1
Date of publication: September 2022

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

Contact: DVV Media Group GmbH | Eurailpress
E-Mail: service@eurailpress.com
Phone: +49 40 237 14-260
Fax: +49 40 237 14-258

More information at www.eurailpress.de/wrms-2022

Commissioned by



Conducted by



Digitalisierung schafft Transparenz

Daniela Gerd tom Markotten ist seit einem Jahr Technikvorständin der Deutschen Bahn AG. Sie ist überzeugt, dass das Digital- und Technikressort vom Kunden her denken und Technologien entwickeln muss, die schnell die Kundenerlebnisse verbessern.

Daniela Gerd tom Markotten kommt aus der Autoindustrie und hat zuletzt einen On-Demand-Ridesharing-Dienst geführt.

Sie sind seit einem Jahr Technikvorständin der Deutschen Bahn (DB) AG. Nach diesem Jahr – welchen Kurs werden Sie für die kommenden Jahre einschlagen?

Als Digital- und Technikressort sind wir das Zukunftsressort der DB, im Schulterschluss mit unseren Geschäftsfeldern. Letztendlich geht es darum, unsere Kunden immer wieder positiv zu überraschen und für die Deutsche Bahn zu gewinnen. Sie sollen begeistert von ihren Bahnreisen erzählen und berichten, wie einfach alles war und wie gut sie die Reisezeit für sich nutzen konnten. Die Logistiker sollen von der Deutschen Bahn als einem Dienstleister sprechen, der die Ware pünktlich und zuverlässig von A nach B bringt. Unsere Aufgabe als Technikressort ist, die Bahn technologisch als Rückgrat einer modernen Mobilität in Deutschland und Europa aufzustellen. Wenn wir die Klimaziele erreichen wollen, geht das nur mit der Deutschen Bahn und mit moderner Technologie. Die Verkehrsverlagerung wird nur gelingen, wenn wir die Kunden von unserer Dienstleistung überzeugen.

Die Erfahrungen der Kunden im Personen- und Güterverkehr waren in den vergangenen Monaten leider weit entfernt von den von Ih-

nen beschriebenen idealen Verhältnissen. Was kann das Technikressort der DB konkret tun, damit die Kundenerlebnisse besser werden?

Wir sind mit der aktuellen Situation selbst nicht zufrieden und setzen alles daran, besser zu werden. Noch nie waren auf dem deutschen Netz so viele Züge unterwegs wie heute, das Streckennetz ist aber nicht entsprechend mitgewachsen. Deshalb investieren wir in diesem Jahr 13,6 Mrd. EUR in die Modernisierung der Infrastruktur. Dies bedeutet jedoch auch, dass unsere Kunden zunächst mit den Baustellen und ihren Folgen leben müssen. Es geht aber kein Weg daran vorbei, wir müssen das hochbelastete Netz zu einem Hochleistungs-

netz entwickeln. Mir persönlich ist es wichtig, umsetzungsnah zu arbeiten und schnell Ergebnisse zu liefern. Dafür haben wir in diesem Jahr drei Themen besonders in den Fokus genommen: besseren Mobilfunkempfang für unsere Kunden, digitale Instandhaltung für unsere Flotten und Künstliche Intelligenz (KI) für Kapazität und Pünktlichkeit.

Zugespitzt auf das anvisierte Hochleistungsnetz – wie sieht der Beitrag des Digital- und Technikressorts aus?

Mit neuen Technologien unterstützen wir zum Beispiel die Fahrplanerstellung und Baustellenplanung. Wir haben ein KI-Tool entwickelt, das die Auslastung der Strecken



Fotos: Rolf Schulten

mit und ohne Baustellen sichtbar macht – deutschlandweit. Bisher wurde häufig in Regionen geplant. So gewinnen wir eine ganzheitliche Sicht auf die gesamtdeutsche Baustellenplanung. Und unsere Planer können sofort sehen, wenn infolge von Baumaßnahmen die Auslastung auf Umleiterstrecken zu hoch wird und verschiedene Szenarien „durchspielen“. Damit können Engpässe schon im Vorfeld erkannt und vermieden werden. Dieses System wird seit Frühjahr 2022 eingesetzt, und mehr als die Hälfte der Netzregionen arbeitet inzwischen damit.

Diesen deutschlandweiten Blick gab es vorher nicht?

Nicht in diesem Umfang, denn er ist buchstäblich menschenunmöglich. Das Tool integriert Daten aus insgesamt vier Planungssystemen für 33.000 km Schienennetz, 170.000 Datenpunkte laufen hier tagesaktuell zusammen. Selbst für unsere Kolleg:innen mit ihren umfassenden Erfahrungen ist es unmöglich, die Auswirkungen einer Maßnahme bis in den letzten Kilometer dieses riesigen Netzes vorherzusehen und in die Planungen mit einzubeziehen. Digitalisierung schafft immer als erstes Transparenz – der zweite Schritt ist dann eine Handlungsempfehlung.

KI hätte neben der Baustellenplanung auch andere Einsatzfelder bei der Bahn wie die Fahrplangestaltung und schließlich auch den Betrieb, also die Disposition. Wurde KI in all diesen Aktionsfeldern eingeführt?

Wir nutzen KI in allen Bereichen. Aufgrund

von äußeren Umständen, die wir nicht beeinflussen können, müssen wir immer mal wieder mit Abweichungen rechnen. Es genügt schon, dass eine große Schulklasse in den Zug einsteigt und dadurch der Zug erst einige Minuten später abfahren kann. KI wird momentan bei den S-Bahnen in Frankfurt, Stuttgart und München eingesetzt. Das KI-Tool gibt den Disponenten Empfehlungen, wie sie nach Störungen die Reihenfolge der Züge ändern können, um ein Gesamt-Optimum zu erreichen. Die Disponenten können wie in einem Video vorspulen und sehen, wie sich die Situation im jeweiligen Netz entwickeln würde, wenn sie der Empfehlung folgen. Der Disponent oder die Disponentin entscheidet dann, ob die Empfehlung umgesetzt wird. Damit bleibt die Handlungshoheit bei den Mitarbeitern. Dadurch ist die Akzeptanz in der Belegschaft für diese neue Technologie hoch. Je häufiger die Beschäftigten sehen, dass die Empfehlungen gut waren, desto häufiger folgen sie den Vorschlägen der KI.

Welche Verbesserungen können durch einen KI-Einsatz in der Disposition erreicht werden?

Wir schaffen es, etwa in der morgendlichen Rush Hour, bis zu 8 Minuten an Verspätung in diesen Netzen wieder aufzuholen. Umgerechnet auf das Beispiel der S-Bahn Stuttgart wären 17 Züge mehr pro Tag und Richtung möglich.

Gibt es Pläne, diesen Einsatz von KI in der Disposition auf das Gesamtstreckennetz der DB auszurollen?

Wir werten jetzt zunächst die Ergebnisse

In Stuttgart wären 17 Züge mehr pro Tag und Richtung möglich.

aus Stuttgart, München und Frankfurt am Main aus. Für Frankfurt ist als nächster Schritt ein Pilotprojekt für gemischte Verkehre in Vorbereitung. Je nach Ergebnis rollen wir dann sukzessive weiter aus.

Wie wird KI in der Fahrplanerstellung eingesetzt?

Bei der langfristigen Fahrplanerstellung arbeiten wir noch mit konventionellen IT-Tools. Die Idee ist aber auch hier, sukzessive ein lernendes System mit Einsatz von KI zu etablieren. Dieses analysiert, wie sich der Fahrplan in der Praxis bewährt hat, erkennt Muster bei wiederholt auftretenden Problemen und schlägt Verbesserungen vor. Ziel ist ein robustes System mit verlässlichen Zusagen für unsere Kunden – vor allem auch für die Logistikkunden.

In der Vergangenheit waren Daten-Silos ein Thema. Sie verhindern, dass Daten beispielsweise aus Betrieb und Infrastruktur gesamtseitlich ausgewertet werden können. Ist dies gelöst?

Wir sind mittendrin und haben unter anderem mit den Infrastruktur-Kolleg:innen

Daniela Gerd tom Markotten

Vorständin Digitalisierung und Technik, Deutsche Bahn (DB) AG

Daniela Gerd tom Markotten studierte Wirtschaftsingenieurwesen und promovierte zum Thema IT-

Sicherheit. Sie war von 2003 bis 2017 in verschiedenen Positionen in der IT sowie in Logistik und Produktion bei der Daimler AG tätig, zuletzt als CEO von Daimler Fleetboard Management sowie Leiterin der Digital Solutions & Services von Mercedes

Benz LKW. 2017 wechselte sie als CEO zur Mobilitätsplattform Moovel. Mitte 2020 gründete Gerd tom Markotten das Technik-Start-up IUHHOO, das Software für KI-/AR-basierte Videoanrufe zur Fernunterstützung entwickelt.

eine Beschleunigung vereinbart. Unser großer Vorteil heute ist, dass wir jetzt aufgrund der positiven Erfahrungen mit dem Einsatz von KI nicht nur theoretisch wissen, warum Daten zusammengeführt werden müssen, sondern schon praktisch den Nutzen erleben. Allen ist klar: Je mehr Daten wir in das System einbringen können, desto besser wird das Ergebnis.

Wie sind die Aufgaben zwischen Ihrem Ressort und den Geschäftsfeldern verteilt?

Das Digital- und Technikressort hat natürlich eine Schlüsselrolle. Doch wir können diese großen Aufgaben nur gemeinsam bewältigen. Mein Ziel ist, dass die Geschäftsfelder gerne auf uns zukommen, weil wir die technische Expertise haben, die sie für ihre tägliche Arbeit brauchen. Das Geschäftsfeld hat den direkten Kontakt zum Kunden; wir unterstützen mit dem technischen Know-how und sind das Backend, das die technischen Fäden zusammenhält. Wir wissen, dass die Zeiten für alle am System Bahn Beteiligten im Augenblick anstrengend sind. Wir arbeiten daran, hier Entlastung zu bringen, indem wir weitere Prozessschritte automatisieren und so Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in ihrer täglichen Arbeit unterstützen.

An welchen Automatisierungsschritten arbeiten Sie?

Wir schauen uns an, wo heute noch manuelle Prozessschritte erforderlich sind, und arbeiten an einer möglichen Automatisierung. Ein Beispiel ist dabei das schon erwähnte Zusammenführen der Daten.

Sie kommen ursprünglich aus der Automobilindustrie – was ist anders, was ist gleich?

Grundsätzlich verschieden ist die Dauer der Lebenszyklen: In der Automobilindustrie rechnen wir mit Lebenszyklen von acht bis zehn Jahren, im Schienenverkehr mit 30 Jahren und mehr. Mit diesem langen Lebenszyklus gewinnt die Instandhaltung gegenüber der Erstbeschaffung erheblich an Bedeutung. Deshalb ist für uns die digitale Instandhaltung so wichtig: Je besser wir

vorhersagen können, wann welche Instandhaltung notwendig ist, desto länger können wir die Instandhaltungsintervalle strecken. Gestreckte Instandhaltungsintervalle bedeuten weniger unproduktive Zeit in der Werkstatt und mehr produktive Zeit auf der Schiene. Hier hilft Digitalisierung.

Man kann alles und jedes digitalisieren, doch gleichzeitig gibt es Grenzen, meist Geld und / oder Zeit. Was hat Priorität?

Wir arbeiten nach dem Dreiklang-Prinzip, d.h. dass wir nicht mehr als drei Themen gleichzeitig priorisieren. Auf diese drei Themen fokussieren wir uns und setzen die notwendigen Maßnahmen in einem strukturierten Prozess um, sodass unsere Kunden möglichst schnell eine Verbesserung spüren. Lassen Sie mich dies an einem Beispiel verdeutlichen. Als eine Maßnahme der Digitalisierung haben wir Radsatzmessenanlagen eingeführt, die bei der Einfahrt eines Zuges

ins Werk automatisiert die Radsätze vermessen. Weicht das Radsatzprofil vom hinterlegten Profil ab, wird das Fahrzeug in die Werkstatt überführt. Gleiches gilt für Klimaanlage: Wir haben analysiert, welche Komponenten einem starken Verschleiß unterliegen und haben hierfür automatisierte Prüfprozesse entwickelt. Ein weiteres Beispiel ist die automatisierte Bauteilerkennung. Die DB hat aus den verschiedensten Gründen eine sehr diversifizierte Flotte mit den verschiedensten Bauarten aus vielen Jahrzehnten. Über Bilderkennungsverfahren erkennt unser System ein Bauteil automatisiert, prüft, ob das Bauteil im Ersatzteillager vorhanden ist und bestellt es. So können die Standzeiten unserer Fahrzeuge in den Werken minimiert werden.

KI arbeitet mit Maschinenlernen und neuronalen Netzen. Beim Maschinenlernen erkennt Software in Daten Muster. Besonders



Automatisierung bisher manueller Prozesse soll Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in ihrer täglichen Arbeit unterstützen und den Stress im System für alle Beteiligten senken

bei der Bilderkennung muss aber auch menschliches Erfahrungswissen eingesetzt werden, um Daten richtig zu klassifizieren. Wo und wie findet dies bei der DB statt?

Die von Ihnen angesprochene Datenvorqualifizierung bestimmt einen großen Teil des Aufwands und der Datenqualität. Zunehmend kann man hier mit synthetischen Daten arbeiten, d.h. man generiert Daten, die schon richtig klassifiziert sind. Diesen Prozess setzt die Autoindustrie beispielsweise beim autonomen Fahren ein. Da wir bei der DB die KI jedoch nur zur Assistenz bei der Entscheidungsfindung in nicht-sicherheitskritischen Fällen einsetzen und in sicherheitskritischen Bereichen nur im Schattenmodus mitlaufen lassen, d.h. nur, um zu vergleichen, ob die KI genauso entschieden hätte wie der Mensch, ist diese Beschränkung bei neuronalen Netzen für uns im Augenblick nicht relevant. Ich bin auch nicht überzeugt, dass wir bei der Bahn in sicherheitskritischen Bereichen wirklich eine KI brauchen, die autonom entscheidet.

Im Frühjahr kam es zu verschiedenen Vorfällen in Europa, bei denen Bahnsysteme gehackt wurden, in einem Fall sogar die Achszähler, die sicherheitskritisch sind. Systeme werden durch Digitalisierung und Vernetzung verletzlicher gegenüber Angriffen über das Internet – wie geht die DB mit der zunehmend drängenden Frage der Cybersecurity um?

Die IT-Sicherheit der DB ist ein hochsensibler Bereich. Bitte haben Sie Verständnis, dass ich auf Ihre Frage deswegen nicht im Detail eingehen kann. 100-prozentige Sicherheit vor Cyberangriffen kann niemand gewährleisten. Wir setzen alles daran, es Angreifern so schwer wie möglich zu machen und bauen unsere umfassenden Sicherheitslösungen konstant weiter aus.

Was erwarten Sie von der InnoTrans?

Die Klimaziele erreichen wir nur mit der Bahn. Vor dieser großen Herausforderung stehen wir und die gesamte Eisenbahnverkehrsbranche. Das schaffen wir nur gemeinsam mit den Herstellern und Zuliefe-



ren. Genau deshalb ist der Austausch – auch international – so wichtig.

Die geballte Expertise der internationalen Eisenbahntechnik ist auf der InnoTrans an einem Ort versammelt. Nach zwei Jahren Pandemie sind wir besonders froh darüber, uns endlich wieder persönlich mit unseren internationalen Partnern treffen zu können. Seit der letzten InnoTrans vor vier Jah-

ren ist eine Menge passiert. Wir wollen uns mit der Branche – etwa über technologische Entwicklungen – austauschen.

Eine private Frage: Wie entspannen Sie sich?

Ich habe drei Kinder – der Wechsel in ihre Welt entspannt mich ungemein.

Das Interview führte Dagmar Rees

Praxisgerechte Qualifizierung für Cybersecurity in Kritischen Infrastrukturen

Die Digitalisierung eröffnet neue potenzielle Angriffsvektoren auf das System Bahn. Ein wirksamer Schutz gegen unberechtigte Zugriffe Dritter muss ganzheitlich technische Schutzmaßnahmen, Maßnahmen des physischen Zugriffsschutzes und organisatorische Maßnahmen kombinieren. Die Kompetenz der handelnden Akteure nimmt hierbei eine zentrale Rolle ein. Dies erfordert ein praxisnahes Ausbildungskonzept.



1. Einführung und Motivation

Kritische Infrastrukturen sind für das Funktionieren unserer Wirtschaft und für unsere Gesellschaft essentiell. Die Eisenbahn ist eine solche Kritische Infrastruktur und muss gegen unberechtigte Zugriffe Dritter geschützt werden.

1.1. Rechtlicher Hintergrund

In Deutschland wurde für einen wirksamen Schutz der Verkehrsinfrastrukturen im Jahr 2015 das Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme [1] erlassen. 2016 wurde dieses Gesetz per Rechtsverordnung konkretisiert [2]. Europäisches Sekundärrecht [3] erfordert eine Anpassung des nationalen Rechts. Hierfür liegt mit dem „IT-Sicherheitsgesetz 2.0“ mittlerweile eine fortgeschriebene Rechtssetzung vor [4].

1.2. Schutz Kritischer Infrastrukturen als ganzheitlicher Ansatz

Eisenbahnunternehmen erfüllen ihre Rechtspflichten als Betreiber Kritischer Infrastrukturen unter anderem durch ein wirksames Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS). Eine Bedrohungs- und Risikoanalyse ist Ausgangspunkt einer bedarfsgerechten Auswahl und Umsetzung von Schutzmaßnahmen. Hierbei handelt es sich um eine Kombination aus technischen und organisatorischen Maßnahmen sowie Maßnahmen des physischen Zugriffsschutzes. Dieser ganzheitliche Ansatz wird als „Defense in Depth“ (gestaffelte Verteidigung) bezeichnet [5].

Die Kombination verschiedener Schutzmechanismen folgt der Erkenntnis, dass eine Barriere alleine für einen wirksamen Ausschluss unberechtigter Zugriffe Dritter nicht ausreicht. Die Wahrscheinlichkeit eines unberechtigten Zugriffs wird durch mehrere voneinander unabhängige Barrieren reduziert.

1.3. Der menschliche Faktor in Informationssicherheitsmanagementsystemen

Sicherheitseinrichtungen und Verfahren nützen nichts, wenn Vorkehrungen der Cybersecurity durch das Personal eines Eisenbahnunternehmens unbewusst oder bewusst umgangen werden. Menschen spielen eine wichtige Rolle für eine effektive Cybersecurity-Strategie. Sie sind häufig das schwächste Glied der Absicherung. Hierbei sollten Eisenbahnunternehmen beispielsweise die folgenden Aspekte beachten (nicht abschließende Aufzählung):

- *Vor Beginn eines Beschäftigungsverhältnisses* kann eine Hintergrundprüfung durchgeführt werden (polizeiliches Führungszeugnis). Das Eisenbahnunternehmen muss gewährleisten, dass Instandhaltungsmitarbeiter und Auftragnehmer sich der Bedrohungen der Informationssicherheit, sowie ihrer hieraus erwachsenden eigenen Verantwortung bewusst sind. Das Instandhaltungspersonal muss die Sicherheitsrichtlinien des Unternehmens ausführen und das Risiko menschlicher Fehler verringern.
- *Während des Beschäftigungsverhältnisses* muss das Eisenbahnunternehmen



Benjamin Mensing, M.Sc.
Technical Manager
ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH
benjamin.mensing@ese.de

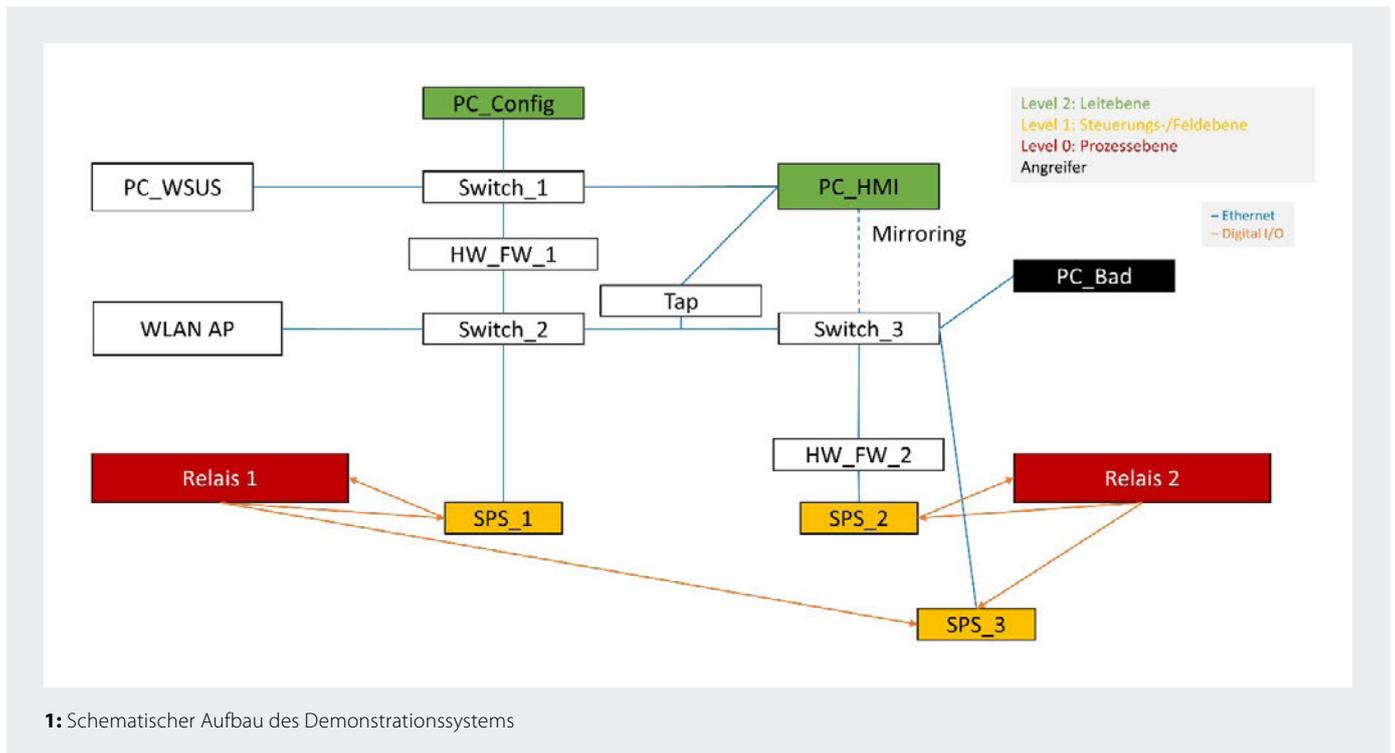


Dipl.-Wirt.Inform Alexander Schomberg
Manager Governance Cyber Security
Deutsche Bahn AG
alexander.schomberg@deutschebahn.com



PD Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder
Chief Executive Officer (CEO),
ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH
lars.schnieder@ese.de

das Instandhaltungspersonal ausreichend qualifizieren und für die Aspekte der Cybersecurity sensibilisieren. In Schulungen erfolgt eine Bewusstseinsbildung zu Richtlinien, potenziellen Bedrohungen sowie Risikomanagement, Sicherheitsmaßnahmen und das Handling von Lieferanten. Darüber hinaus werden Mitarbeiter mit besonderen Verantwortlichkeiten für die Cybersicherheit (bspw. Führungskräfte, Instandhalter, Entwickler und mit der Störfallbehandlung (incident manage-



ment) betraute Mitarbeiter) speziell geschult [6].

- **Beendigung des Beschäftigungsverhältnisses:** Mitarbeiter, die das Eisenbahnunternehmen verlassen, müssen die Zugriffsrechte entzogen werden. Der Zugang zu Informationen, die vom scheidenden Mitarbeiter erstellt wurden, muss anderen autorisierten Mitarbeitern rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden.

Um die Anforderungen an eine bedarfsgerechte Qualifizierung des Personals in Eisenbahnunternehmen zu erfüllen, wurde im zurückliegenden Jahr bei der DB AG ein Demonstrator für Cybersecurity entwickelt. Bei diesem Demonstrator handelt es sich um ein transportables technisches System, das zur praktischen Erklärung von Themen im Bereich der Cybersecurity eingesetzt werden kann. Der Demonstrator ist in ein umfassendes Schulungsprogramm mit Modulen für unterschiedliche Zielgruppen eingebettet.

2. Einbettung des Demonstrators in ein ganzheitliches Schulungsprogramm

Jeder große, europäische Infrastrukturbetreiber verfügt typischerweise über eine zentrale Einheit, die Lösungen für die technischen, prozessualen und organisatorischen Anforderungen der Informations-

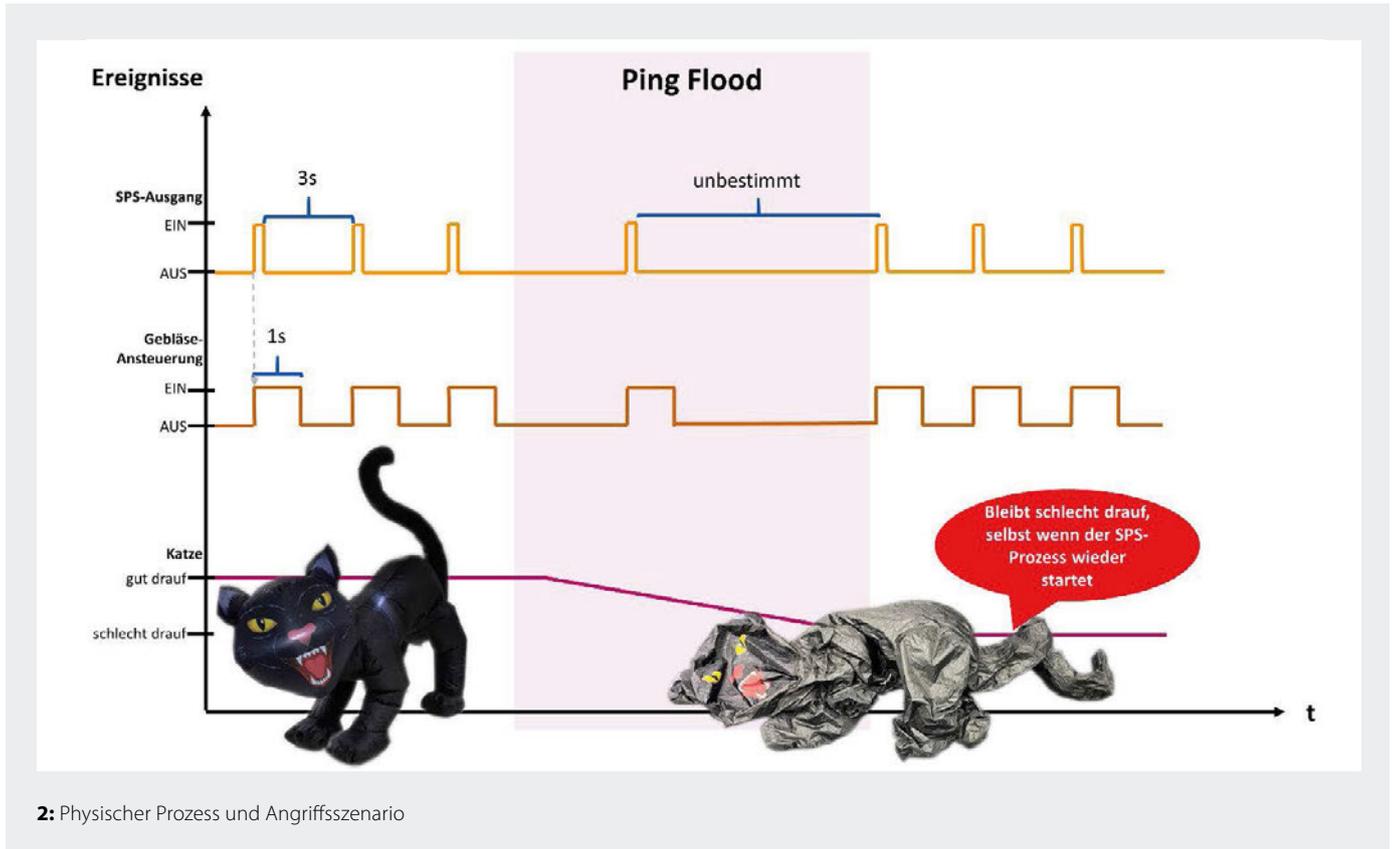
sicherheit erstellt. Die Lösungen werden dann vor Ort, in den betriebsverantwortlichen Bereichen, zum Einsatz gebracht. Die fachlichen Schwerpunkte werden dabei durch Gesetze, Normen und Analysen bestimmt. Ein zentraler Bestandteil dabei sind Trainings. Derartige Trainings zum informationssicheren Betrieb von Informationstechnologie (IT) sind kommerziell verfügbar, decken aber eine Reihe praktischer Herausforderungen nicht ab.

Einerseits erfolgt eine häufige Rückmeldung, dass die Trainingsinhalte nicht in den Arbeitsalltag der Trainingsteilnehmer passen. Konkret bedeutet dies Probleme mit nicht einsetzbarem Virenschutz, mit Computern ohne IP-Schnittstelle, Computern mit veralteten Betriebssystemen, mit hohen Kosten für den Test neuer Software-Versionen in Bahnfahrzeugen oder mit der gesetzlichen Verpflichtung zur Freigabe von Software-Patches durch das Eisenbahnbundesamt. Diese Probleme treten besonders im Zusammenhang mit Computern auf, die physische Prozesse (z.B. Bewegung, Beleuchtung, Wärme/Kühlung, Brandbekämpfung, Strom) überwachen und steuern. Diese Systeme werden allgemein Betriebstechnik (Englisch: Operational Technology, OT) genannt. Genau wie für IT, gelten die Anforderungen der Informationssicherheit auch für OT und dies schließt Training mit ein. Trainings zur

OT-Sicherheit sind ebenfalls im begrenzten Maße kommerziell verfügbar, allerdings auch nicht immer adäquat an die Praxis angepasst.

Eine weitere Herausforderung großer Infrastrukturbetreiber sind die weitgehend eigenen Prozesse, Technologien und Organisationen, die in Trainings berücksichtigt werden müssen. Dafür müssen die unternehmenseigenen, laufenden ISMS-Prozesse und die geeigneten Normen analysiert werden, um alle trainingsrelevanten Themen der OT-Sicherheit zu extrahieren. Daraus müssen alle Themen entfernt werden, die bereits in der IT-Sicherheit trainiert werden. Anschließend werden Praxisherausforderungen des Betriebspersonals ergänzt, was zu einem unternehmensspezifischen Trainingskurs führt.

Darüber hinaus stellt sich die Herausforderung, dass Trainings häufig theoretisch sind und keine Praxiserfahrung mit Cyberangriffen auf OT vermitteln. Ein Hauptgrund ist, dass man in Betrieb befindliche OT nicht testweise angreifen kann, ohne den betrieblichen Prozess zu stören. Soll also ein Training zur OT-Sicherheit um die Praxis von OT-Angriffen und Verteidigungsmaßnahmen erweitert werden, so muss analysiert werden welche Technologie, Prozesse und Organisation eines OT-Systems angreifbar sind. Die ermittelten Angriffsszenarien dienen anschließend als



2: Physischer Prozess und Angriffsszenario



3: Fertiggestelltes Demonstrationssystem im Labor

Anforderungen an einen Demonstrator für OT-Sicherheit, der in ein umfassendes Schulungsprogramm mit verschiedenen Modulen eingebettet werden kann.

3. Inhaltliches Konzept

Der Demonstrator für OT-Sicherheit setzt Anforderungen der drei Themenfelder Technik, Prozess und Organisation um:

- Das Themenfeld *Technik*, auf das in diesem Artikel näher eingegangen wird, umfasst die physischen Komponenten und behandelt konkrete Angriffe und Gegenmaßnahmen.
- Das Themenfeld *Prozess* behandelt beispielsweise die Vorgehensweise zum Auffinden und Beheben von Schwachstellen. Hierzu gehört die Schwachstellenbenachrichtigung und die Lieferung von Software-Korrekturen inklusive Dokumentation gemäß IEC 62443-2-3 [7] durch den Zulieferer.
- Im Themenfeld *Organisation* wird Verständnis für die unterschiedlichen Rollen (Betriebsverantwortung, Risikomanagement, Audits) entwickelt.

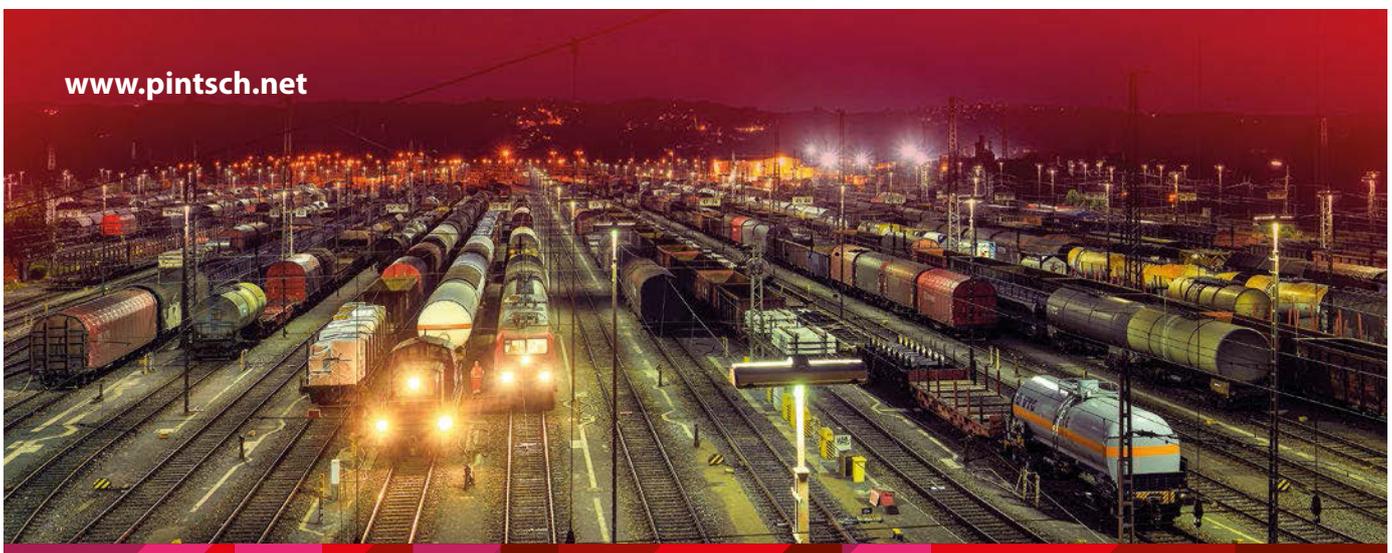
Die Demonstration technischer Aspekte zielt darauf ab, den Schulungsteilnehmern

verschiedene Hardware- und Software-Komponenten in OT-Systemen vorzuführen sowie gängige Angriffe und die dazugehörigen Verteidigungsmaßnahmen zu verdeutlichen. Der Aufbau des Demonstrators folgt der sogenannten Automatisierungspyramide [8], welche die typische Architektur von OT-Systemen abstrakt beschreibt. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf OT-Komponenten, das heißt es werden nur die Prozess-, Feld- und Leitebene dargestellt (siehe Bild 1). Dabei wird ein fiktives OT-System dargestellt, das auf der Prozess- bzw. Feldebene mittels zweier speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) Relais nach einem vorgegebenen Muster schaltet (der sogenannte „physische Prozess“). Auf der Leitebene wird zur Steuerung und Überwachung der SPS ein Steuerungscomputer (PC_HMI) eingesetzt. Für die Konfiguration der SPS wird ein weiterer Computer (PC_Config) eingesetzt.

Die folgenden Anwendungsfälle stehen zur Verfügung (vgl. Bild 1):

1. Ein WLAN-Access-Point wird gefunden und mit einem privaten Mobiltelefon angegriffen. Das Modell des Access-Points wurde dabei absichtlich so gewählt, dass Angriffe und ein unerlaubter Zugang zum Netzwerk möglich sind, um zu demonstrieren, dass ein physischer Zugang zum Netzwerk für Angriffe nicht erforderlich ist.
2. Virenschutz und Betriebssystem-Updates werden ohne Internet-Anbindung betrieben (PC_WSUS). Dadurch wird demonstriert, wie auch in einer Anlage ohne Internetverbindung die eingesetzten Systeme aktuell gehalten werden können.
3. Die Sicherheitsmeldungen der OT-Komponenten werden durch sicherheitsgefährdende Eingriffe provoziert und im zentralen Anzeigebereich auf PC_HMI in Echtzeit angezeigt.
4. Die Echtzeitfunktion einer SPS wird durch einen Cyber-Angriff des böswilligen Netzwerkteilnehmers PC_Bad auf ihre Kommunikationsschnittstelle gestört.
5. Die verteilte Echtzeitfunktion von zwei über Netzwerk verbundene SPS wird durch eine gesteuerte Netzwerküberlastung durch den böswilligen PC_Bad gestört. In der Folge ist die Kommunikation zwischen den SPS nicht mehr ausreichend schnell und der physische Prozess wird in Mitleidenschaft gezogen.
6. IP-basierte Kommunikation wird über einen Mirror-Port an den Switches bzw. einen Netzwerk-Tap mitgehört und interpretiert. Dadurch werden Cyber-Angriffe erkannt und eine Sicherheitsmeldung ausgegeben.
7. Die Firewalls (hier: HW_FW_1 und HW_FW_2) werden derart konfiguriert, dass spezielle Angriffsmuster unmöglich werden.

Die Punkte 4, 6 und 7 werden nachfolgend näher beschrieben. Grundlage für die Demonstration bildet ein physischer Prozess, der durch Angriffe - zur besseren Illustration im Training - sichtbar gestört



www.pintsch.net

Systemlösungen für die Bahninfrastruktur

- Bahnübergangstechnik
- Achszähltechnik
- Stellwerks- und Rangiertechnik
- Weichenantrieb
- Signale
- Fördertechnik
- Weichenheizungen
- Diagnose

PINPROTEGIO
PINCLIRIO
PINMOVIO
PINMOVIO
PINLUXON
PINPOSITON
PINCALIO
PINDIAGON



werden kann. Für den physischen Prozess wird über eine SPS ein Gebläse angesteuert, welches eine aufblasbare Katzenfigur mit Luft füllt. Da die Figur Luft verliert, ist eine regelmäßige Versorgung mit Druckluft durch das Gebläse erforderlich. Die Gebläseansteuerung ist daher so beschaffen, dass sie regelmäßig alle 3 Sekunden einen Steuerimpuls von der SPS erhalten muss. Trifft der Impuls ein, wird das Gebläse für 1 Sekunde eingeschaltet und anschließend bis zum nächsten Impuls ausgeschaltet (Bild 2). Die Länge der Zyklen ist so gewählt, dass die aufblasbare Katze stabil stehen bleibt, aber im Normalfall weder zu viel noch zu wenig Druck aufgebaut wird. Da die Zyklen so bestimmt sind, dass sie den stabilen Zustand der Katze nur erhalten, kann eine durch Druckverlust in sich zusammengefallene Katze nicht wieder aufgefüllt werden. Die korrekte Ausführungsdauer der automatisierten Steuerfunktionen ist damit kritisch für den physischen Prozess und darf nur in sehr geringem Maße von den Vorgaben abweichen.

Zur Dokumentation eines möglichen Angriffs wird eine Schwachstelle in einer bestimmten Firmware-Version der eingesetzten SPS ausgenutzt, welche die SPS anfällig für eine Ping-Flood-Attacke macht. Eine Ping-Flood-Attacke ist eine Denial-of-Service-Attacke, bei der der Angreifer (hier: PC_Bad) dem Opfer (hier: SPS_2) in sehr hoher Frequenz Echo-Request-Pakete schickt. Diese dienen normalerweise dazu, die Erreichbarkeit eines Netzwerkgeräts festzustellen, können aber missbraucht werden, um die vorhandenen Ressourcen eines Geräts auszuschöpfen, wenn schneller neue Anfragen gesendet werden als das Gerät diese beantworten kann. Im Demonstrator wird dieser Effekt sichtbar, da die Auslastung der SPS so weit steigt, dass der Ausgang nicht mehr im vorgegebenen 3-Sekunden-Zyklus geschaltet wird, sondern sich der Zyklus deutlich verlängert. Dadurch wird das Gebläse seltener angesteuert und die Katzenfigur fällt in sich zusammen (vgl. Bild 2).

Die Verteidigung gegen den genannten Angriff kann auf drei verschiedene Arten demonstriert werden:

- Als erste Möglichkeit wird demonstriert, dass ein *Update auf eine neue Firmware-Version* den Angriff unmöglich macht, da die Ursache der Angreifbarkeit der Komponente auf eine Schwachstelle in der Firmware zurückzuführen ist.

- Als zweite Möglichkeit wird der Angriff durch *korrekte Konfiguration der Hardware-Firewall* (HW_FW_2 in Bild 1) verhindert. Durch die Filterung der Firewall werden die unerwünschten Pakete des Angreifers erkannt und durch die Firewall verworfen. Weiterhin wird eine Sicherheitsmeldung abgesetzt und auf dem Diagnoserechner PC_HMI angezeigt. Dies erlaubt dem Nutzer, den Angriff zu erkennen. Die Blockierung des Angriffs zeigt, dass die Ausführung des physischen Prozesses durch die SPS nicht beeinträchtigt wird.
- Als dritte Möglichkeit wird eine *Anomalie-Erkennung* umgesetzt. Dabei wird über einen Netzwerk-Tap der Datenverkehr im Netzwerk passiv mitgeschnitten und algorithmisch nach Mustern durchsucht, die auf einen Angriff hindeuten. Diese Muster können das Auftreten neuer Kommunikationsprotokolle und Kommunikationsverbindungen im Netzwerk sein, aber auch komplexere Sequenzen von Datenpaketen auf unterschiedlichen Ebenen im ISO-OSI-Modell. Bei Erkennung von verdächtigem Datenverkehr wird ebenfalls eine Sicherheitsmeldung abgesetzt, die den Angriff anzeigt.

4. Fazit und Ausblick

Das vorgestellte Schulungskonzept inklusive innovativem Demonstrator dient dem Erlernen von Techniken und Prozessen zur OT-Sicherheit. Insgesamt sollen durch dieses Konzept die oben genannten Schwächen existierender Trainings verbessert werden, indem die Schulungsinhalte in der Praxis erlebbar gemacht und damit der Lerneffekt entscheidend gesteigert wird.

Im nächsten Schritt müssen Praxiserfahrungen aus den neu angebotenen Trainings gesammelt werden, um das Trainingsprogramm zu evaluieren und gegebenenfalls weiter zu verbessern. Aus technischer Sicht kann der Demonstrator durch die modulare Bauweise so erweitert werden, dass Angriff und Verteidigung ununterbrechbarer Produktionsprozesse (im Bahnbereich, aber auch in anderen Industriezweigen), ohne Auswirkung auf den laufenden Betrieb, simuliert werden können. Die gewählte Systemarchitektur und die durch sie ermöglichten Prozesse unterstützen Architekturentscheidungen bei Neu- und Umbauprojekten in der Automatisierungstechnik, was zukünftig einen entscheidenden Mehrwert des Demonstrators darstellen kann. ●

Literatur

- [1] Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetz) vom 17. Juli 2015; Bundesgesetzblatt 2015 Teil I Nr. 31, Bonn 24.07.2015.
- [2] BSI-Kritisverordnung vom 22. April 2016 (BGBl. I S. 958), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Juni 2017 (BGBl. I S. 1903) geändert worden ist.
- [3] Richtlinie (EU) 2016/1148 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2016 über Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen gemeinsamen Sicherheitsniveaus von Netz- und Informationssystemen in der Union.
- [4] Zweites Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021, Teil 1 Nr. 25, Bonn, 27.05.2021).
- [5] Schnieder, Lars: Schutz Kritischer Infrastrukturen im Verkehr - Security Engineering als ganzheitlicher Ansatz. Springer (Berlin) 2018.
- [6] UIC: Guidelines for Cyber-Security in Railways. (ISBN 978-2-7461-2732-6), Juni 2018.
- [7] DIN EN IEC 62443:2019. Security for industrial automation and control systems – Part 2-3: Patch management in the IACS environment.
- [8] DIN EN 62264-1:2014-07. Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen - Teil 1: Modelle und Terminologie (IEC 62264-1:2013); Deutsche Fassung EN 62264-1:2013.

Summary

Practical qualification for cyber security in critical infrastructures

In this article, a training concept for OT-security including an innovative demonstration system is presented which is addressed to employees of critical infrastructure operators. The modular training program aims to teach the following skills like attacks on OT-components and defense measures by presenting technology, processes and organization of OT-systems. Practical demonstration is made by a training demonstrator which makes the theoretically presented aspects tangible in practice and thus decisively increases the training effect.

Besuchen Sie uns
auf der InnoTrans!
20.-23.09.2022
Halle 2.1, Stand 840



Foto © H. Krille

CN△CONSULT



DiLoc® | Sync Echtzeit-Fahrempfehlungen

Fahren Sie energieeffizient!

- **LEADER4DiLoc** in Kooperation mit Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
- Integration der „**Grünen Funktionen**“ der DB Netz AG

CN-Consult GmbH
D-35756 Mittenaar
Tel.: +49 2778 37200-00
E-Mail: info@cn-consult.eu

CH-3380 Wangen an der Aare
Tel.: +41 61 5003756
www.cn-consult.eu

IRIS[®]
Certification

ETCS-Ausrüstung auf der CFL-Nordstrecke in Luxemburg

Das Streckennetz in Luxemburg ist mit dem Zugbeeinflussungssystem European Train Control System Level 1 Full Supervision ausgestattet. Statt weiterhin Vor- und Hauptsignale zu verwenden, soll der Eisenbahnbetrieb zukünftig mit einer vereinfachten Außensignalisierung auf Grundlage der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten durchgeführt werden.



1. Einleitung

Der europäische Eisenbahnbetrieb ist durch eine Vielzahl an länderspezifischen Zugbeeinflussungssystemen gekennzeichnet. Zur Förderung der Interoperabilität wurde das Zugbeeinflussungssystem European Train Control System (ETCS) mit unterschiedlichen Ausrüstungsstufen, den sogenannten Leveln, entwickelt.

Bei der Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL), der Infrastrukturbetreiberin des staatseigenen Eisenbahnnetzes in Luxemburg, wird das gesamte Streckennetz von etwa 275 km Länge mit ETCS Level 1 Full Supervision (FS) betrieben (ETCS Baseline 2, System Requirements Specification Version 2.3.0d) [1].

In einem neuen Projekt soll zunächst auf der Nordstrecke (siehe Bild 1) die klassische Signalisierung aus Haupt- und Vorsignalen durch eine vereinfachte Außensignalisierung auf Grundlage der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten ersetzt werden. Über die neuen Freigabesignale wird dem Triebfahrzeugführer übermittelt, dass er die zugehörige Balisengruppe überqueren darf. Alle notwendigen Informationen, beispielsweise die Fahrerlaubnis, werden mittels Eurobalisen übertragen

Das etwa 275 km lange Streckennetz der CFL ist mit ETCS Level 1 Full Supervision ausgestattet.



und dem Triebfahrzeugführer auf dem Driver Machine Interface (DMI) angezeigt. Ermöglicht wird diese Entwicklung durch die direkte Ansteuerung der Balisengruppen durch das Stellwerk.

2. Allgemeine Beschreibung von ETCS Level 1 Full Supervision

ETCS übernimmt in Level 1 FS eine diskontinuierliche Übertragung und eine kontinuierliche Überwachung des Fahrverhaltens. Die Informationen werden mit im Gleis montierten Balisengruppen von der Infrastruktur auf das vorüberfahrende Fahrzeug übertragen. Balisengruppen, die aus mehreren Eurobalisen bestehen können, sind insbesondere an Haupt- und Vorsignalen erforderlich, wobei sie beispielsweise auch an Sperrsignalen zur Umsetzung des Flankenschutzes verwendet werden können. Um jedoch das Leistungsverhalten zu verbessern, können z. B. vor Hauptsignalen zusätzliche Balisengruppen oder lokal verlegte Linienleiter (Euroloops) eine Aufwertung des Signalbegriffs an das Fahrzeug übertragen. Alle schaltbaren Eurobalisen, auch als Transparentbalisen bezeichnet, erhalten die zu übertragenden Informationen klassischerweise über eine Lineside Electronic Unit (LEU), die für den Informationsabgriff an die bestehenden Signale (in Form eines Lampenstromabgriffs) angeschlossen ist. Bedingt durch die begrenzte Anzahl möglicher Signalbilder sind auch die ETCS-Informationen in ihrer Variabilität in solchen Anwendungen beschränkt.

Neben den Transparentbalisen ist der Einsatz nicht schaltbarer Festdatenbalisen möglich. Diese werden z. B. als zusätzliche



Albrecht Morast, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
morast@via.rwth-aachen.de



Christopher Wink, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
wink@via.rwth-aachen.de



Laurent Pott, B. Eng.

Mitarbeiter Neubauprojekt Linie 1 Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL)
laurent.pott@cfl.lu



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen

Institutsleiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
niessen@via.rwth-aachen.de

Ortungsbalisen zur Kalibrierung der fahrzeugseitigen Odometrie verwendet [2].

Aufgrund der Funktionalität des DMI sind ortsfeste Signale in Level 1 nicht notwendig. Normalerweise werden jedoch mindestens Signale zur Anzeige einer neuen Fahrtfreigabe aufgestellt; in vielen Anwendungsfällen auch als Rückfallebene

In Level 1 FS übernimmt das ETCS eine diskontinuierliche Übertragung und eine kontinuierliche Überwachung des Fahrverhaltens.

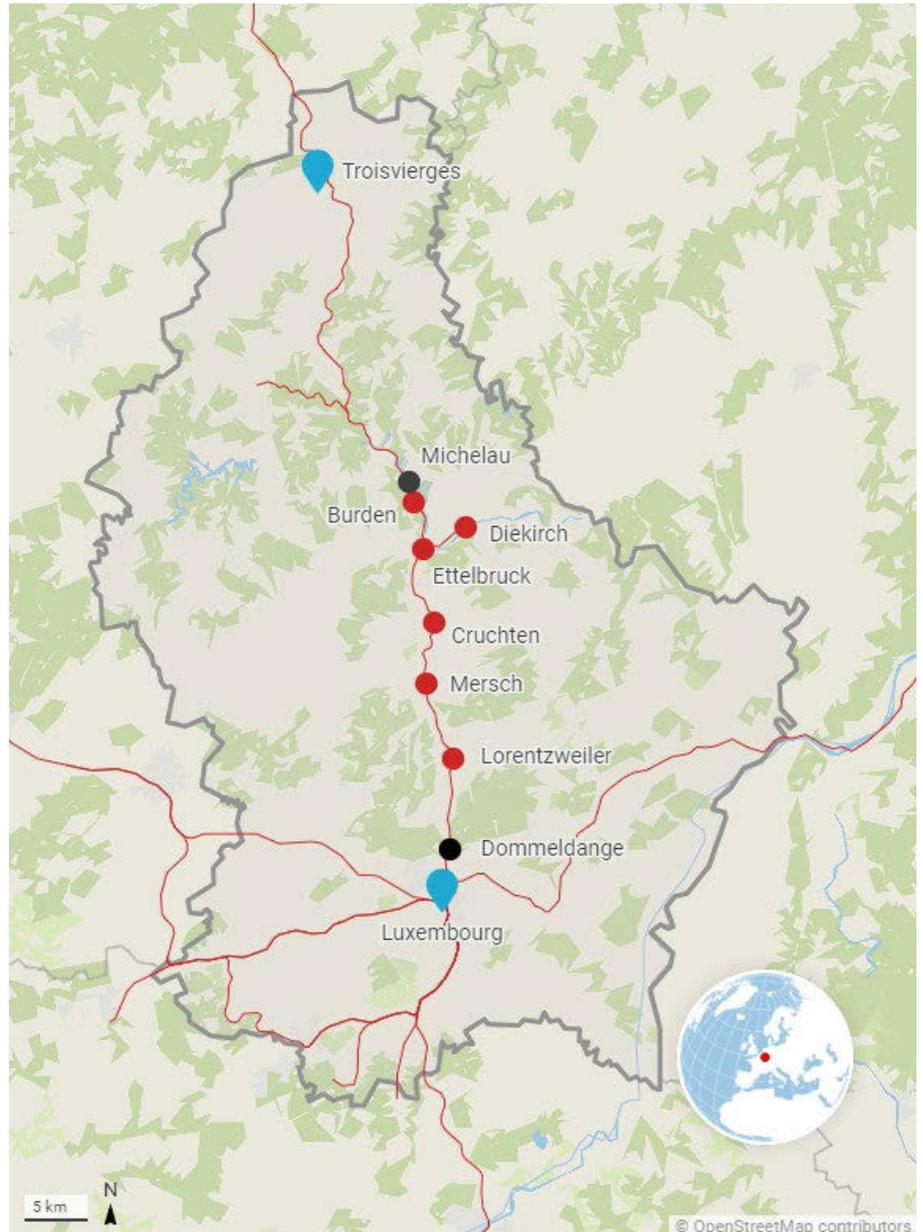


oder für Fahrzeuge ohne entsprechende ETCS-Ausrüstung. Ein Verzicht auf eine Gleisfreimeldeanlage ist dagegen nicht möglich [3]. Bild 2 stellt die Infrastrukturausrüstung bei einem Betrieb mit ETCS Level 1 FS dar.

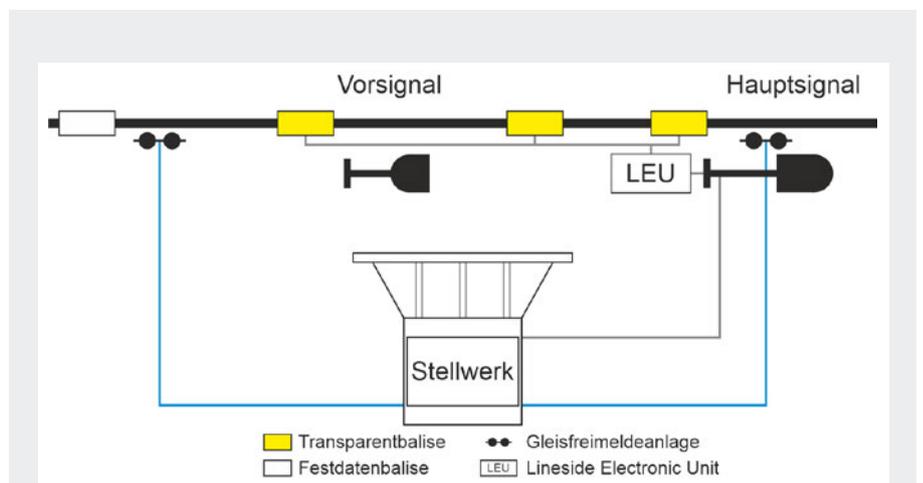
3. Betrieb bei ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung

Die Betriebsdurchführung bei der CFL unter ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung unterscheidet sich in mehreren Punkten von einem herkömmlichen Betrieb unter ETCS Level 1 FS [4]. Infrastrukturseitig werden hierfür keine LEU, sondern sogenannte Balise Control Units (BCU) für die Ansteuerung der Eurobalisen verwendet. Eine wesentliche Grundlage bildet das Stellwerk (ZSB 2000 der Firma Scheidt & Bachmann) als zentraler Datenspeicher, wo alle projektierten Daten hinterlegt sind und über einen CAN-Bus an die BCU verteilt werden [5]. Die Ansteuerung der Transparentbalisen erfolgt nicht über einen Lampenstromabgriff an den Signalen, sondern direkt vom Stellwerk. Dies bringt den Vorteil, dass neue ETCS-Daten zentral eingepflegt werden können, sodass in den meisten Fällen ein Programmieren im Feld entfallen kann. Dadurch lassen sich Änderungen der ETCS-Daten mit geringerem zeitlichen Aufwand vornehmen. Auch Fahrdienstleiter können unmittelbar bestimmte ETCS-Daten durch Bedienkommandos anpassen, z.B. fahrstraßenspezifische Geschwindigkeitsrestriktionen bei Bauarbeiten, wodurch in bestimmten Situationen auf schriftliche Befehle verzichtet werden kann.

Das Signalsystem der vereinfachten Außensignalisierung orientiert sich an der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten. Dabei werden keine Haupt- und Vorsignale, sondern Freigabesignale verwendet. Lichtsignale sind bei der Betriebsdurchführung grundsätzlich nicht erforderlich.



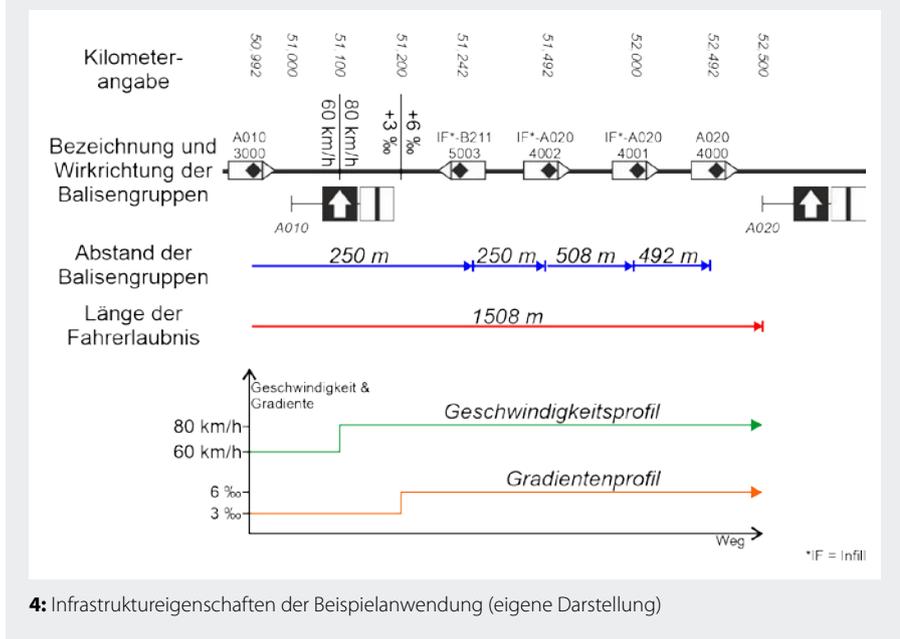
1: Zielzustand der ersten Phase zur Einführung der vereinfachten Außensignalisierung auf der Nordstrecke der CFL im Jahr 2022 (eigene Darstellung auf Basis von OpenStreetMap)



2: Übersicht eines herkömmlichen ETCS Level 1 (eigene Darstellung nach [8])



3: Signalisierung an einem Freigabesignal (eigene Darstellung)



4: Infrastruktureigenschaften der Beispielanwendung (eigene Darstellung)

derlich, werden allerdings verwendet, um einem Triebfahrzeugführer bei einem Halt die Erlaubnis zum Überqueren der Balisengruppe zu erlauben. Alle notwendigen Informationen werden beim Überqueren der Eurobalisen an das Fahrzeug übermittelt, bevor das entsprechende Fahrprofil auf dem Fahrzeug berechnet wird und anschließend auf dem DMI erscheint. Es reichen aufgrund der vollständigen Führerstandssignalisierung insgesamt zwei unterschiedliche Signalbegriffe der Freigabesignale zur Durchführung der Zug- und Rangierfahrten aus, wobei ein dritter Signalbegriff ergänzt wurde (vgl. Bild 3). Neben dem Anzeigen eines Halt- (Signalbeschreibung: blauer Lichtpunkt) und Fahrtbegriffs (Signalbeschreibung: weißer Lichtpunkt) gibt es bei den Lichtsignalen eine Baustellenstellung (Signalbeschrei-

bung: weißer und blauer Lichtpunkt). Dieser Modus wird für Fahrten innerhalb von Arbeitsgleisen verwendet. Äquivalent zu diesen Signalbegriffen und -beschreibungen erfolgt die Signalisierung der Sperr- und Rangierhaltssignale. Auch dort wird entsprechend angezeigt, ob sich das Signal in Freigabe-, Halt- oder Baustellenstellung befindet. Eurobalisen werden nicht nur an Freigabe-, Sperr- und Rangierhaltssignalen verwendet, sondern auch an Infill-Punkten. Ein Infill ermöglicht die Steigerung der Leistungsfähigkeit, da die zu übertragenden Informationen eines Freigabesignals bereits eine gewisse Entfernung davor übermittelt werden.

Im beschriebenen System besteht eine Balisengruppe im Normalfall aus zwei Transparentbalisen. Abhängig von der Signalstellung und von der eingestellten Fahr-

straße werden unterschiedliche Informationen über die Eurobalisen übertragen. Die Grundlage der ETCS-Sprache bilden Variablen. Sie stellen die kleinste Informationseinheit dar und dienen der Übermittlung einzelner Datenwerte. In der nächstgrößeren Einheit, den Packets, werden mehrere Variablen strukturiert zusammengefasst. Beispielsweise enthält das Packet 12 die Level 1 Movement Authority [6]. Die von einer einzelnen Eurobalise zu übertragenden Packets werden als Telegramme zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass ein Telegramm bei den hier verwendeten Eurobalisen maximal 1023 Bits lang sein darf, von denen 830 als Nutzbits verwendet werden können. Die übrigen Bits dienen der Verschlüsselung sowie als Kontrollbits. Als Message werden die kombinierten Telegramme der einzelnen Eurobalisen einer Balisengruppe bezeichnet.

Auf Basis betrieblicher, infrastruktureller und technischer Anforderungen ist eine Projektierung fahrstraßengenauer Messages möglich. Während die betrieblichen und infrastrukturellen Anforderungen von der CFL stammen, sind die technischen Anforderungen insbesondere aus Subset 026 (ETCS Baseline 2, System Requirements Specification Version 2.3.0d) zu entnehmen [6]. Damit eine Zugfahrt in ETCS Level 1 FS und somit auch bei dem angewendeten Verfahren durchgeführt werden kann, müssen mindestens die drei folgenden Packets an das Fahrzeug übertragen werden:

- Packet 12 (Level 1 Movement Authority),
- Packet 21 (Gradient Profile) und
- Packet 27 (International Static Speed Profile).

Auf Grundlage dieser drei Packets kann auf den Fahrzeugen das individuelle Fahrprofil berechnet, auf dem DMI angezeigt und überwacht werden. Dabei ist das Packet 12 (Level 1 Movement Authority) im Regelfall der vorgestellten Anwendung zwischen 73 und 127 Bits lang, sodass sich dieses in seiner Länge nur gering unterscheidet. Anders verhält sich dagegen die Länge der beiden anderen Packets, weil sich jeder Gradienten- und Geschwindigkeitswechsel innerhalb einer Fahrstraße auf die zu übertragenden Daten auswirkt. Während ein Gradientenwechsel mit einer Länge von 24 Bits zu projektieren ist, benötigt jeder Geschwindigkeitswechsel 28 Bits. Dies bedeutet, je mehr Gradienten- und Geschwindigkeitswechsel innerhalb einer Movement Authority bzw. der Vorschaustrasse zu pro-

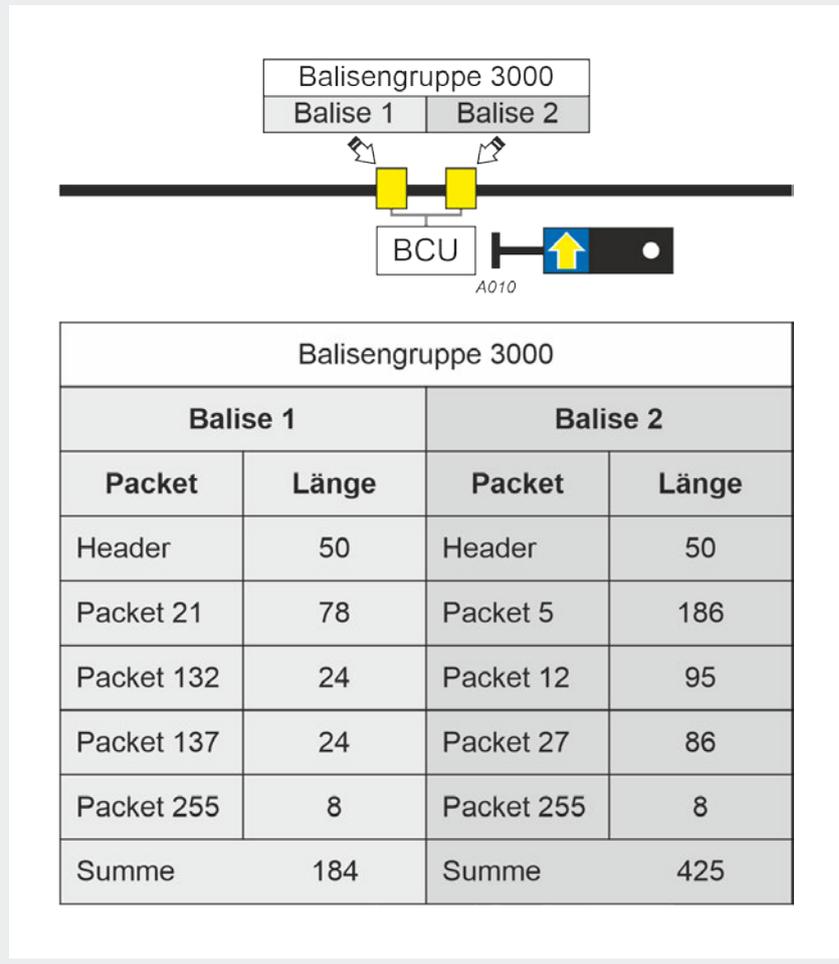
jektieren sind, umso mehr steigt die Länge der Packets und somit der Telegramme.

Die Fahrzeuge benötigen für die Betriebsdurchführung bei der CFL weitere Informationen. Eine Besonderheit ergibt sich durch das Packet 5 (Linking). Mit diesem Packet werden alle innerhalb einer Fahrstraße liegenden Balisengruppen übermittelt. Durch die fahrstraßenspezifische Übermittlung der Balisengruppen kann auf das Repositioning verzichtet werden. Dadurch weiß das Fahrzeug metergenau, welche Balisengruppe als nächstes überquert wird. Jede zu projektierende Balisengruppe ist mit einer Länge von 39 Bits zu berücksichtigen, da u. a. die Balisengruppen-ID sowie die Distanzen zwischen den Balisengruppen zu übermitteln sind. Fehlt oder wird eine falsche Balisengruppe erkannt, löst das Fahrzeug – abhängig von der Funktion der Balisengruppe – als Sicherheitsreaktion eine Emergency oder Service Brake aus.

Abhängig vom Standort der Balisengruppen können die Messages weitere Packets enthalten. Beispielsweise ist bei Fahrten von Netzen anderer Infrastrukturbetreiber in das Streckennetz der CFL das Packet 3 (National Values) zu übertragen. Über das 186 Bits lange Packet werden u. a. Informationen bzgl. der Maximalgeschwindigkeit beim Rangieren übertragen. Um kurzfristige Geschwindigkeitsrestriktionen zu übermitteln, wird das Packet 65 (Temporary Speed Restriction) verwendet. Für einen definierten Abschnitt, der im Regelfall von zwei Freigabesignalen begrenzt wird, lassen sich im Voraus unterschiedliche Geschwindigkeiten projektieren, z. B. 40 km/h. Ist in einem Abschnitt die Höchstgeschwindigkeit herabzusetzen, beispielsweise während oder nach Bauarbeiten, hat ein Fahrdienstleiter die Geschwindigkeitsbeschränkung durch Bedienkommandos zu aktivieren. Das Stellwerk ergänzt beim Einstellen betroffener Fahrstraßen sodann die notwendigen Packets 65 entsprechend automatisch. Dadurch ist es möglich, die Höchstgeschwindigkeit innerhalb eines

Neue ETCS-Daten können zentral eingepflegt werden, sodass in den meisten Fällen ein Programmieren im Feld entfallen kann.

Tabelle 1: Zuordnung der Packets auf der Balisengruppe 3000 für die Zugfahrstraße A010-A020 (eigene Darstellung)



Technology To Trust

- | Engineering Services
- | Cybersecurity
- | Assessment Services

Engineering und Software-Entwicklung

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

Halle 6.1 | Stand 430

info@ese.de | www.ese.de

Abschnitts mit geringem Aufwand durch das Stellwerkpersonal anzupassen.

Jedes Telegramm einer Balise muss einen Header (50 Bits) und mit dem Packet 255 ein Schluss-Packet (8 Bits) enthalten. Dadurch werden die zur Verfügung stehenden Nutzbits einer Eurobalise von 830 auf 772 Bits reduziert. Werden mehr Bits benötigt, können unter Umständen bestimmte Packets gekürzt werden. Ansonsten ist es möglich, eine Balisengruppe mit einer zusätzlichen Eurobalise zu ergänzen. Dann besteht eine Balisengruppe nicht aus zwei, sondern drei Eurobalisen. Dies hat allerdings weitreichende Auswirkungen, da eine BCU in dem ZSB-System aktuell maximal zwei Eurobalisen ansteuern kann. Daher wäre in einer solchen Situation eine weitere BCU erforderlich.

Nach dem Projektieren der Packets sind diese den Eurobalisen einer Balisengruppe zuzuordnen. Dabei sind bestimmte Restriktionen zu beachten, welches Packet über die erste bzw. die zweite Eurobalise übertragen wird. Neben der maximalen Länge eines Telegramms muss ein Fahrzeug beim Überqueren einer Balisengruppe stets eine konsistente Message erhalten. Dies gilt insbesondere bei Änderung der Baliseninhalte während der Überfahrt (z. B. durch eine Aufwertung der Fahrerlaubnis) sowie beim Ausfall einer einzelnen Balise. Ansonsten könnte es zu Verarbeitungsproblemen auf dem Fahrzeug kommen und es würde eine Sicherheitsrestriktion folgen, beispielsweise eine Service Brake.

Weitere Ergebnisse der Projektierung für ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung auf Grundlage der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten werden in [7] erläutert, beispielsweise die Umsetzung eines Nothalts über die Balisengruppen.

4. Beispielanwendung

Nachfolgend wird die Projektierung anhand einer Zugfahrstraße zwischen zwei Freigabesignalen beispielhaft erklärt. Die wesentlichen Infrastruktureigenschaften zur Erstellung der erforderlichen Packets an der Balisengruppe 3000 für die Zugfahrstraße vom Startsignal A010 zum Zielsignal A020 sind in Bild 4 dargestellt. Dazu zählen insbesondere die Streckenhöchstgeschwindigkeit, das Gradientenprofil, die Länge der Fahrerlaubnis sowie die Standorte der Balisengruppen inklusive Bezeichnung, Kilometerangabe und Wirkrichtung. Darüber hinaus sind weitere Informatio-

nen für die Projektierung erforderlich, u. a. die Entfernung zum Gefahrenpunkt (Danger Point) am Zielsignal. Der Übersichtlichkeit wegen wird auf solche und weitere Informationen in der Abbildung verzichtet.

Die einzelnen Packets sind nach [6] zu projektieren. Darin ist der allgemeine Aufbau der Packets beschrieben. Für die Zugfahrstraße sind neben den bereits beschriebenen Packets 5 (Linking), 12 (Level 1 Movement Authority), 21 (Gradient Profile), 27 (International Static Speed Profile) sowie dem Header und Packet 255 (End of Information) die Packets 132 (Danger for Shunting Information) und 137 (Stop if in Staff Responsible) erforderlich. Die letzten beiden Packets werden derart angewendet, damit in Abhängigkeit des am Freigabesignal vorliegenden Fahrtbegriffs entweder Fahrzeuge im Modus Shunting (bei eingestellter Rangierstraße) oder im Modus Staff Responsible (für startende Züge bei eingestellter Zugfahrstraße) das Startsignal passieren dürfen.

Nach dem Projektieren der Packets müssen diese den beiden Eurobalisen der Balisengruppe 3000 zugeordnet werden (siehe Tabelle 1). Aufgrund der geringen Anzahl an erforderlichen Packets sowie deren geringen Länge ist die Zuordnung nach einer anwendungsspezifisch erstellten Standardfestlegung möglich. Hierdurch wird eine effiziente Projektierung ermöglicht, da für alle Standardfälle eine Zuordnungsregel besteht und lediglich Abweichungen davon in Bezug auf z. B. die Ausfalloffenbarung betrachtet werden müssen.

5. Zusammenfassung

Zukünftig sollen in Luxemburg Zug- und Rangierfahrten auf Grundlage von ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung durchgeführt werden. Dabei werden Signale entsprechend der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten verwendet, sodass nur noch eine Freigabe-, Halt- oder Baustellenstellung angezeigt wird. Als besonders vorteilhaft stellt sich die Anpassung der zu übertragenden Telegramme im Stellwerk dar, weil der Datenaustausch bei geänderten Packets nicht mehr an der Infrastruktur vorzunehmen ist. Zusätzlich werden die Telegramme aufgrund der direkten Ansteuerung der Balisengruppen durch das Stellwerk fahrstraßenspezifisch übermittelt. Mit Packet 5 (Linking) werden die Balisengruppen innerhalb einer Fahrstraße übertragen,

weshalb auf das Repositioning verzichtet werden kann. Darüber hinaus lassen sich durch das Stellwerkpersonal kurzfristige Geschwindigkeitseinschränkungen mit Packet 65 (Temporary Speed Restriction) umsetzen. Die Anwendung in Luxemburg verdeutlicht die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten des ETCS-Systems. •

Literatur

- [1] Feltz, A.; Nießen, N.; Jacobs, J.; Walke, T.: Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Luxemburger Eisenbahnnetzes unter Berücksichtigung von ETCS Level 1 FS. In: ETR-Eisenbahntechnische Rundschau, 11/2016, S. 14-20.
- [2] Stanley, P.: ETCS for Engineers, Eurailpress, Hamburg, ISBN: 978-3-7771-0416-4.
- [3] Schnieder, L.: Eine Einführung in das European Train Control System (ETCS), Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 978-3-658-26884-8.
- [4] Arend, L.; Pott, L.; Hoffmann, N.; Schanck, R.: ETCS Level 2 ohne GSM-R. In: Signal+Draht (110), 10/2018, S. 18-28.
- [5] Finken, K.; Hamblock, T.; Klötters, G.: ZSB 2000 auf dem Weg zu ETCS. In: Signal+Draht (111), 10/2019, S. 32-37.
- [6] European Union Agency for Railways (ERA), Subset 026 – System Requirements Specification, Baseline 2.3.0, issue 2.3.0, 24.02.2006.
- [7] Wink, C.; Krüger, B.; Laumen, P.; Morast, A.; Nießen, N.; Pott, L.: Prototypische ETCS-Projektierung für Level 1 Full Supervision. In: IRSA 2021: Tagungsband, Proceedings: 3rd International Railway Symposium Aachen, 21.11.2021-23.11.2021, Aachen, Deutschland, S. 254-271.
- [8] Maschek, U.: Sicherung des Schienenverkehrs, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 978-3-658-22877-4.

Summary

ETCS equipment on CFL- North line in Luxembourg

The CFL route net is equipped with ETCS Level 1 Full Supervision. In future, railway operation will be operated by a simplified exterior signalling based on the existing signalling for shunting. Here, balise groups are directly controlled by the interlocking. This has an effect on the project planning of ETCS data, but also enables new functions. Both are presented by means of an example application.

Multi-Gigabit-Kommunikationsdienst für die Schiene

Rail-5G versorgt das WLAN-System im Zug mit mehr als einem Gigabit an Internetdaten, was den Fahrgästen ein noch nie dagewesenes Maß an Konnektivität ermöglicht.

evo rail
TRAVEL CONNECTED

3 Waterhouse Square
138-142 Holborn
London EC1N 2SW
Großbritannien

Email: enquiries@evo-rail.com

► Das Unternehmen Evo-Rail aus Großbritannien hat einen Strecke zu Zug-Kommunikationsdienst auf den Markt gebracht, der Fahrgästen eine bislang noch nicht erreichte Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit bei ihrer Internetverbindung bietet. Die Lösung Rail-5G ermöglicht eine kontinuierliche Konnektivität von über 1 GB mobiler Bandbreite, so dass Fahrgäste Aktivitäten wie Videokonferenzen, 3D-Spiele, Live-Sport, Streaming und superschnelle Downloads von jedem Gerät aus genießen können - und das alles während der Zugfahrt.

Die Lösung verwendet Funkeinheiten am Gleis und im Zug, die für den Betrieb und die besondere Umgebung der Eisenbahn ausgelegt sind. Die streckenseitigen Funkeinheiten können eine Bandbreite von mehr als 1 GB pro Sekunde liefern und sind über Glasfaserkabel mit einem Netz verbunden, das eine sehr geringe Latenzzeit und eine sehr hohe Bandbreite für die Verbindung zu den Zügen bietet. Im Zug werden zwei Funkeinheiten installiert, die mit den streckenseitigen Funkeinheiten kommunizieren und eine kontinuierliche Verbindung ermöglichen. Die Funkeinheiten im Zug werden dann mit der bestehenden WLAN-Lösung verbunden. Rail-5G ist so konzipiert, dass es einfach auf der bestehenden Infrastruktur funktioniert und leicht nachrüstbar ist.

KONNEKTIVITÄT ALS BESCHLEUNIGER DER VERKEHRSWENDE

Eine Anfang des Jahres durchgeführte Umfrage von Ipsos in Deutschland hat ergeben, dass mehr als ein Drittel der Menschen den

Zug gegenüber umweltschädlicheren Verkehrsmitteln bevorzugen würden, wenn sie an Bord ein superschnelles und zuverlässiges WLAN zur Verfügung hätten. In der Altersgruppe der 16- bis 24-Jährigen ist dieser Anteil noch deutlich höher: 68% der jungen Leute würden sich dann für eine Bahnfahrt entscheiden.

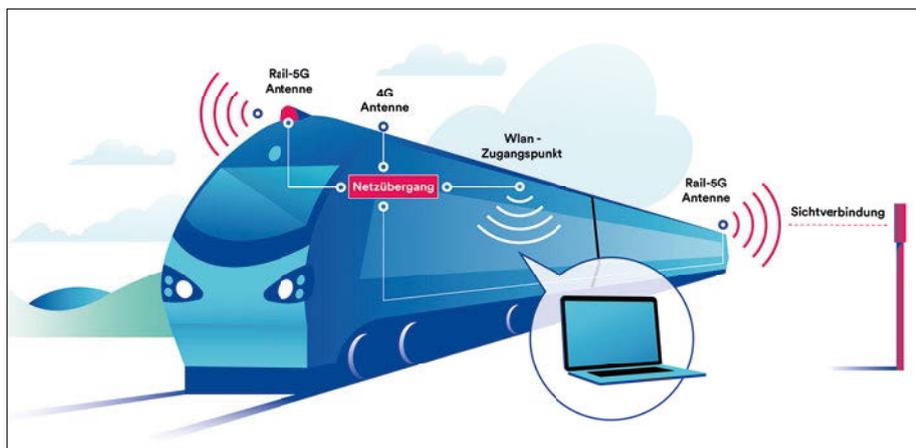
Die Verbesserung des Komforts und des Gesamterlebnisses der Fahrgäste ist von entscheidender Bedeutung, wenn die politischen Entscheidungsträger eine nachhaltige und langfristige Verlagerung der Verkehrsmittelpräferenzen anstreben. Um zu erreichen, dass die Bahn das attraktivste Fortbewegungsmittel ist, muss der Schwerpunkt auf das Kundenerlebnis gelegt werden. Die Internetanbindung an Bord ist ein wichtiger Bestandteil davon.

TECHNISCHE VORTEILE UND UMWELTFREUNDLICHKEIT

Die verbesserte Konnektivität der Technologie Rail-5G ermöglicht auch einen schnelleren Download von Daten aus den Bordsystemen und eine höhere Sicherheit für die Berichterstattungssysteme des Zugmanagements. Rail-5G bietet damit die Möglichkeit, das derzeitige System der Bahnwartung zu verbessern. Dank der besseren Konnektivität und der erhöhten Datenkapazität kann die Technologie das Konzept der vorausschauenden Wartung besser verwirklichen und damit zur Sicherheit des Schienenverkehrs beitragen.

Evo-Rail nutzt auch mit Energie selbstversorgte Masten, um drahtloses Internet wirklich drahtlos und energieeffizient zu machen. Die Technologie integriert die effizientesten Solarzellen mit einer Windturbine und einer Lithium-Batterie in einem einzigen, schlanken Mast, der von einem einzigartigen Energiemanagementsystem betrieben wird. ◀

Funktionsweise von Rail-5G



Kapazitätssteuerung im Baubetriebsmanagement mit einem neuen rollierenden Planungsprozess

Die kapazitive Planung und fahrplanerische Ausregelung von Baumaßnahmen hat einen hohen Einfluss auf die pünktliche Betriebsdurchführung. Sind Züge von mehreren Baumaßnahmen entlang des Laufwegs gleichzeitig betroffen, schafft der neue rollierende Planungsprozess eine konsistente Ausregelung der Züge und ermöglicht die Steuerung der Kapazitätsauslastung für Strecken mit Bau und für die Umleitungen.



Bisherige fahrplanerische Ausregelung im Baubetriebsmanagement

Die Prozesskette für die Planung und fahrplanerische Ausregelung von Baumaßnahmen im Baubetriebsmanagement (siehe Bild 1) wird mit der fristgerechten Anmeldung der Baumaßnahme angestoßen. Zunächst wird bei der baubetrieblichen Einordnung der Zeitraum für die Infrastruktureinschränkung und die erforderliche Betriebsweise festgelegt, z.B. der betrieblich nicht nutzbare Abschnitt bei einer eingleisigen Sperrung. Anschließend erfolgt die Ausregelung für die direkt und indirekt betroffenen Züge der Baumaßnahme, die 24 Wochen vor Baubeginn (z-24) an die Verkehrsunternehmen mit dem Entwurf der Zusammenstellung vertrieblicher Folgen (ZvF-E) kommuniziert werden. Nach einer Stellungnahme werden umsetzbare Anpassungen am Fahrplankonzept für die Baumaßnahme im Endstück der ZvF 15 Wochen vor Baubeginn (z-15) festgeschrieben. Die Feinplanung der ausgeregelten Züge aus der ZvF wird nach der Trassenkonstruktion mit dem Übergabebblatt (ÜB) an die Verkehrsunternehmen übergeben, damit die EVU-seitige Betriebsplanung fortgesetzt werden kann. Abschließend wird die Fahrplananordnung (Fplo) veröffentlicht, damit der für den von Bau betroffenen Zug gültige Fahrplan auf dem Triebfahrzeug und für Betriebsführung und Disposition in der Betriebszentrale verfügbar ist.

Ist ein Zug auf seinem Laufweg von mehr als einer Baumaßnahme gleichzeitig betroffen, dann erhält das Verkehrsunternehmen für jede Ausregelung eine separate ZvF mit den jeweils „lokalen“ Umleitungswegen und Fahrzeitverlängerungen. Diese Vorgehensweise bringt drei Nachteile mit sich:

- Ungenauigkeit Zuglauf: Abhängigkeiten zwischen mehreren gleichzeitig wirkenden Baumaßnahmen werden durch die jeweils isolierte Betrachtung vernachlässigt. Es wird beispielsweise für die Ausregelung der zweiten Baumaßnahme die planmäßige Verspätung aus der ersten Baumaßnahme nicht berücksichtigt, sondern von der Regelfahrplanlage ausgegangen. Es kann ein Zug erst durch die planmäßige Verspätung aus einer Baumaßnahme von einer zweiten Baumaßnahme betroffen sein, das jedoch bei der isolierten Betrachtung in der Regelfahrplanlage nicht erkannt wird, sondern erst später bei der detaillierten Trassenkonstruktion.
- Ungenauigkeit Streckenkapazität: Durch die ungenaue Planung der zeitlichen Lagen von mehrfachbetroffenen Zügen kann es bei der ersten Ausregelung zu nicht erkennbaren Kapazitätskonflikten kommen, die erst später bei der detaillierten Trassenkonstruktion auffallen und gelöst werden müssen.
- Komplexität: Überlagern sich für einen Zug mehrere Baustellen mit unterschied-



Dr.-Ing. Daniel Pöhle

Leiter Fahrplan und Kapazitätsmanagement Region Mitte DB Netz AG, Frankfurt am Main
daniel.poehle@deutschebahn.com



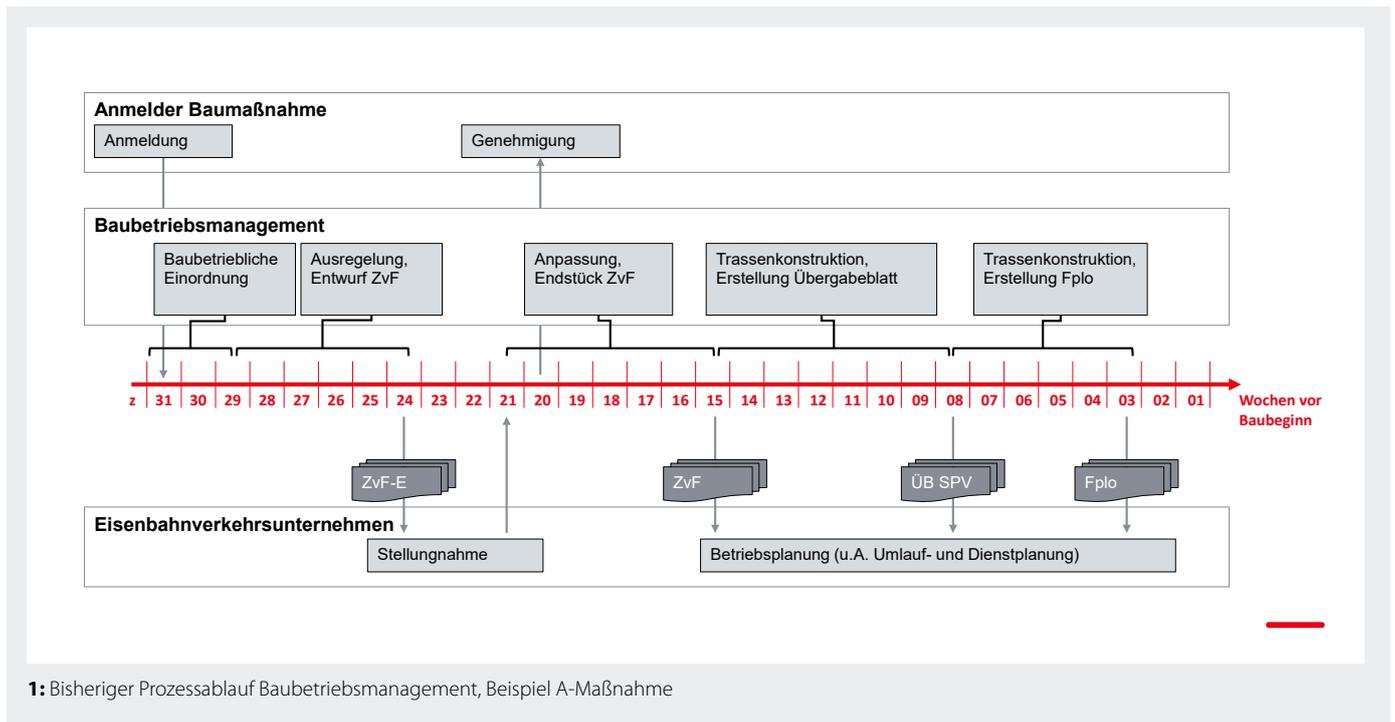
Matthias Hüller

Projektleiter Digitalisierung Region Mitte DB Netz AG, Frankfurt am Main
matthias.hueller@deutschebahn.com



Dr. Jörg Bormet

Leiter Fahrplan und Kapazitätsmanagement Zentrale DB Netz AG, Frankfurt am Main
joerg.bormet@deutschebahn.com



1: Bisheriger Prozessablauf Baubetriebsmanagement, Beispiel A-Maßnahme

lichen Bauzeiträumen, dann ergeben sich aus den Ausregelungen verschiedener ZvF-Dokumente jeweils unterschiedliche resultierende Betroffenheiten, die mühsam zusammengeführt und in Einklang gebracht werden müssen.

Ziele der Prozessumstellung

Das Bauvolumen zum Neu- und Ausbau der Eisenbahninfrastruktur, aber auch zum Erhalt und der Instandsetzung der vorhandenen Anlagen ist in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Das hat zur Folge, dass ein höherer Anteil der Züge von mehreren Baumaßnahmen gleichzeitig betroffen ist als früher. Zusätzlich ist die Verkehrsmenge auf den bereits hoch belasteten Netzteilen in den vergangenen Jahren ebenfalls gewachsen. Für eine pünktliche Betriebsdurchführung ist es notwendig, dass die Strecken nicht über einen längeren Zeitraum deutlich oberhalb der verfügbaren Kapazität ausgelastet sind, da sich sonst die Züge gegenseitig stark behindern, Verspätung auf weitere Züge übertragen wird und somit die Verspätung in weite Netzteile ausstrahlt – das System wird instabil.

Durch Baumaßnahmen wird die verfügbare Kapazität auf der Strecke oder im Knoten eingeschränkt und in der fahrplanerischen Ausregelung muss sichergestellt werden, dass sowohl die Kapazitätsauslas-

tung im Bereich der Baueinschränkung als auch der für Umleitungsverkehr genutzten Strecken begrenzt wird. Deshalb ist es erforderlich, dass auch die von mehreren Baumaßnahmen betroffenen Züge, die in der Regel lange Laufwege quer durch das Streckennetz haben, konsistent von Start bis Ziel in ihrer Kapazitätswirkung geplant und ausgeregelt werden. Um dies sicherzustellen, müssen die Abhängigkeiten zwischen den gleichzeitig wirkenden Baumaßnahmen betrachtet werden, damit eine konsistente fahrplanerische Ausregelung für jeden Zug entsteht.

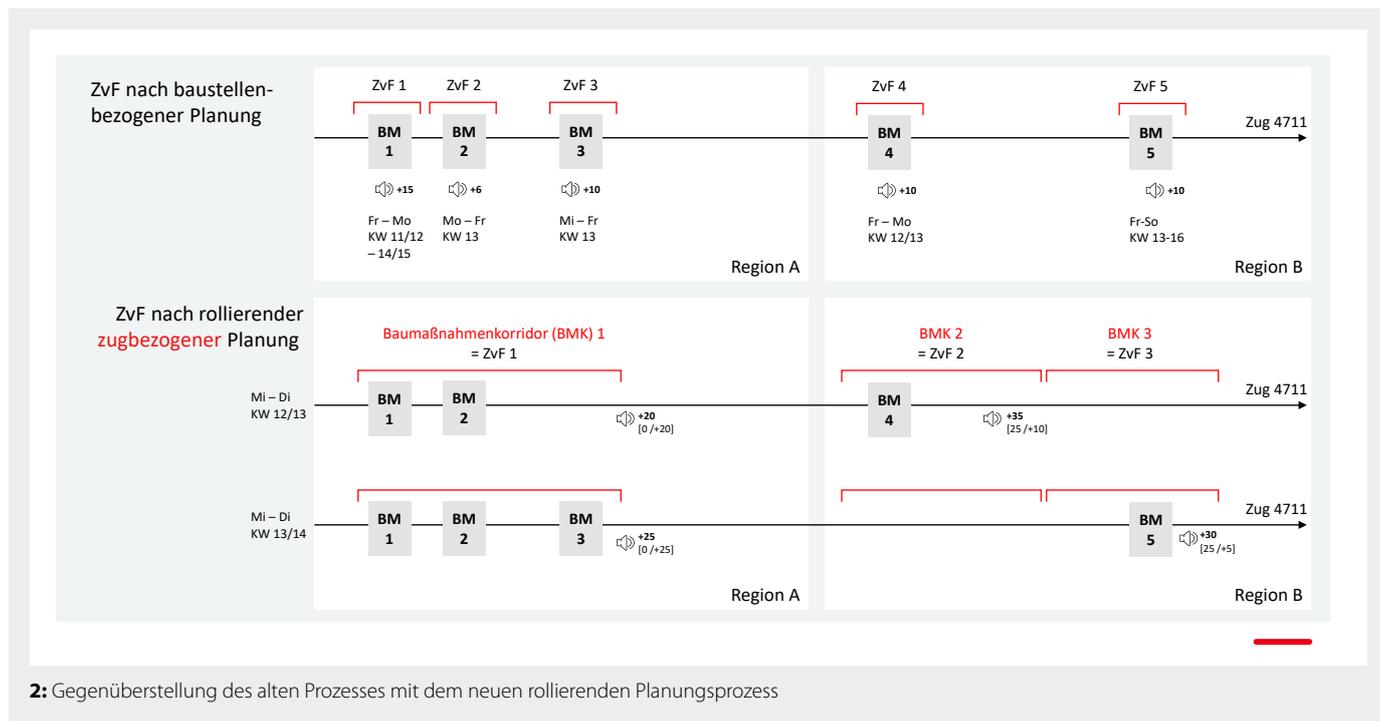
Um das übergeordnete Ziel der Auslastungssteuerung zu erreichen, führt die DB Netz AG die folgenden drei Verbesserungen in der Prozesskette des Baubetriebsmanagements ein:

- Einführung einer Grobplanung der Kapazitätsauslastung bei der baubetrieblichen Einordnung zusätzlicher Baumaßnahmen, noch bevor eine fahrplanerische Ausregelung vorliegt.
- Einführung eines bundesweit synchronisierten rollierenden wöchentlichen Planungsprozesses für die fahrplanerische Ausregelung für den ZvF-Entwurf und das ZvF-Endstück.
- Wöchentliche Bündelung von Baumaßnahmen auf Korridoren zur gemeinsamen Kommunikation der konsistenten Ausregelungen.

Prozessänderung im Detail

Mit der zusätzlichen Grobplanung der Kapazitätsauslastung bei der baubetrieblichen Einordnung neuer Baumaßnahmen wird einerseits die kapazitive Wirkung der Einschränkung auf der Strecke mit Bau bewertet. Bei zu hoher Auslastung müssen Verkehre umgeleitet werden oder auf Teilabschnitten entfallen und durch Ersatzverkehr auf der Straße abgewickelt werden. Andererseits wird auch die kapazitive Wirkung der zusätzlichen Verkehre auf den Umleitungsstrecken kapazitiv bewertet. Somit wird sichergestellt, dass alle gleichzeitig wirkenden Baumaßnahmen kapazitiv verträglich abgewickelt werden können. Diese Grobplanung erfolgt vor der detail-

Die Verkehrsunternehmen erhalten je Woche ein ZvF-Dokument mit den gleichzeitig auf dem Korridor wirkenden Baumaßnahmen, die bei der Ausregelung gemeinsam betrachtet werden.



Stafettenübersicht

Zugnummer	Betroffenheit	Region	Korridor	BTS	Status
708	15.11.2022 11:19:14	Süd	25F810DB99CDE	MP	⚙️ ↓
708	15.11.2022 11:21:39	Süd	25F810DB99CDE	MP	☕ ↓
708	15.11.2022 14:03:31	Südost	24CC11B7B9FD5	UMA	☕ ↓
708	15.11.2022 15:07:06	Südost	25F7ACBABD8F6	LHNWO	☕ ↓
708	15.11.2022 15:26:09	Südost	25E97ECDB93C1	LMD	☕ ↓

3: Stafette mit einer Vorwärtsbearbeitung bei mehreren Baumaßnahmen Quelle: Bildschirmfoto ZvF-Stafette

lierten fahrplanerischen Ausregelung der Züge und wird aggregiert für die Tageszeitscheibe (6-22 Uhr) und für die Nachtzeitscheibe (22-6) durchgeführt. Eine feinere Auslastungssteuerung (z.B. auf Stundenbasis) erfolgt erst mit der zugscharfen fahrplanerischen Ausregelung.

Um eine durchgängige und konsistente zugezogene Ausregelung bei gleichzeitig wirkenden Baumaßnahmen zu erreichen, wird das Streckennetz wochenweise in sogenannte Baumaßnahmenkorridore eingeteilt. Wirkt eine oder mehrere Baumaßnahmen gleichzeitig innerhalb der geplanten Woche, dann erhalten die be-

troffenen Züge dafür auch eine gemeinsame fahrplanerische Ausregelung und sie werden auch in einer gemeinsamen ZvF kommuniziert. Wie in Bild 2 ersichtlich, werden in der Region A nicht mehr drei separate ZvF-Dokumente für die Baumaßnahmen 1-3 veröffentlicht. Stattdessen erhalten die Verkehrsunternehmen je Woche ein ZvF-Dokument mit den gleichzeitig auf dem Korridor wirkenden Baumaßnahmen, die auch bei der Ausregelung gemeinsam betrachtet werden. Gibt es in einer Planungswoche, die immer von Mittwoch 0.00 Uhr bis Dienstag der Folgewoche 23.59 Uhr läuft, keine wirkende Baumaßnahme, dann

wird in dieser Woche für den Korridor auch kein ZvF-Dokument erzeugt (siehe Baumaßnahmenkorridor 2 in der zweiten Planungswoche).

Die konsistente zugbezogene Ausregelung entsteht durch die Festlegung einer Arbeitsreihenfolge (Stafette), wenn der Zug in der Planungswoche auf mehr als einem Korridor von Baumaßnahmen gleichzeitig betroffen ist. Die Ausregelungsinformationen aus dem zuvor liegenden Korridor werden an den nachfolgenden Korridor weitergegeben, damit die planmäßige Verspätung bei der Ausregelung korrekt berücksichtigt und ggf. an den nächsten

Korridor mit einer Betroffenheit weitergegeben werden kann. Dadurch entsteht eine auf dem gesamten Laufweg konsistente Ausregelung für den Zug.

Zur Unterstützung der Arbeitssteuerung wurde parallel zur Prozessarbeit ein neues IT-Werkzeug („ZvF-Stafette“) umgesetzt, das im Prozess die folgenden Aufgaben übernimmt:

- Aufbereitung und Darstellung der Züge mit gleichzeitiger Bau-Betroffenheit in der Planungswoche zur Festlegung der Arbeitsreihenfolge / Stafette, z. B. als Vorwärts- oder Rückwärtsbearbeitung der Korridore.
- Steuerung der Bearbeitungsreihenfolge entlang der Korridore, damit für den Bearbeiter eines Korridors erkennbar ist, ob die Bearbeitung des Zuges bereits möglich ist oder noch Informationen von einem Korridor fehlen.
- Weitergabe der Ausregelungsinformation des Korridors an den nachfolgenden Korridor, damit die Planung fortgesetzt werden kann

Durch die wöchentlich rollierende und zugbezogene Planung in Verbindung mit dem IT-Tool „ZvF-Stafette“ führt die DB Netz AG eine strukturierte Bearbeitung und konsistente Ausregelung der von Baumaßnahmen betroffenen Züge ein.

Zusammenfassung und Ausblick zu Annex VII

Die Prozesseinführung mit dem rollierenden Planungsverfahren wird im Lauf des Jahres 2022 (durch den Planungsvorlauf für Baumaßnahmen im Fahrplanjahr 2023) erstmalig produktiv eingeführt und schrittweise auf das gesamte Netz ausgedehnt.

Über die Neufassung Annex VII der Ril 2112/34/EU hat die Europäische Kommission im Jahr 2017 erweiterte Vorgaben für die frühzeitige Abstimmung des Bauprogramms gemacht und Anforderungen zur Stabilität der abgestimmten Bauplanung definiert, die bis 2028 schrittweise umgesetzt werden. Für die Kommunikation der Ausregelungen werden statt ZvF und Übergabeblatt zukünftig ein Grobplanungs- und ein Feinplanungs-Ergebnis erstellt.

Die jetzt neu eingeführten Prozesse sind aufwärtskompatibel zu den noch ausstehenden Erweiterungen mit der schrittweisen Einführung weiterer Ausbaustufen. Neben der Ausarbeitung für Regelwerk und Prozess ist dafür auch umfangreiche Erweiterung und Modernisierung der IT-Landschaft im Fahrplan und Kapazitätsmanagement vorgesehen. ●

Summary

Capacity control in construction operation management with a new rolling planning process

Capacity planning and schedule control of construction measures have a high influence on an operational process in time. If trains are affected by several construction measures along the route at the same time, the new rolling planning process creates a consistent balancing of trains and enables the control of capacity utilization for routes with construction and for the diversions.

SEHEN WIR UNS IN BERLIN?



Foto: SBB CFF FFS, Paradiso, Ticino / © furrerfrey.ch

Lassen Sie sich an der **InnoTrans Berlin (20.-23.09.2022)** persönlich von unseren Fachleuten beraten. Wir freuen uns auf Ihren Besuch an den Ständen **250 in Halle 26** und **O/120 auf dem Freigelände Süd**.

furrerfrey.ch

Furrer + Frey
baut Fahrleitungen

Digitale Personaldisposition für effizienten Schienenverkehr

In den Klimaschutz-Strategien spielt die Wiederbelebung des umweltfreundlichen Schienenverkehrs eine entscheidende Rolle. Klar ist dabei, dass das fast 200 Jahre alte System Bahn grundlegenden Modernisierungsbedarf hat. Das betrifft neben Assets und Infrastrukturen in hohem Maße auch die komplexe Planung und Disposition des operativen Personals. Menlo79, ein Start-up von Digitalisierungsexperten mit solider Bahn-Erfahrung, hat dafür sein Produkt „WILSON.“ entwickelt – eine digitale, auf Algorithmen und Künstlicher Intelligenz aufbauende Lösung. Die Software verbindet ein Webportal mit mobiler App und ist komplett cloudbasiert. Mit zu den ersten Anwendern der Software-as-a-Service-Lösung gehört die Bentheimer Eisenbahn AG.



Die Diskussionen um die Digitalisierung der Eisenbahn konzentrieren sich häufig auf die großen Investitionen wie beispielsweise elektronische digitale Stellwerke, die europaweite Einführung der digitalen automatischen Kupplung oder die Implementierung des European Train Control System (ETCS). Das sind in der Regel Vorhaben, die von den operativen Playern im Bahngeschäft ohne die entscheidende finanzielle Unterstützung der meist öffentlich-rechtlichen Bahneigentümer kaum zu realisieren sind.

Mehr und mehr stellt sich für die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) aber auch die Digitalisierung von Betriebsabläufen als zwingende Voraussetzung für die Teilhabe am Markt dar. Insbesondere der effiziente Einsatz des operativen Personals wie zum Beispiel Triebfahrzeugführer:innen oder Wagenmeister:innen stellt die Unternehmen dabei vor große Herausforderungen. Neben der Berücksichtigung komplexer Tarifgefüge und Qualifikationsanforderungen sowie in der Regel eines hohen Anteils an kurzfristigen dispositiven Änderungen, müssen sich Branchen-Newcomer dabei ebenso wie Traditionsunternehmen dem Sicherheitsmanagement entsprechend der Leitlinie der Europäischen Eisenbahngesellschaft ERA unterwerfen. Dazu zählen vor allem auch ein zuverlässiger, kontrollierter Datenaustausch und eine gesicherte Dokumentation des Betriebs-

geschehens. Auf der Suche nach einer geeigneten und finanzierbaren Software-Lösung für diese anspruchsvolle Aufgabenstellung traf die Bentheimer Eisenbahn AG auf das Startup Menlo79 und das Produkt „WILSON.“ Die vollständig cloudbasierte Lösung verspricht, ohne großen Investitionsaufwand sämtliche Aufgaben rund um Personalplanung und Personaldisposition schlank und effizient mit der Unterstützung intelligenter Algorithmen in einem modernen Webportal zu bewerkstelligen. Dabei ist die Anwendung maßgeschneidert für die Anforderungen und Rahmenbedingungen des Eisenbahnbetriebs und konfigurierbar für die speziellen Anforderungen von EVU.

In der auf ein Jahr veranschlagten Einführungsphase, die im September 2022 abgeschlossen sein soll, stand das mittelständische Bahnunternehmen im niedersächsischen Grenzland zu den Niederlanden vor erheblichen Umwälzungen. Einerseits musste Software angepasst werden, andererseits waren betriebliche Abläufe zu optimieren. Und es galt, gemeinsam mit dem Betriebsrat, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Innovation zu gewinnen. Dabei stellte sich schnell heraus, dass der digitale Assistent „WILSON.“ mit seinen intelligenten Dispositionsmöglichkeiten den Wünschen und Vorstellungen des Fahrpersonals von der Schichteinteilung stark entgegenkommt. Ausgehend



Joachim Berends

Geschäftsführer der Bentheimer Eisenbahn AG, Vizepräsident des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) und Vorsitzender des Verwaltungsrates Schienengüterverkehr

j.berends@
bentheimer-eisenbahn.de



Gert Meenken

Bereichsleiter Eisenbahnverkehr / Eisenbahnbetriebsleiter der Bentheimer Eisenbahn AG

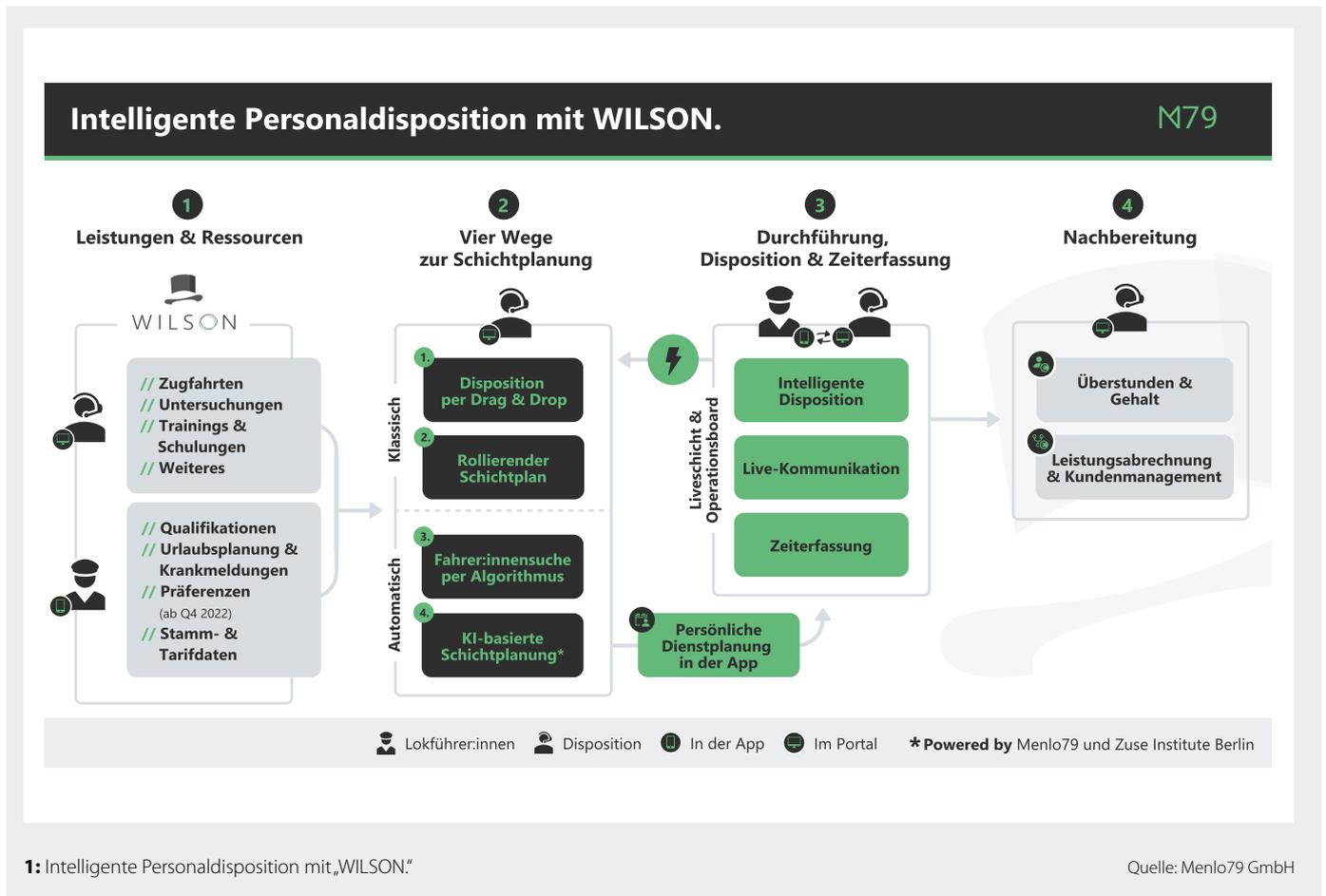
gert.meenken@
bentheimer-eisenbahn.de



Gerrit Koch to Krax

CRO & Head of Transformation der Menlo79 GmbH

gerrit@menlo79.com



von Qualifikationen und Verfügbarkeit können in Zukunft sogar persönliche Präferenzen der Triebfahrzeugführer:innen, etwa hinsichtlich des Tages- oder Nachteinsatzes, für bestimmte Fahrzeugtypen oder Strecken individuell eingespielt und bei der Disposition berücksichtigt werden. Dies ist ein Merkmal, das beim Fahrpersonal mit großem Interesse wahrgenommen und als besondere Wertschätzung seitens des Arbeitgebers gesehen wird. Verbunden mit den einfachen Kommunikationsmöglichkeiten durch die App wird so die Mitarbeiterzufriedenheit gezielt gestärkt.

Die Software unterstützt Disponent:innen dabei nicht nur bei der kurzfristigen Personalsteuerung, sondern behält auch das operative Betriebsgeschehen jederzeit im Blick und bietet weitere Module, zum Beispiel für rollierende Personalplanung, Qualifikationsmanagement und Personalabrechnung. Die Abrechnung von Kundenaufträgen ist insbesondere für Unternehmen, welche die Arbeitnehmerüberlassung oder Personaldienstleistungen erbringen, eine spannende Alternative zur häufig manuellen Abrechnung.

Der Name des Produktes ist eine Verbeugung vor der traditionsreichen Geschichte der Eisenbahn in Deutschland. William Wilson war der aus England stammende Lokführer, der 1835 als erster die in England gebaute Lokomotive „Adler“ auf der Strecke von Nürnberg nach Fürth bediente. Das 2019 gegründete Unternehmen Menlo79 will mit seinem zukunftsweisenden Produkt an den ersten Lokführer in Deutschland erinnern, um die Nähe der Gründer und des Teams zum System Bahn zu dokumentieren: Sie sind zwar von Haus aus Digitalisierungsexperten, doch gemeinsam ist ihnen auch, dass sie über jahrelange breite berufliche Praxis im Sektor Schiene verfügen. Und das nicht nur in der Theorie, sondern auch ganz praktisch als Lokführer und als Trainer für angehende Triebfahrzeugführer:innen.

„WILSON.“ nun als Hightech-Produkt der Digitalisierung: Anders als bei der klassischen industriellen Produktion, etwa in einem Fabrik-Standort, müssen Bahn- und genauso auch andere Logistikunternehmen den permanenten Standortwechsel von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern so-

wie ihrer Assets beobachten, steuern, gegebenenfalls korrigierend eingreifen und letztlich dokumentieren. Für diese hoch komplexen Aufgaben liefert die Software von „WILSON.“ nachhaltige Assistenzfunktionen. Arbeiterleichterungen, die zum einen das operative Geschäft erheblich vereinfachen und zum anderen auch zu betriebswirtschaftlichen Optimierungen führen: Der Aufwand für das Geschäft sinkt spürbar und das wird sich letztlich in der Bilanz widerspiegeln.

Das Portal baut auf den individuellen Stammdaten des jeweiligen EVU auf. Es sammelt und ordnet einerseits die kompletten Personaldaten und andererseits das vollständige Leistungsangebot des EVU auf der Schiene und bringt beides zusammen:

- Das Personal und seine Qualifikationen sind bekanntlich das Rückgrat des unternehmerischen Handelns und eine wesentliche Säule im Dispositionsprozess. „WILSON.“ schafft dafür Grundlagen. Es können Profile für die einzelnen Mitarbeiter:innen des Unternehmens im System angelegt und mit Informationen,

wie z.B. der Funktion und besonderen Qualifikationen angereichert werden. Das geht dann hin bis zu Details, wie beispielsweise Baureihen-, Strecken- und Ortskenntnissen. Das Portal listet die Personaldaten in Übersichten auf; möglich ist auch das Anlegen spezieller Mitarbeitengruppen.

- Die Leistungen des EVU, insbesondere Zug- und Rangierleistungen, sind die zweite Säule für den Dispositionsprozess, der über das „WILSON“-Portal erfasst und gesteuert werden kann. Die Leistungen können per Datenupload bzw. API-Schnittstellen sowie direkt ins System eingestellt werden, bis hin zum Anlegen von Sonderzügen. Mit diesen Informationen erkennt die Software bereits mögliche Fahr- oder Zugabschnitte für die geforderte Zuggleistung. Leistungen werden in der Regel in Schichten mit zusätzlichen Aktivitäten angereichert und dann mit Personal besetzt.

„WILSON.“ führt nun für eine effiziente Disposition Personal und Leistungen zusammen. Wesentlich hierfür ist der „WILSON“-Besetzungsalgorithmus: Er ermittelt, welche Anforderungen für die personellen Besetzungen der jeweiligen Leistung benötigt werden (z.B. Streckenkunde für Zugfahrten oder anderweitige Qualifikationen) und nutzt diese Informationen für das entsprechende Zusammenführen von Leistung und dem zur Verfügung stehenden Personal mit wenigen Klicks. Das System aktualisiert kontinuierlich den Status aller Leistungen. So wird auf einen Blick deutlich, welche Leistungen und Schichten bereits mit Personal besetzt sind und für welche noch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter benötigt werden.

Ein weiteres zentrales Werkzeug dafür ist die Schichtplanung und -steuerung. Die umfassende Zusammenführung von Personaldaten und Leistungs-Portfolio kann in „WILSON.“ sowohl manuell als auch automatisch erfolgen. Rollierende Schichtpläne können für verschiedene Zyklen angelegt, bearbeitet und jederzeit im Portal eingesehen werden. Dabei hat die Software bei jeder Besetzung auch alle tarifvertraglichen Regeln und die individuellen Qualifikationen der eingeplanten Personale immer im Blick.

In den Planungs- und Dispositionsprozess ist das fahrende Personal „draußen“ im Betrieb direkt involviert. Über die „WILSON“-App erhalten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor Ort ihren individuel-

len Schichtkalender auf das Smartphone oder Tablet gespielt, einschließlich der Möglichkeit, via Push-Benachrichtigung über Veränderungen im Schichtablauf aktuell informiert zu werden. Eine Chat-Funktion mit Kontakt zum Disponierenden rundet den Draht zum fahrenden Personal in einer Art Live-Schichtbegleitung über die direkte Kommunikationsschnittstelle ab. Aus der Sicht der Bentheimer Eisenbahn ist in diesem Zusammenhang entscheidend, dass der Informationsfluss nicht nur zwischen Disponent:innen und Triebfahrzeugführer:innen stattfinden kann, sondern dass auch Wagenmeister:innen, Rangierer:innen und die Verkehrsleitung eingebunden sind. Dies beherrscht „WILSON.“ bei Bedarf auch gleich in mehreren Sprachen.

Zu den Unwägbarkeiten des Eisenbahnbetriebes zählen immer wieder Störungen im Betriebsalltag: Fahrzeugausfälle, Streckensperrungen bzw. -überlastungen, Ausfälle von Mitarbeitenden. Für die Disposition bedeutet dies erheblichen Mehraufwand bei der operativen Nachsteuerung, getrieben von dem Bestreben, möglichst schnell zum Regelbetrieb zurückzukehren. Dies ist zu großen Teilen eine Frage einer perfekten Kommunikation zwischen Disponent:innen und Triebfahrzeugführer:innen sowie dem weiteren in die Produktion eingebundenen Personal. Hierfür bietet „WILSON.“ einen lückenlosen und rollenübergreifenden Informationsaustausch – sowie eine intelligente Dispositionsunterstützung in einem zentralen Operations Board. Das System entwickelt Besetzungsvorschläge für die anstehenden offenen Leistungen, mit Suchparametern wie zeitliche Verfügbarkeit, Qualifikationen und Tarifbedingungen. So wird sichergestellt, dass die Rahmenbedingungen der neu entwickelten Schicht allen Anforderungen personell und technisch entsprechen. Der Disponierende hat in diesen Situationen einen kundigen Helfer: Das System verfügt über einen algorithmisch hergeleiteten SmartScore, der jede Dispositionsentscheidung auf die Gesamtproduktivität überprüft. Unnötige Transferleistungen oder Gastfahrten, instabile Leistungsübergänge und Einsatzflexibilität bilden die Berechnungsgrundlage für den SmartScore, der die Disposition mit fünf Noten bewertet: Null Punkte gibt es für die unwirtschaftlichste Entscheidung, fünf Punkte für die sehr wirtschaftliche Entscheidung. Präferenzen der Mitarbeiter werden in Zukunft analog über einen Pref-

Score abgebildet, den der Disponierende ebenfalls berücksichtigen kann.

Bislang ist die Plattform „WILSON.“ auf die Anforderungen des Bahnbetriebes ausgerichtet – nicht zuletzt, um die Wettbewerbsfähigkeit des Schienenverkehrs für die Verkehrsverlagerung und mehr Klimaschutz zu steigern. Doch wie schon angekündigt, eignet sich ein derartiger Dispositionstool auch für andere Unternehmen der Logistik – überall da, wo Personale und Fahrzeuge ständig in Bewegung sind. Aus der Sicht der Bentheimer Eisenbahn bietet die Plattform zudem über das Tagesgeschäft hinaus enorme Chancen, die Planungen der Geschäftsentwicklung auch längerfristig zu unterstützen. Vor dem Hintergrund der aktuellen Kapazitätsprobleme im Schienenverkehr können insbesondere kleinere EVU zuverlässig ihren Ressourcenbedarf abschätzen und ihre Akquisitionen daran ausrichten. Aufgrund seines Aufbaus als cloudbasiertes Software-as-a-Service Modell ermöglicht „WILSON.“ weiterhin auch Newcomern aus der Transportbranche bei sehr geringen Anfangsinvestitionen gute wirtschaftliche Perspektiven für den Eintritt in den Zukunftsmarkt Schienenverkehr. ●

Summary

Digital personal disposition for efficient rail transport – WILSON. keeps rail moving

In climate-protection strategies, the revival of climate-friendly rail transport has a decisive role. It is clear, that the almost 200-year-old rail system is in need for fundamental modernization. This concerns not only assets and infrastructures, but also the complex planning and disposition of the operational staff. For this reason, Menlo79, a start-up of digitization experts with solid rail experience, has developed its product “WILSON.” - a digital solution, based on algorithm and artificial intelligence. The software combines a web portal with a mobile app and is completely cloud-based. Among the first users of the software-as-a-service solution is Bentheimer Eisenbahn AG.

Wirtschaftlichkeit und Mitarbeiterzufriedenheit gleichzeitig verwirklichen

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind im Schienensektor ein knappes Gut. Dennoch liegt die Produktivität des Personaleinsatzes beispielsweise bei Lokführerinnen und Lokführern nur bei rund 50%. „Das Optimierungspotenzial bei der Personaldisposition ist groß“, ist Fabian Stöffler, CEO von Menlo79, überzeugt.

„WILSON.“ ist ein Dispositionsassistent, der ausgehend vom Leistungsangebot des EVU Vorschläge für die Disposition der Lokführerinnen und Lokführer macht. Wie erfolgt die Übernahme des Leistungsangebotes, d. h. gibt es Schnittstellen zu Transportmanagementsystemen (TMS)?

Mit „WILSON.“ haben wir uns auf die Personaldisposition spezialisiert. Dieser Bereich ist so komplex und erfordert eine so hohe Flexibilität, dass eine eigene Softwareanwendung gerechtfertigt ist. Bei einer „großen Lösung“, bei der eine Anwendung alle Bereiche abzudecken versucht, ist es unmöglich, die jeweiligen Einzelbereiche in der notwendigen Tiefe und Komplexität abzubilden. Natürlich kann man für „WILSON.“ Schnittstellen zu Transportmanagementsystemen einrichten. Im einfachsten Fall können die Verkehre und ihre Anforderungen aber auch schnell und unkompliziert über die Webseite eingegeben werden. Damit ist die Unterstützung der Disponenten über das Assistenzsystem auch für kleine und kleinste Eisenbahnverkehrsunternehmen möglich. Die Assistenz senkt den Stress der Disponent:innen und macht dadurch den Beruf auch für Neueinsteiger:innen attraktiver. Da mit „WILSON.“ Wünsche der Lokführerinnen und Lokführer leichter berücksichtigt werden können, steigt auch die Mitarbeiterzufriedenheit. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können besser im Unternehmen gehalten und neues Personal einfacher gewonnen werden.

Menlo79 spricht davon, dass bei „WILSON.“ Künstliche Intelligenz (KI) eingesetzt wird. Auf den ersten Blick scheint es eine zwar komplexe, aber klassische Optimierung zu sein, die es ja schon seit Jahrzehnten gibt. Wo steckt die Künstliche Intelligenz?

Bei klassischen Optimierungen in der Betriebswirtschaft wird auf ein Ziel hin optimiert, in der Regel den wirtschaftlichsten Einsatz einer Ressource. Die Ergebnisse sind dann „stabil“. In der Personaldisposition ändert sich die Situation jedoch tagesaktuell schnell – ein System muss darauf

genauso schnell reagieren können. Die Wirtschaftlichkeit einer Entscheidung spielt natürlich auch bei „WILSON.“ eine Rolle, doch wird gleichzeitig das Ziel „Mitarbeiterzufriedenheit“ verfolgt und bei der Entscheidungsfindung vom System abgewogen. Die KI erkennt im Gegensatz zu klassischen Optimierungen Muster in den Prozessen und lernt über Maschinenlernen aus der Vergangenheit. Wenn zum Beispiel ein Lokführer für einen Verkehr immer umsteigen muss und dieses Umsteigen häufig nicht klappt, merkt sich dies das System. Es macht dann entweder die Disponent:innen darauf aufmerksam, damit sie eine Lösung suchen, oder es ändert von sich aus die Parameter und sieht beispielsweise zukünftig statt 20 dann 45 Minuten Umsteigezeit vor.

Was hat Sie gereizt, eine Anwendung speziell für die Bahnbranche zu entwickeln?

Ich bin Mathematiker und habe unter anderem lange bei der Deutschen Bahn und DB Schenker gearbeitet. Verkehr, Transport und Logistik gehören zu den spannendsten Arbeitsfeldern, wenn man an der Lösung komplexer Probleme interessiert ist. Im Sektor Bahn ist das Optimierungspotenzial bei Personaleinsatz noch sehr hoch, denn die Produktivität liegt durchschnittlich nur bei rund 50%; d.h. Lokführerinnen und Lokführer verbringen nur 50% ihrer Ar-

beitszeit mit produktiver Tätigkeit wie dem tatsächlichen Fahren der Fahrzeuge und der Vor- und Nachbereitung. Die andere Hälfte wird unproduktiv mit Warten, Gastfahrten und ähnlichem verbracht. Dies ist nicht nur eine ineffiziente Nutzung der Ressource Lokführer:innen, sondern frustriert auch das Personal und trägt dazu bei, den Beruf unattraktiv zu machen. Wir brauchen einen effizienteren Einsatz von Arbeitskräften und motivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für das Wachstum des Schienenverkehrs.

Wird Menlo79 mit Wagniskapital finanziert?

Nein. Wir finanzieren uns aus eigenen Mitteln.

Bei „WILSON.Share“ arbeiten Sie zusammen mit Allianz pro Schiene und weiteren Partnern an einer App, die es EVU ermöglichen soll, bei Bedarf auch auf Lokführer:innen aus einem anderen Unternehmen zurückzugreifen. Arbeitskräfte sind im Sektor Eisenbahn heiß umkämpft – wie offen ist der Sektor hier für Kooperation?

In den Gesprächen, die wir mit EVU führen, hören wir Beispiele für Abwerbungen und damit einhergehend durchaus Skepsis in Bezug auf Kooperation. Auf den Sektor bezogen ist diese Skepsis jedoch nicht förderlich. Viel besser ist es, die Unternehmen in die Lage zu versetzen, die individuellen Arbeitszeitwünsche bei den Schichtplanungen umzusetzen. Manche wollen abends grundsätzlich wieder zu Hause bei der Familie sein. Andere genießen es, mehrere Tage durch ganz Europa fahren zu können. Auch hier gilt, dass die Präferenzen nicht statisch sind: Wenn der „Europafahrer“ eine Familie gründet, möchte er oder sie eventuell häufiger zu Hause sein. Deshalb brauchen wir flexible Systeme und Kooperation. Wir müssen heute an einer vernünftigen Lösung für die Branche arbeiten. Wenn man die Steuerungsfähigkeit der Branche insgesamt so steigert, dass die Mitarbeiterzufriedenheit zunimmt, dann gewinnen alle. Wenn nicht, wenn weiter die Unternehmen Personal „mit allen Mitteln“ abwerben und nicht in der Lage sind, zu kooperieren, werden wir die Verkehrswende nicht schaffen. ●



Fabian Stöffler

Co-Founder und CEO
der Menlo79 GmbH



Foto: Deutsche Bahn AG / Wolfgang Klee

22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress

22nd International SIGNAL+DRAHT Congress

HYBRID

 17. – 18. November 2022, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center
17th – 18th November 2022, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center

SIGNAL+DRAHT-Kongress 2022

Das Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Strecke spielt bei der Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik und des Schienenverkehrs insgesamt eine wichtige Rolle. Nach einem grundlegenden Überblick nimmt der 22. Internationale Signal+Draht-Kongress dieses Themenfeld anhand konkreter Beispiele in den Fokus. Von Fragen der Interaktion bei ETCS über ATO und CBTC bis zum Umgang mit Nebenbahnen reichen die Vorträge des ersten Kongresstages. Die Podiumsdiskussion beleuchtet die Frage des Gesamtsystems Bahn noch einmal aus unterschiedlichen Perspektiven.

Auch am zweiten Kongresstag geht es um die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Strecke. Nach einem Seitenblick auf die Entwicklungen im Straßenverkehr geht es um die Nutzung von 5G und die künftige Rolle der Mobilfunknetze sowie deren Sicherheit. Mit Projektberichten zu den LST-bezogenen Aspekten der Digitalen Automatischen Kupplung und des Brenner-Basistunnel rundet ein Blick in die Praxis das Programm ab.

Zum Kongress gehört auch in diesem Jahr 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 ist alternativ auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich.

SIGNAL+DRAHT Congress 2022

The interaction between vehicle and trackside installations plays an important role in the digitalization of control and command technology and of rail transport as a whole. Following an overview of the basics, the 22nd International SIGNAL+DRAHT Congress will focus on this subject through concrete examples. On the first day of the congress the presentations will range from questions of interaction with ETCS via ATO and CBTC to dealing with branch lines. The panel discussion will then illuminate the question of the overall railway system once again, from different perspectives.

*The second day will also deal with communication between vehicle and infrastructure. After a brief look at developments in road traffic, the focus will switch to the use of 5G and the future role – and safety – of mobile radio networks. Using project reports on the CCS-related aspects of Digital Automatic Coupling and the Brenner Base Tunnel, a look at practical application will round off the program. This year's congress will also include the presentation of the SIGNAL+DRAHT Lifetime Achievement Award to an outstanding personality in the CCS industry. Besides the possibility of attending the congress in person in Fulda, with the opportunity for exchange and personal discussions, participation can also be digital via livestream. **The congress will be held in German***

Weitere Informationen und die Anmeldung finden Sie unter:
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022

Further information and the registration at
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022

Organisation | Organisation

Daniela Hennig
Tel.: +49/(0)40/237 14 -355
E-Mail: daniela.hennig@dvvmedia.com

Ausstellung | Sponsoring

Silke Härtel
Tel.: +49/(0)40/237 14-227
E-Mail: silke.haertel@dvvmedia.com

Veranstalter | Organizer

**Eurail
press**

22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress 22nd International SIGNAL+DRAHT Congress

Neues Zusammenspiel von Fahrzeug und Strecke		New interaction between vehicle and track		Referent / Speaker
Donnerstag, 17. November 2022		Thursday, 12 th November 2022		
10:30	Begrüßung		Welcome	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung		Introduction	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:45	Herausforderungen in der Fahrzeug-Strecke-Interaktion – ein Überblick		Challenges in vehicle-route interaction – an overview	Patrick Steinebach, DB Netz
11:15	Kleiner Aufwand, große Wirkung: Fahrzeugausrüstung im Digitalen Knoten Stuttgart		Small effort, big effect: Vehicle equipment in the Stuttgart digital node	Thomas Vogel, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
11:45	Europe's Rail - Ansatz und Zielsetzung		Europe's Rail – approach and objective	Michael Leining, Nextrail GmbH
12:15	ETCS-Umrüstung von Bestandsfahrzeugen		ETCS – retrofitting of existing vehicles	Christine Bode, Siemens Mobility GmbH
12:45	Mittagessen		Lunch	
14:15	Praxiserfahrungen mit ATO over ETCS bei der S-Bahn Hamburg		Practical experience with ATO over ETCS at S-Bahn Hamburg	Christoph Gonçalves Alpoim, S-Bahn Hamburg Boris Dickgießer, Siemens Mobility GmbH
14:35	CBTC-Projekte in Deutschland: Ein Gesamtüberblick und das Vorhaben in Frankfurt		CBTC projects in Germany: a general overview and the project in Frankfurt	Michael Ruffer, Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH (VGF)
15:00	Das Regionalbahnkonzept der ÖBB		The regional railway concept of the ÖBB	Michael Bernt, ÖBB / Martin Taranetz, ÖBB
15:25	Ansatz und Status der ETCS-Ausstattung in Luxemburg		Approach and status of ETCS equipment in Luxembourg	André Feltz, CFL
15:45	Kaffeepause		Coffee Break	
16:35	Podiumsdiskussion: Das Gesamtsystem im Blick: Wie gelingt das Zusammenspiel von Fahrzeug und Strecke?		Panel discussion: Overview of the overall system – how effective is the interaction between vehicle and infrastructure?	Christine Bode, Siemens Mobility GmbH Jan Schröder, DB Netz Prof. Dr. Jochen Trinckauf, TU Dresden Thomas Vogel, MV BW n.n., Rail Cargo Austria (angefragt)
17:25	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2022		SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2022	Bosch / Hundt / Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:00	Abend der Kommunikation		Discussion evening	

Freitag, 18. November 2022		Friday, 18 th November 2022		Referent / Speaker
9:00	Autonomes Fahren wird die Arbeitsweise von Lkws und Bussen verändern – ein Einblick in die Aktivitäten der MAN Truck & Bus SE		Autonomous Driving will change how trucks busses operate - an insight into the activities at MAN Truck & Bus SE	Mikael Edstam, MAN Truck & Bus SE
9:30	5G und FRMCS: Öffentliches vs. privates Netz		5G and FRMCS: Public vs. private network	Raphael Aebersold, Swisscom
10:00	5G und FRMCS: Geschäftsmodelle und Umsetzungskonzepte in Österreich		5G and FRMCS: Business models and implementation concepts in Austria	Wolfgang Grossegger, ÖBB
10:30	Kaffeepause		Coffee Break	
11:00	Modulare IT-Sicherheit bei der Nutzung von Funknetzen		Modular IT security when using radio networks	n.n., (angefragt)
11:25	Die Digitale Automatische Kupplung und ihre Wechselwirkungen mit der LST		Digital Automatic Coupling and its interactions with the CCS	Dr. Jens Engelmann, railable GmbH
11:50	Brenner-Basistunnel: Planung der Ausrüstung – aktueller Stand		Brenner Base Tunnel: equipment planning – current status	Robert Abfalterer, BBT SE
12:15	Ende der Veranstaltung		End of the event	

Deutschlandweit mit einer App unterwegs: Mobility inside ist gestartet

Auf einem Weg mit verschiedenen Verkehrsmitteln oder sogar Verkehrsunternehmen fahren und sich durchgängig über die Verbindung informieren, diese buchen und in einem Prozess zahlen können: Bislang undenkbar, ist diese Vision mit dem Start der ersten App-Version von Mobility inside nun bereits in fünf Verkehrsverbänden Realität geworden.



Tickets im öffentlichen Nahverkehr bequem per App zu kaufen, ist seit einigen Jahren aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Doch bislang endet die Verfügbarkeit nahezu immer an den Grenzen des jeweiligen Verkehrsunternehmens oder -verbundes. Eine weitergehende, auch dienstleistungsübergreifende Vernetzung, beispielsweise mit Leihfahrrädern oder E-Scootern, wird bislang nur punktuell angeboten.

Genau hier setzt das Branchenprojekt Mobility inside (Mi) an. Informieren, buchen und bezahlen, unternehmensübergreifend und multimodal, das bieten die ersten Verkehrsunternehmen und -verbände mit ihren im Play Store (Android) und App Store (iOS) erhältlichen Mi-Apps, über die sich Tickets für alle teilnehmenden Tarife in Deutschland buchen lassen. Während zum Marktstart im April 2022 bereits die Apps von vier Verkehrsverbänden und -unternehmen verfügbar waren, sollen es perspektivisch deutlich mehr werden. Von Beginn an dabei sind die Tarife vom Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV), Münchner Verkehrs- und Tarifverbund (MVG), Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR) sowie Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN). Seit Mitte Juni 2022 ist auch die Tarifzone 110 des Mitteldeutschen Verkehrsverbundes (MDV) über die Mi-App der Leipziger Verkehrsbetriebe verfügbar.

Was sind die Vorteile von Mobility inside?

Nutzerinnen und Nutzer, die eine App mit Mi-Schnittstelle öffnen, erhalten Fahrplanauskünfte, wo möglich sogar in Echtzeit. Außerdem können Einzel- und

Tagestickets der teilnehmenden Tarife direkt in der App gebucht werden; im MVV-, RMV- und VRR-Gebiet sowie in der Tarifzone 110 des MDV-Gebiets gilt dies auch für Kurzstrecken-Tickets. Jede App kann also Fahrkarten der jeweils anderen verkaufen, umfasst dementsprechend alle fünf Tarife. Über eine Schnittstelle mit dem DB Navigator der Deutschen Bahn ist auch der DB-Fernverkehrstarif erhältlich.

Ein praktisches Beispiel: Ein Fahrgast, der von Fürstfeldbruck (bei München) in den hessischen Taunus fahren möchte, nutzt für den gesamten Buchungsprozess eine App mit Mi-Schnittstelle. Auch die Fernverkehrsstrecke kann – derzeit noch per Verknüpfung zum DB-Navigator – gebucht werden.

Komplementiert wird das Angebot durch die Integrationen mehrerer Sharing-Anbieter – ebenfalls mit Deeplink-Verbindung in den Buchungsprozess der jeweiligen Anbieter-App. Das heißt: Die Buchung kann direkt beim Anbieter durchgeführt werden, wichtige Informationen (wie beispielsweise die Verfügbarkeit des ausgewählten E-Scooters oder Leih-Fahrrads) werden allerdings bereits vor dem Buchungsprozess noch in der Mi-App angezeigt. Bereits seit dem Start dabei sind die Sharing-Angebote von ShareNow, Miles, Tier, Call a Bike, nextbike und MVG Rad.

Wie die Mobility inside Apps aktuell funktionieren

Momentan bauen die Akteure auf einer „White-Label-Version“ auf. Dies bedeutet, dass beispielsweise Nutzerinnen und Nutzer der herkömmlichen RMV-App die App



Jörg Puzicha

Geschäftsführer Mobility inside Holding GmbH & Co. KG und Mobility inside Verwaltungs GmbH
kommunikation@mobility-inside.de



Britta Salzmänn

Geschäftsführerin Mobility inside Holding GmbH & Co. KG und Mobility inside Verwaltungs GmbH
kommunikation@mobility-inside.de

Foto: Mobility inside

Foto: Mobility inside



1: Die App des RMV kann, wie jede App mit Mi-Schnittstelle, auch Fahrkarten der jeweils anderen Tarife verkaufen
Quelle: Mobility inside



2: Die Vernetzung steht im Vordergrund: Mobility inside verfolgt das Ziel, Tarife und Auskunftssysteme zu vernetzen, so dass Fahrgäste per App verkehrsmittel- und regionsübergreifend buchen können
Quelle: Mobility inside

des RMV mit Mi-Verknüpfung noch gesondert heruntergeladen und sich entsprechend auch noch gesondert anmelden müssen. Perspektivisch verfolgen die Mi-Partner unterschiedliche Ansätze: Der am häufigsten angestrebte Weg ist die Integration der Mi-App in die Hauptapplikation. Ziel beim RMV ist beispielsweise, bereits im ersten Halbjahr 2023 Mi in die neue RMVgo-App zu integrieren. Es gibt aber auch Akteure, die planen, die „Zweit-App“, also die auf der White-Label-Version basierende Mi-App, zur Hauptapplikation auszubauen. Dabei handelt es sich um Verkehrsunternehmen, die aktuell noch keine eigene App haben oder deren App im Handling oder Funktionsumfang nicht mehr up to date ist.

9-Euro-Ticket: Mobility inside realisiert Erwerbsoption über eigene App

Ergänzend zu den erwähnten Angeboten und Funktionsweisen fungiert Mi auch im Rahmen des Gültigkeitszeitraums des 9-Euro-Tickets, das von Juni bis August 2022 deutschlandweite Fahrten in Bussen und Bahnen des Nahverkehrs für 9 Euro pro Kalendermonat ermöglicht, als Mobi-

litätspartner und ermöglicht über die neu erstellte „9-Euro-Ticket-App“ den Erwerb per Smartphone. Damit haben insbesondere jene Kundinnen und Kunden die Möglichkeit, das 9-Euro-Ticket per App zu erwerben, in deren Heimatregion das Ticket bislang nicht per App oder über andere digitale Wege angeboten wird.

Wie sich Mobility inside aktuell finanziert und wie das Projekt zukünftig getragen werden soll

In der Startphase gibt es eine Anschubfinanzierung durch die Einlagen der Gesellschafter – in Summe sind dies 20 Millionen Euro. Hinzu kommt eine Förderung des Bundes in Höhe von 10 Millionen Euro. Das langfristige Ziel ist, dass sich Mi nach der Startphase durch Gebühren trägt, die von den Teilnehmern für die Dienstleistung gezahlt werden – zu nennen ist diesbezüglich das Hintergrundsystem des Ticketverkaufs. Aber auch weitere Leistungen, wie beispielsweise die Akquirierung von Fördermitteln, kann von Mi für die Kunden gegen Bezahlung übernommen werden. Dies ist für Unternehmen besonders attraktiv, da

Mobility inside bedeutet den Beginn eines neuen Zeitalters für den ÖPNV. Wir verlassen das Prinzip, dass Verkehrsverbünde und -unternehmen sich darauf beschränken, den eigenen Tarif zu verkaufen. Mit Mobility inside lassen wir unseren Ankündigungen Taten folgen und bieten anbieter- und verkehrsmittelübergreifende Tarife für bereits 40 % der Einwohnerinnen und Einwohner in Deutschland.

Ingo Wortmann, VDV-Präsident, Vorsitzender der Geschäftsführung der Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) und Geschäftsführer Mobilität der Stadtwerke München (SWM)

die Kosten im Vergleich zu finanziell selbst gestemmt, umfangreichen Infrastrukturmaßnahmen verhältnismäßig gering sind.

Wie Mobility inside mittelfristig weiterwachsen soll

Aktuell lassen sich mit den teilnehmenden Partnern 40 Prozent der Bevölkerung in Deutschland erreichen. Perspektivisch soll diese Zahl deutlich wachsen.

Eine Herausforderung beim Wachstum sind die Voraussetzungen, die für eine Teilnahme bei Mi erfüllt werden müssen. Beispielsweise muss der jeweilige Tarif digital nach dem VDV-Standard „PKM“ vorliegen. Falls das Tarifmodell eines Partners sich nicht über diesen Weg einbinden lässt, wird aber eine separate Schnittstelle definiert und umgesetzt – zum Beispiel bei in Echtzeit zu tätigen Fahrzeug-Reservierungen oder anderen Funktionalitäten bei unter anderem den Sharing-Anbietern.

Außerdem sollten die Teilnehmer (allein schon aus Eigeninteresse) auch eine Kontrollfähigkeit der Mi-Tickets herstellen und über entsprechendes Kontrollgerät verfügen. Auch die Bereitstellung von Echt-

zeitdaten ist ein entscheidender Baustein, der von Teilnehmern nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollte.

Mobility inside steht allen offen

Grundsätzlich steht die Plattform als Branchenlösung allerdings allen offen. Dabei können die Partner wählen, wie tief sie bei Mi einsteigen und wie eng sie ihre Systeme anbinden möchten. Damit Mi zum deutschlandweiten Erfolg wird, ist es von essentieller Bedeutung, immer neue Partner zu gewinnen und in der Fläche erfolgreich zu wachsen. Besonders im Fokus von Mi stehen regionale Erweiterungen der Tarife sowie Landstarife und große Kommunen in bislang noch unerschlossenen Regionen.

Um dieses Ziel zu erreichen, spielen natürlich auch Förderungen eine entscheidende Rolle – dabei setzt die Plattform stark auf Fördermittel des Bundes. Innerhalb der Richtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) haben bereits mehrere Branchenpartner eine Förderung zum Anschluss an Mi erhalten. Aktuell stehen über diese Richtlinie wieder Mittel für Interessenten offen. Mi ist in enger Abstimmung mit den Bundesministerien, um auch in Zukunft für eine Unterstützung der Branche zu werben.

Positiv zu vermerken ist, dass es viele Interessenten gibt, die eine Teilnahme an Mi anstreben. Dabei steht stets der Grundgedanke, dass Akteure nicht nur ihren eigenen Tarif zur Verfügung stellen, sondern nach dem Prinzip des gegenseitigen Verkaufs auch Mi nutzen, um selbst die Tarife der anderen Teilnehmer zu verkaufen, im Fokus.

Herausforderung Übergangstarife

Eine Herausforderung sind die Übergangstarife zwischen den Verbundgebieten. Wo Landstarife existieren, werden diese eingebunden. Die kleinteilige Koordinierung der angrenzenden Verbünde für die ein- und austretenden Verkehre (also der Tarifbrechpunkte) sind jedoch eine Aufgabe, die Mi zwar anstoßen und treiben kann, die am Ende aber die Verbünde gemeinsam regeln müssen. Mi sieht die Bildung von regionalen Kompetenzzentren und nationalen Arbeitsgruppen vor, die diese Prozesse bündeln können.

Stetige Verbesserung der Apps geplant

Während aktuell zur Einführung noch einzelne Bestandteile einer Fahrtenkette einzeln gekauft und bezahlt werden müssen, ist das selbsterklärte Ziel, die Bezahlung in nur einem Schritt zu ermöglichen. Ebenfalls soll die Fahrkartenanzahl reduziert werden, getreu dem Motto: „Eine Fahrkarte für eine Reise“. Momentan handelt es sich zwar noch um einzelne Fahrkarten, diese werden allerdings bereits jetzt gesammelt angezeigt. Eine weitere geplante Anpassung ist der Verkauf von Tagestickets im Vorfeld, um beispielsweise Reisenden schon vorab eine Buchung für ihren Wunschtermin zu ermöglichen und somit die Reiseplanung zu erleichtern. Aktuell gilt noch die Einschränkung, dass Tageskarten nur tagesaktuell gekauft werden können.

Zusammenfassung

Mobility inside verfolgt das Ziel, Tarife und Auskunftssysteme zu vernetzen, so dass Fahrgäste per App verkehrsmittel- und regionsübergreifend buchen können. Im April 2022 ist die erste App-Version in die Stores gegangen. Diese wird schrittweise um zusätzliche Funktionen, Tarife und Partner erweitert und kontinuierlich optimiert, um schließlich auf die komplette ÖPNV- und Mobilitätsbranche ausgerollt zu werden. Zukünftig können Partner die Plattform auch in ihre hauseigene App integrieren.

Die Attraktivität des öffentlichen Nahverkehrs stärken und so die Mobilitätswende realisieren: Das leistet Mobility inside, indem es auf einer Plattform deutschlandweit und verkehrsmittelübergreifend „Informieren, Buchen und Bezahlen“ bietet. So sieht die vernetzte Zukunft der Mobilität aus, die wir bereits 2023 für unser Verbundgebiet in die RMV-App integrieren wollen.

Prof. Knut Ringat, VDV-Vizepräsident, Geschäftsführer sowie Sprecher der Geschäftsführung des Rhein-Main-Verkehrsverbundes und Vorsitzender der Gesellschafterversammlung der Mobility inside Verwaltungs GmbH wie auch der Mobility inside Holding GmbH & Co. KG



STRASSENBAHNEN AM LAUFEN HALTEN

Schützen Sie Ihre Traktionsmotoren vor Lagerschäden

Immer mehr Straßenbahnen werden mit Traktionsmotoren mit Frequenzumrichterregelung angetrieben. Den zahlreichen Vorteilen von Frequenzumrichtern steht jedoch ein gravierender Nachteil gegenüber: Sie können Spannungen an die Motorwellen induzieren, die sich durch ihre Lager entladen und Lochfraß, Wellenbildung bis hin zum Motorausfall verursachen.

Ohne Lagerschutz können Motorausfälle die Einsparungen, die durch Frequenzumrichter erzielt werden können, schnell wieder zunichtemachen – mitunter kann es die Straßenbahnbetreiber sogar sehr teuer kommen.

AEGIS® Wellenerdungsringe: Millionenfach bewährt

AEGIS® Wellenerdungsringe schützen weltweit bereits über zwei Millionen Motoren vor schädlicher Wellenspannung – sicher und langfristig. Bekannte Hersteller setzen auf Motoren mit integrierten Wellenerdungsringen.

AEGIS® Wellenerdungsringe stehen für Motoren mit Wellen bis 800 mm Durchmesser zur Verfügung. Voll- oder Splittringe ermöglichen den einfachen, nachträglichen Einbau auf nahezu jeden Motor.

Besuchen Sie uns:
InnoTrans 2022
 Berlin, 20.–23.09.2022
 Halle 21-730



www.est-aegis.com

**Electro
 Static
 Technology™**
 An ITW Company

Preisbereitschaften für Bahnfernreisen und Möglichkeiten der Beeinflussung durch das Marketing

Eine empirische Untersuchung in Deutschland

Die Kenntnis der Höhe der Preisbereitschaften und der Hebel, diese zu beeinflussen, ist für das Preismanagement von zentraler Bedeutung. Im Frühjahr 2022 ergeben sich für den Bahnfernverkehr gute Chancen, an die Nachfragedynamik zu Beginn des Jahres 2020 anzuknüpfen. Der Grund: Günstige Angebotspreise in Verbindung mit einer verbesserten Wertanmutung für Bahnfernreisen.



1. Kann die Nachfragedynamik im DB Fernverkehr an den Jahresbeginn 2020 anknüpfen?

Nach einem Rekordjahr in puncto Anzahl an Fahrgästen (150 Mio.) [1], erschienen die Chancen für den DB Fernverkehr noch besser für das Jahr 2020. Preissenkungen durch die Reduzierung der Mehrwertsteuer machten sich unmittelbar bemerkbar und führten Anfang des Jahres 2020 zu einem weiteren Nachfrageschub. Dann kam die Corona-Krise, unter der der Verkehrsträger Bahn besonders zu leiden hatte. Hier half auch die Meldung eines neuen Pünktlichkeitsrekords bei der Bahn in 2020 wenig [2]. Lukrative Kundensegmente wie Geschäftsreisen großer Firmen lösten sich im ersten Krisenjahr fast über Nacht komplett auf [3]. Möglicherweise kann das „Tal der Tränen“ aber in 2022 durchschritten werden. Die Deutsche Bahn meldete, sie habe über die Ostartage 20 % mehr Fahrgäste befördert als vor Ausbruch der Krise (2019), bei einer mittleren Auslastung der ICE- und IC-Züge von 54 % [4]. Das lässt hoffen, der DB Fernverkehr könne wieder an die Nachfragedynamik wie zum Jahresbeginn 2020 anknüpfen. Für den Sommer 2022 wird eine gegenüber Vorjahr um 20 % erhöhte Sitzplatzkapazität angekündigt,

um den erwarteten Anstieg der Reisenden abzufedern („Die Reiselust ist in diesem Sommer grösser als je zuvor“) [5].

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

- Wie nachhaltig kann das seit Frühjahr 2022 gemeldete Nachfragewachstum für den DB Fernverkehr sein? Welche Erkenntnisse lassen sich dazu aus Zeitreihenanalysen mit Bewertungen zur wahrgenommenen Attraktivität der Bahn vor und während der Corona-Pandemie gewinnen?
- Welche Bedeutung haben Sparpreise als dominierende Ticketart für einen Nachfrageschub im Bahnfernverkehr?
- Wie hoch sind die Zahlungsbereitschaften für Sparpreis-Tickets unter den veränderten Rahmenbedingungen (Öffnung der Corona-Beschränkungen, historisch hohe Spritpreise in Feb./Mrz. 2022 – auch infolge der Ukraine-Krise)?
- Was sind die wesentlichen Treiber für die Höhe der Zahlungsbereitschaften und wie lassen sich diese durch eine besondere Darstellung des Preises beeinflussen?

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



Prof. Dr. Andreas Krämer

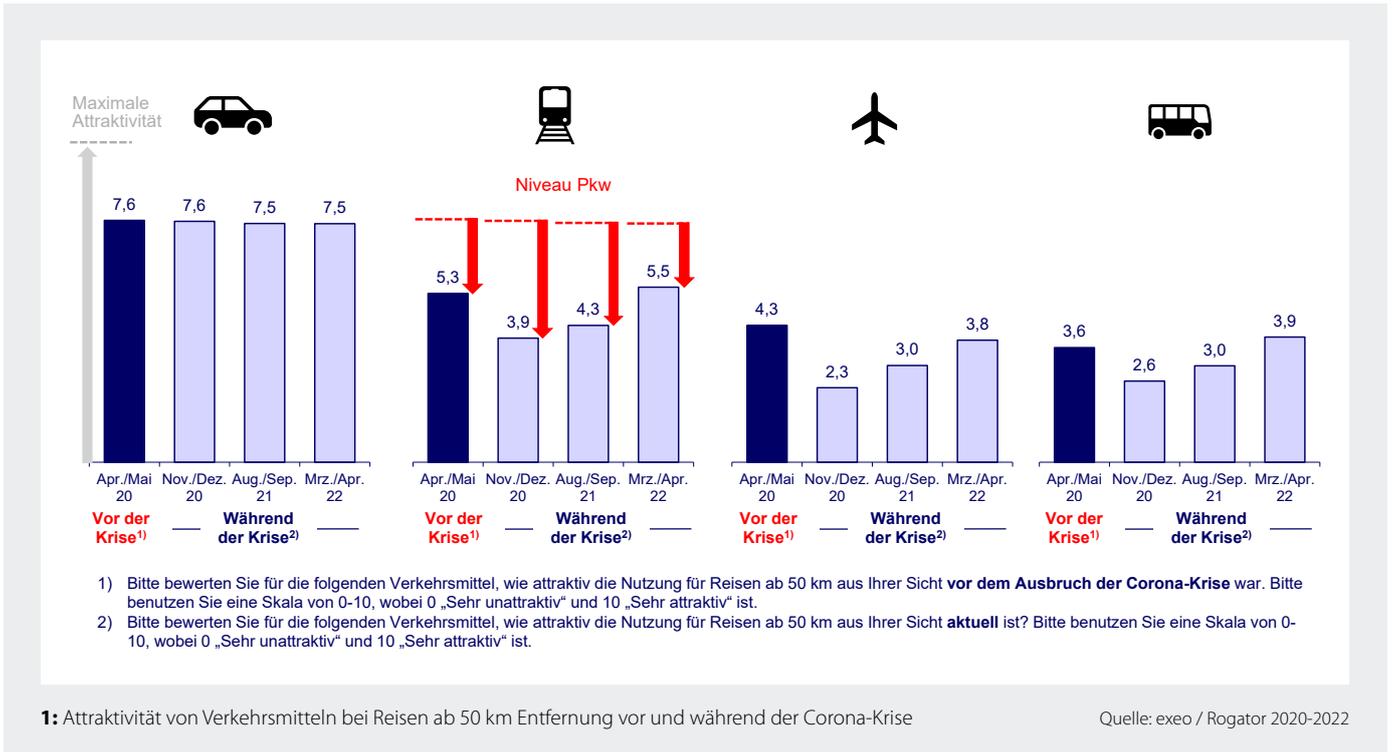
Gründer und Vorstandsvorsitzender der exeo Strategic Consulting AG, Bonn

andreas.kraemer@
exeo-consulting.com

2. Studiendesign und Methodik

Basis der folgenden Überlegungen sind Ergebnisse der Studienreihe OpinionTRAIN, einer Kooperationsstudie der exeo Strategic Consulting AG und der Rogator AG, welche u.a. das Mobilitätsverhalten der Menschen in der Krisensituation mehrmals während der Corona-Pandemie erfasst hat.

Seit April/Mai 2020 wurden in Deutschland vier Untersuchungswellen durchgeführt, wobei der methodische Ansatz jeweils vergleichbar ist (Onlinestudie 18+ Jahre, Teilnehmerrekrutierung über ein Online-Access-Panel). Mittels differenzierter Gewichtung wird die Repräsentativität sichergestellt. Dabei werden unterschiedliche Sekundärdaten und -erhebungen herangezogen. Die aktuellen Ergebnisse



stammen aus dem März/April 2022 und konzentrieren sich nur auf Deutschland, während die ersten drei Wellen weitere Länder einbezogen hatten [6]. Die Erhebung umfasst n=1.357 Befragte.

3. Wahrnehmung der Attraktivität von Verkehrsmitteln im Zeitverlauf

Innerhalb der einzelnen Untersuchungswellen 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“). Für die erste Messung im März/April 2020 liegt auch eine Bewertung für die Phase unmittelbar vor Beginn der Corona-Krise vor [7]. Wie Bild 1 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 stark reduziert waren, also relativ erheblich an Wettbewerbskraft gegenüber dem Pkw einbüßten. Aktuell wird die Attraktivität der Bahn (Mittelwert 5,5) besser eingeschätzt als vor Ausbruch der Corona-Krise (Mittelwert 5,3). Im Nov./Dez. 2020 wurde mit einem Wert von 3,9 die schlechteste Bewertung gemessen. Damit ergeben sich aktuell gute Chancen für eine starke Nachfrageerholung bei Bahnfernreisen. Die historisch hohen Spritpreise haben beim Pkw (noch) nicht zu einem Minus im Attraktivitätsurteil der Verbraucher geführt, möglicherweise werden aber die Alternativen zum Auto gerade deshalb besser bewertet.

Tabelle 1: Aktuelle Attraktivität von Verkehrsmitteln bei Reisen ab 50 km nach Teilsegmenten

Kennziffern	Einheit	Altersklasse			Wohnort ⁵⁾		
		<30 J.	30-59 J.	60+ J.	Klein	Mittel	Groß
Bewertung Pkw ¹⁾	Punkte	7,1	7,5	7,7	7,9	7,5	6,8
Bewertung Bahn	Punkte	5,7	5,5	5,2	5,0	5,4	6,3
Bewertung Flugzeug	Punkte	4,4	4,0	3,2	3,2	4,0	4,4
Bewertung Fernbus	Punkte	4,3	4,0	3,5	3,6	4,0	4,2
Bahn >= Pkw ²⁾	%	45%	42%	37%	34%	44%	58%
Bahnnutzer ³⁾	%	43%	28%	18%	23%	27%	39%
Bahnerwäger ⁴⁾	%	28%	30%	30%	28%	31%	28%

1) Bitte bewerten Sie für die folgenden Verkehrsmittel, wie attraktiv die Nutzung für Reisen ab 50 km aus Ihrer Sicht aktuell ist. Bitte benutzen Sie eine Skala von 0-10, wobei 0 „Sehr unattraktiv“ und 10 „Sehr attraktiv“ ist.
 2) Bewertung der Bahn gleich gut oder besser als die des Pkw.
 3) Wenn Sie an Reisen ab 50 km in den letzten 12 Monaten denken: Berücksichtigen oder nutzen Sie dabei die Bahn?
 4) Personen, die die Bahn in den letzten 12 Monaten nicht genutzt haben, die aber die Bahn bei Reisen ab 50 km in Erwägung ziehen.
 5) Wie viele Einwohner hat der Ort, in dem Sie wohnen? Klein: <10.000 Einwohner, Mittel: 10.000 bis <500.000 Einwohner, Groß: 500.000+ Einwohner.

Neben dieser Zeitreihenanalyse lassen sich durch Querschnittsbetrachtungen weitere Erkenntnisse gewinnen, zum Beispiel, in welchen Teilsegmenten die Wahrnehmung der Bahn besonders vorteilhaft ist. Eine differenzierte Sicht nach Altersklassen und Wohnortgröße liefert weitere Aufschlüsse (vgl. Tab. 1). In der Erhebung im März/April 2022 gab gut ein Viertel der Befragten an, die Bahn auf Strecken ab 50 km zu nutzen. Höhere Nutzungsquoten als im Durchschnitt werden für jüngere Personen (unter 30 Jahren, 43%), für Menschen, die in Städten ab

...

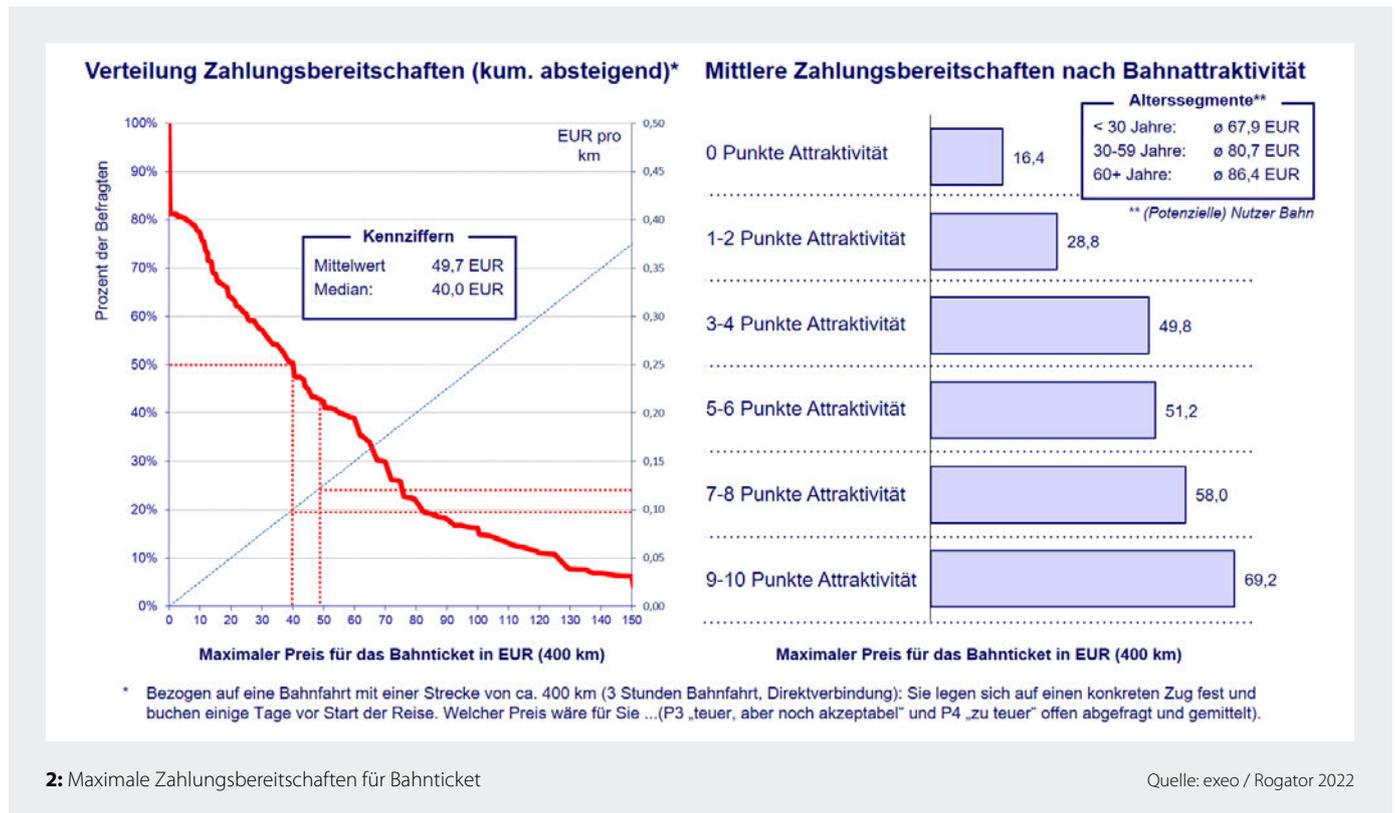


Tabelle 2: Strukturvergleich der Experimentalgruppen

Kennziffern	Einheit	Gruppe 1 Kontrolle	Gruppe 2 Exper. A	Gruppe 3 Exper. B	Statistische Signifikanz / Effektstärke ³⁾
Bahn: Heavy-User ¹⁾	%	15%	19%	13%	$\chi^2(4) = 4,0; p = 0,35;$ Cramér's V = 0,04
Bahn: Low-Medium	%	46%	46%	49%	
Bahn: Non-User	%	39%	35%	38%	
Alter: < 30 Jahre	%	21%	19%	18%	$\chi^2(4) = 7,3; p = 0,12;$ Cramér's V = 0,05
Alter: 30-59 Jahre	%	53%	47%	55%	
Alter: 60+ Jahre	%	26%	34%	27%	
Wohnort: Klein ²⁾	%	33%	27%	32%	$\chi^2(4) = 4,1; p = 0,39;$ Cramér's V = 0,04
Wohnort: Mittelgroß	%	48%	53%	51%	
Wohnort: Groß	%	19%	21%	17%	

1) Wie häufig haben Sie die Bahn vor Ausbruch der Corona-Krise (vor März 2020) auf längeren Strecken (>50 km) genutzt? Heavy-User = „Täglich“, „Fast täglich“ und „An mehreren Tagen pro Woche“.
2) Klein: <10.000 Einwohner, Mittelgroß: 10.000 bis <500.000 Einwohner, Groß: 500.000+ Einwohner.
3) Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht statistisch signifikant, die Effektstärke ist unter dem Level „Gering“.

500.000 Einwohner leben (39%) und für Befragte ausgewiesen, die die Bahn als Verkehrsmittel besonders attraktiv beurteilen. Die Zielgruppe der jüngeren Reisenden scheint für das Nachfragewachstum der Bahn besonders wichtig zu sein. Zusätzlich zur hohen Nutzerquote geben 28% der Studienteilnehmer an, die Bahn zwar in den letzten 12 Monaten nicht genutzt zu haben, aber diese bei Reisen

zu berücksichtigen. Gleichzeitig ist das Teilsegment der Bahn-Ablehner hier besonders klein. Entsprechende Potenziale im Zielgruppen-Marketing hat der DB Fernverkehr bereits adressiert und bietet mit dem Super Sparpreis Young ein preislich besonders attraktives Angebot für Reisende unter 27 Jahren an. Außerdem wird für die Zielgruppe die preisgünstige My BahnCard 25 / 50 angeboten.

4. Die Zahlungsbereitschaften für Tickets im Bahnfernverkehr

Die Kenntnis der Preisbereitschaft der (potenziellen) Kunden stellt im Preismanagement eine zentrale Voraussetzung dar, um in der Lage zu sein, Umsatz- oder Gewinn-orientiert Preise setzen zu können (vgl. [8], [9]). Für den Bahnfernverkehr trifft dies auch zu, wobei das Angebot einer Vielzahl von Produkten oder Produktvarianten (Zugtyp, Verbindungstyp, Klasse etc.) und ebenfalls Tariftypen zu berücksichtigen sind, die in der Kombination zu einer erheblichen Komplexität führen [10].

Im weiteren Kontext wird die Betrachtung auf das Segment Sparpreise gerichtet. Dieses Ticketsegment war bereits vor der Corona-Krise ein wichtiger Motor des Nachfragewachstums [11] und hat bereits seit längerem eine höhere Fahrtenbedeutung als die Flexpreise [12].

4.1. Sparpreistickets in der Wahrnehmung potenzieller Reisender

Aktuell kennen fast 60% der deutschen Bevölkerung (Super) Sparpreise der Bahn, etwa jeder Vierte hat diese bereits genutzt. Während die Preise im Bahnfernverkehr seit

Wenn es gelingt, das Image, die operative Performance und die Customer Experience zu verbessern, sind höhere Preisbereitschaften die Folge.

der MwSt.-Absenkung im Frühjahr 2020 relativ niedrig liegen, werden Kraftstoffpreise pro Liter oberhalb der 2 EUR-Schwelle in 2022 fast zur Regel. In Deutschland war dies sogar der Grund dafür, dass die Regierung im Apr. 2022 ein spezielles Entlastungspaket für Verbraucher verabschiedete (u.a. Steuersenkung bei Kraftstoffen, Einführung des 9-Euro-Tickets). Selbst wenn Autofahrer nur die variablen Kosten in ihre Kalkulation aufnehmen (meist werden noch andere Kosten einbezogen [13], [14]),

sind dies für eine Autofahrt von beispielsweise 400 km Ausgaben zwischen 50 und 70 EUR (einfache Strecke). Für einen Super Sparpreis fallen demgegenüber i. d. R. Preise von 25-35 EUR pro Fahrt an (2. Klasse, bei Buchung deutlich vor dem Reisetag; April/Mai 2022). Diese Rahmenbedingungen dürften dafür verantwortlich sein, dass der wahrgenommene Wert der Sparpreis-Tickets für Bahnfernreisen derzeit erhöht ist.

4.2. Methodik zur Messung der Zahlungsbereitschaft

Auf eine ausführliche Darstellung der unterschiedlichen Instrumentarien zur Messung von Zahlungsbereitschaften wird an dieser Stelle verzichtet. Zur weiteren Vertiefung ist auf die umfangreiche Literatur zu diesem Thema zu verweisen ([15],[16]). Stattdessen erfolgt eine kurze Beschreibung des genutzten Instrumentariums „PSM-Plus“. Anstelle einer direkten offenen Abfrage zum maximal akzeptablen Preis

[17] oder einer indirekten Methode wie dem Conjoint Measurement [18] wird der Van Westendorp-Ansatz (Abfrage von 4 Preispunkten) in einer modifizierten und erweiterten Form genutzt. Dabei werden die Preispunkte „teuer, aber noch akzeptabel“ (Preispunkt P3) und „zu teuer, so dass nicht mehr gekauft wird“ (Preispunkt P4) als Schätzwerte für die tatsächlichen Zahlungsbereitschaften herangezogen und gemittelt [19]. Begründung: Mit dem Preispunkt „teuer, aber akzeptabel“ wird die Zahlungsbereitschaft nicht getroffen (unterschätzt). Beim Preispunkt „zu teuer“ erfolgt kein Kauf mehr, d. h. der Preis liegt oberhalb der maximalen Preisbereitschaft des Verbrauchers [16].

4.3. Zahlungsbereitschaft für Sparpreis-Tickets und deren Treiber

Die beiden Preispunkte wurden nach der folgenden Einleitung erfasst: „Bezogen auf eine Bahnfahrt mit einer Strecke von



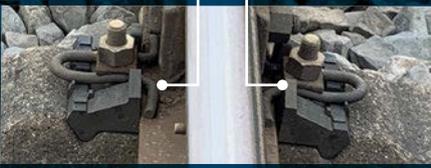
InnoTrans 2022
20-23 SEPTEMBER
BERLIN

Besuchen Sie uns in der
Halle 21, Stand 230



ShimLift®

Höhenverstellbare Schienenbefestigung bis 29 mm – die revolutionäre Lösung für die Instandhaltung von Übergangszonen mit Schwellenhohllagen an Brücken, Bahnübergängen und Isolierstößen.

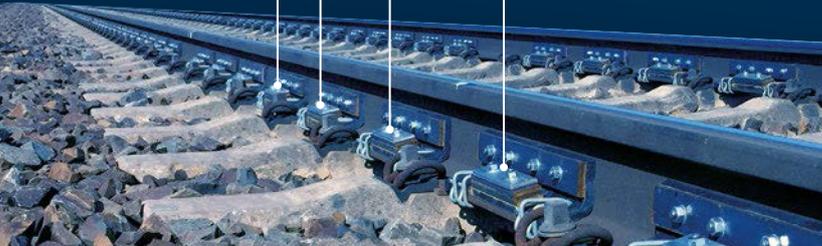


WE MAKE THE WORLD A BIT MORE QUIET

Entwickelt für Deutschland – Weltweit im Einsatz

VICON AMSA Schienenstegdämpfer –
Not a vision but reality

Wertschöpfung durch Mehrwert
Made in Germany
Nachhaltig
Zertifiziert





Schrey & Veit
Shock, Vibration & Noise Control

Schrey & Veit GmbH
Graf-von-Sponheim-Str. 2
55576 Sprendlingen / GERMANY
Tel.: +49 (0) 6701 205 84-0 • www.sundv.de



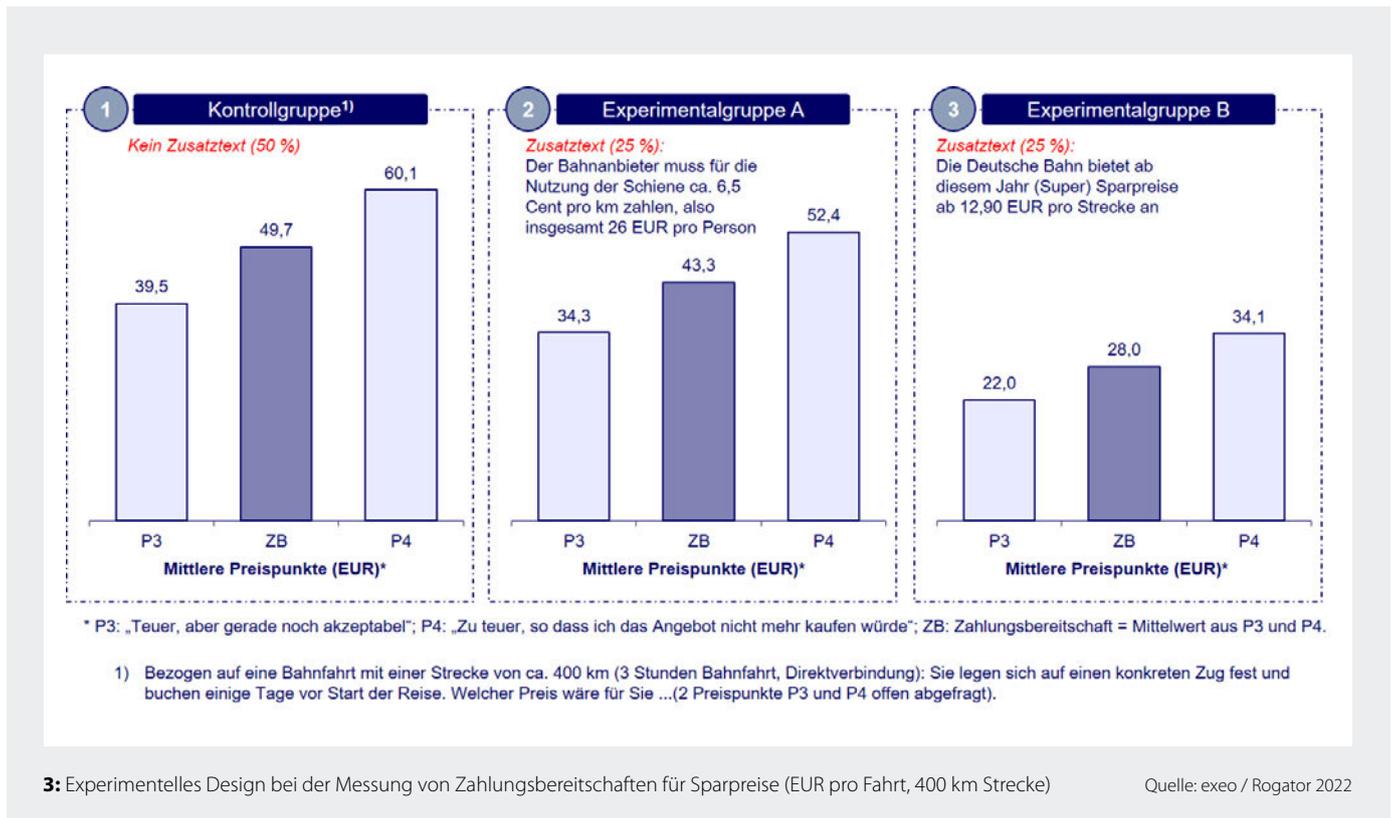


Tabelle 3: Zahlungsbereitschaften für das Sparpreis-Ticket nach Testgruppe und Bahnnutzung

Zahlungsbereitschaften ¹⁾	Einheit	Gruppe 1 Kontrolle	Gruppe 2 Exper. A	Gruppe 3 Exper. B
Bahn-Heavy-User ²⁾	EUR	ø 73,9 (100%)	ø 54,1 (73%)	ø 37,6 (51%)
Bahn-Low-Medium	EUR	ø 62,6 (100%)	ø 55,6 (89%)	ø 34,4 (54%)
Bahn-Non-User	EUR	ø 26,0 (100%)	ø 22,5 (86%)	ø 16,7 (64%)

1) Bezogen auf eine Bahnfahrt mit einer Strecke von ca. 400 km (3 Stunden Bahnfahrt, Direktverbindung): Sie legen sich auf einen konkreten Zug fest und buchen einige Tage vor Start der Reise. Welcher Preis wäre für Sie ...? (2 Preispunkte offen abgefragt, P3 und P4); Zahlungsbereitschaft: Mittelwert aus P3 und P4.
2) Wie häufig haben Sie die Bahn vor Ausbruch der Corona-Krise (vor März 2020) auf längeren Strecken (>50 km) genutzt? Heavy-User = „Täglich“, „Fast täglich“ und „An mehreren Tagen pro Woche“.

ca. 400 km (3 Stunden Bahnfahrt, Direktverbindung): Sie legen sich auf einen konkreten Zug fest und buchen einige Tage vor Start der Reise. Welchen Preis erachten Sie als teuer, aber akzeptabel bzw. als zu teuer, so dass Sie das Ticket nicht mehr kaufen?“ Aus den beiden erfassten Preispunkten je Studienteilnehmer wird die maximale Preisbereitschaft abgeschätzt. Bild 2 zeigt auf der linken Seite die Verteilung der geschätzten individuellen Zahlungsbereitschaften (kumulativ absteigend).

Das arithmetische Mittel liegt bei knapp 50 EUR pro Strecke (Median: 40 EUR). Umgerechnet sind dies ca. 12 Cent pro km (im Median 10 Cent). Aus der Graphik wird eine erhebliche Streuung der Einzelwerte

deutlich. Im rechten Teil des Bildes 2 sind die mittleren Zahlungsbereitschaften in Abhängigkeit von der Attraktivitätsbewertung der Bahn ausgewiesen. Es besteht ein positiver Zusammenhang: Je besser die Beurteilung der Bahn, desto größer ist die maximale Preisbereitschaft. Dies bedeutet: Wenn es gelingt, das Image, die operative Performance und die Customer Experience zu verbessern, sind höhere Preisbereitschaften die Folge.

In der Kombination der Ergebnisse aus Bild 1 und 2 erscheint die Schlussfolgerung zulässig, dass mit schlechterer Bewertung der Attraktivität während der Corona-Pandemie zeitweilig niedrigere Zahlungsbereitschaften für Bahnreisen vorgelegen haben,

die im Frühjahr 2022 wieder ein höheres Niveau erreichen. Allerdings bestehen weitere Abhängigkeiten. So sind die Zahlungsbereitschaften positiv korreliert mit dem Alter und Einkommen der Bahnnutzer.

4.4. Experimentaldesign: Beeinflussung der Zahlungsbereitschaften

Im Rahmen der Verhaltensökonomie wird in den letzten Jahren intensiver diskutiert, welchen Einfluss die Preisdarstellung bzw. zusätzliche Informationen auf die Beurteilung von Preisen haben [20]. Besonders häufig genutzt, auch im Bahnfernverkehr, sind sogenannte externe Preisanker [11]. Informationen wie „Sparpreise ab 17,90 EUR“ sollen einen positiven Einfluss auf die Preiswahrnehmung ausüben und das Preisvertrauen fördern. Gleichzeitig besteht aber auch die Gefahr, dass es zu negativen Wirkungen auf den „Perceived Value“ und somit dem aus Verbrauchersicht maximal akzeptablen Preis kommt. Ein im Marketing bisher weniger verbreiteter Ansatz besteht darin, als Anbieter bewusst Informationen zur Kostenstruktur offenzulegen („Transparent Pricing“ [21]), in der Hoffnung, dies erhöhe den „Perceived Value“ und gleichzeitig die Zahlungsbereitschaften [22]. Aber

auch hier bestehen Risiken – von einer zwingend positiven Wirkung kann nicht gesprochen werden [16].

Um den Einfluss von Ankerpreisen oder Kosteninformationen auf die Zahlungsbereitschaft zu bestimmen, wurden im Rahmen der eigenen Studie randomisiert drei Gruppen gebildet [23]. Die erste Gruppe enthielt keine Zusatzinformationen (Kontrollgruppe), in der zweiten Gruppe (Experimentalgruppe A) wurden Informationen zu den Trassenkosten bereitgestellt („26 EUR pro Person“) in der dritten Gruppe (Experimentalgruppe B) wurde auf den aktuellen Eckpreis der DB („ab 12,90 EUR“) hingewiesen. Voraussetzung für die Durchführung experimenteller Versuchsanordnungen ist die Strukturgleichheit der Testgruppen. Dies stellt sicher, dass im Experiment nur ein Faktor wirkt, und zwar der Experimentalfaktor „Zusatzinformationen“. Wie Tabelle 2 erkennen lässt, sind die

Strukturen (Bahnnutzung, Altersklassen, Wohnort) in allen drei Gruppen ähnlich.

Bild 3 stellt die Mittelwerte der Ausgangsvariablen P3 („teuer aber akzeptabel“) und P4 („zu teuer“) sowie die abgeschätzte Zahlungsbereitschaft (ZB) für die Kontroll- und die beiden Experimentalgruppen dar. In beiden Testgruppen, in denen die Probanden zusätzliche Informationen erhalten, ergeben sich niedrigere Zahlungsbereitschaften als in der Kontrollgruppe. Es lässt sich demzufolge interpretieren, dass die präsentierten Zusatzinformationen zu einer Dämpfung der Zahlungsbereitschaft geführt haben. Im Falle der Nennung des Eckpreises 12,90 EUR pro Sparpreis-Ticket ist dieser Effekt besonders beeindruckend. Hier liegt die mittlere Zahlungsbereitschaft mit ca. 28 EUR fast 44% unter dem Referenzwert der Kontrollgruppe (Ø 49,7 EUR).

Die in den Experimentalgruppen identifizierten Dämpfungseffekte betreffen unterschiedliche Zielgruppen, sind also sehr robust. In Tabelle 3 sind die mittleren Zahlungsbereitschaften für ein Sparpreis-Ticket in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität der Bahn ausgewiesen. In allen Segmenten zeigen sich für die Experimentalgruppe B (Anzeige Zusatzinformation Eckpreis 12,90 EUR) besonders stark abgesenkte Werte.

Die aufgezeigten Effekte lassen sich psychologisch dadurch erklären, dass Verbraucher – wenn sie sich bei der Preisbeurteilung unsicher sind – nach Anhaltspunkten (Ankern) suchen, um einen Preis bewerten zu können. Zentrale Annahme ist hier, Menschen würden bei einem Mangel an internen Informationen einen Startpunkt wählen, um diesen entweder nach oben oder nach unten zu justieren [24].

FAST MOVING TECHNOLOGY

STÄUBLI

Als Industriepartner und Hauptlieferant im internationalen Bahnbereich seit **mehr als 30 Jahren** haben wir einen klaren Einblick in Ihre Herausforderungen und Erwartungen, wie z. B. Betriebskontinuität, extreme Wetterbedingungen und mechanische Beanspruchung. Wir bieten eine kompetente Unterstützung mit optimierten Lösungen. **Besuchen Sie uns auf der InnoTrans Berlin, 20.-23. September 2022, Halle 12 Stand 350**

www.staubli.com



5. Ausblick: Kurz- und mittelfristige Entwicklung von Preisbereitschaften

Die aktuellen Rahmenbedingungen sprechen für eine Nachfrageerholung im Bahnfernverkehr. Wenn die Attraktivität des Verkehrsmittels Bahn im Frühjahr 2022 das Niveau von vor der Corona-Krise erreicht, dann bedeutet dies, dass Konsumenten den wahrgenommenen Wert von Bahnreisen höher einschätzen als während der Krise. Demzufolge sind die Preisbereitschaften ebenfalls erhöht. Dies hat mehrere Gründe, zum Beispiel ein höherer empfundener Komfort während der Bahnreise (problematisch ist allerdings, wenn die DB im Juli 2022 meldet: „Im Juni haben 58 Prozent aller Fernverkehrszüge ihr Ziel pünktlich erreicht“) [25]. Sicherlich spielt aber das zunehmende Auseinanderdriften von Pkw-Kosten (hohe Spritpreise) auf der einen Seite und günstigen Sparpreis-Angeboten (ab 12,90 EUR) auf der anderen Seite eine Rolle. Gerade die extrem niedrigen Ankerpreise (ursprüngliches Niveau von 29 EUR, in den letzten Jahren sukzessive reduziert) sind ein zweischneidiges Schwert.

Zum einen sind sie ein Mittel, um kurzfristig Nachfrage zu stimulieren und sich im aufkommenden Wettbewerb auf der Schiene zu positionieren (in den vergangenen Jahren vor der Corona-Krise traten vor allem Fernbus-Anbieter und punktuell Low Cost Airlines als preisaggressive Konkurrenz auf [26]). Für einen nicht unerheblichen Teil der Reisenden spielt der Preis bei der Reiseentscheidung eine große Rolle [27]. Zum anderen besteht durch die Nennung von niedrigen Eckpreisen aber auch das Risiko einer mittelfristigen Reduzierung von Preisbereitschaften. Während die Deutsche Bahn die Nutzung eigener Eckpreise selbst verantwortet, etablieren sich im Markt weitere Referenzanker. Ein besonders drastisches Beispiel ist die Einführung eines 9-Euro-Tickets, das im Jun.-Aug. 2022 im bundesdeutschen Nahverkehr gültig ist. Das Angebot stellt für den DB Fernverkehr eine mehrfache Bedrohung dar. Wenn der Bahnnahverkehr Nachfragezuwächse speziell ab Juni 2022 meldet [28], dann bedeutet dies auch eine Nachfrageverlagerung vom Bahnfern- in den -nahverkehr. Auf entsprechende Kannibalisierungsrissen weist die Studie OpinionTRAIN in einer Sonderanalyse zum 9-Euro-Ticket hin [29]. Darüber hinaus bleibt abzuwarten, wie sich dieser extreme (externe) Preisanker [30] auf die Preisbereitschaften der Kunden im Bahnfernverkehr auswirkt. ●

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] Voß, J. O. (2021). Bahn fährt mit höchster Pünktlichkeit seit 15 Jahren. https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Bahn-fahrt-mit-hoehcster-Puenktlichkeit-seit-15-Jahren-6867030, Abruf am 28.4.2022.
- [3] Krämer, A. (2021). Perspektiven für Bahn-Geschäftsreisen nach der Corona-Pandemie. ETR-Eisenbahntechnische Rundschau, 69 (H. 3), S. 13-19.
- [4] N.N. (2022). 1,8 Millionen Bahn-Reisende über Ostern, STERN, <https://www.stern.de/wirtschaft/news/verkehr-1-8-millionen-bahn-reisende-ueber-ostern-31790340.html>, Abruf am 28.4.2022.
- [5] N.N. (2022). Deutsche Bahn meldet Rekordangebot an Sitzplätzen im Sommer. <https://www.handelszeitung.ch/newsticker/deutsche-bahn-meldet-rekordangebot-an-sitzplaetzen-im-sommer>, Abruf am 10.7.2022.
- [6] Krämer, A. (2020): Wo steht der Bahnfernverkehr nach der Krise? Empirische Ergebnisse einer Verbraucher-Befragung in vier europäischen Ländern. ETR-Eisenbahntechnische Rundschau, 68 (H. 7/8), S. 12-17.
- [7] Krämer, A. (2020). Mobilität nach der Corona-Krise. Internationales Verkehrswesen, 72(3), S. 89-93.
- [8] Simon, H., Fassnacht, M. (2016). Preismanagement: Strategie – Analyse – Entscheidung – Umsetzung. Springer, Berlin.
- [9] Schmidt, J., Bijmolt, T. H. (2020). Accurately measuring willingness to pay for consumer goods: a meta-analysis of the hypothetical bias. Journal of the Academy of Marketing Science, 48(3), S. 499-518.
- [10] 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(10), S. 428-434.
- [11] 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.
- [12] Krämer, A. (2018). Die Mobilisierung von preissen-sibler Nachfrage in einer digitalisierten Welt. Internationales Verkehrswesen, 70(1), S. 16-20.
- [13] Krämer, A. (2016). Kostenwahrnehmung bei Pkw-Reisen. Empirische Analyse zur Schätzung der Pkw-Kosten und der wahrgenommenen Kostenkomponenten bei Autofahrern im DACH-Gebiet. Internationales Verkehrswesen, 68(4), S. 16-19.
- [14] Andor, M. A., Gerster, A., Gillingham, K. T., Horvath, M. (2020). Running a car costs much more than people think – stalling the uptake of green travel. Nature 580, S. 53-455.
- [15] Frohmann, F. (2018). Digitales Pricing. Springer Gabler, Wiesbaden.
- [16] Krämer, A., Burgartz, T. (2022) Kundenwertzentriertes Management. Springer Gabler, Wiesbaden.
- [17] Miller, K. M., Hofstetter, R., Krohmer, H., Zhang, Z. J. (2011). How should consumers' willingness to pay be measured? An empirical comparison of state-of-the-art approaches. Journal of Marketing Research, 48(1) S. 172-184.
- [18] Breidert, C., Hahsler, M., Reutterer, T. (2006). A review of methods for measuring willingness-to-pay. Innovative Marketing, 2(4), S. 8-32.
- [19] Krämer, A., Dethlefsen, H., Baigger, J. (2017). Auf der Suche nach dem optimalen Preis: Der PSM-Ansatz neu überdacht – von der Preispunktanalyse zur Zahlungsbereitschaft. Planung & Analyse, 6, S. 54-56.
- [20] Krämer, A. (2020) Preiskommunikation in Zeiten des „Behavioral Pricing“. In: Kalka, R., Krämer A. (Hrsg.): Preiskommunikation - Strategische Herausforderungen und innovative Anwendungsfelder, Springer, Gabler Verlag, Wiesbaden 2020, S. 27-50.
- [21] Somervuori, O. (2014). Profiling behavioral pricing research in marketing. Journal of Product & Brand Management, 23(6), S. 462-474.
- [22] Ferguson, J.L., Ellen, P. S. (2013) Transparency in pricing and its effect on perceived price fairness. Journal of Product & Brand Management, 22(5/6), S. 404-412.
- [23] Krämer, A. (2016). Using Experimental Survey Designs to Support Pricing Decisions. Business Management Horizons, 4(1), S. 22-38.
- [24] Furnham, A., Boo, H. C. (2011). A literature review of the anchoring effect. The Journal of Socio-Economics, 40(1), S. 35-42.
- [25] Deutsche Bahn (2022). Erläuterung Pünktlichkeitswerte Juni 2022. https://www.deutschebahn.com/de/konzern/konzernprofil/zahlen_fakten/puenktlichkeitswerte-6878476, Abruf am 10.7.2022.
- [26] Krämer, A. (2016): Zukunft Bahnpersonenverkehr: Wie wettbewerbsfähig ist das deutsche Bahnsystem unter veränderten Konkurrenzbedingungen? ZEVrail 140(4), S. 138-145.
- [27] Krämer, A., Bongaerts, R. (2017): Kundensegmentierung und -strukturanalyse für den Personenverkehr in der DACH-Region. ZEVrail, 141(3), S. 68-77.
- [28] N.N. (2022). Mobilfunkdaten-Auswertung - 9-Euro-Ticket sorgt für mehr Bahnreisen. <https://www.deutschlandfunk.de/9-euro-ticket-sorgt-fuer-mehr-bahnreisen-102.html>, Abruf am 10.7.2022.
- [29] Hercher, J., Krämer, A. (2022). „Wie wirkt das 9-Euro-Ticket in den ersten sieben Tagen?“ https://www.rogator.de/app/uploads/2022/06/PI_Rogator_Opinion-TRAIN-2022_9EUR_Ticket.pdf, Abruf am 10.7.2022.
- [30] Während sich interne Referenzpreise zumindest zeitweilig im Bewusstsein der Verbraucher manifestiert haben, werden externe Referenzpreise von außen vorgegeben, Vgl. dazu Erdem, T., Katz, M. L., & Sun, B. (2010). A simple test for distinguishing between internal reference price theories. Quantitative Marketing and Economics, 8(3), S. 303-332.

Summary

Price willingness for long-distance rail travel and possibilities of influence through marketing

The current framework conditions lead to a fundamentally increased willingness to pay for rail travel, among other things due to strongly diverging prices/costs between car and rail use. If rail prices remain unchanged, this will create opportunities for a strong increase in demand. Anchor prices are intended to support this in terms of communication, but they entail risks in the medium term.

DB Cargo Großauftrag: Montagestart bei Toshiba

Der nächste Meilenstein im Projekt Toshiba HDB 800 für die DB Cargo AG ist mit dem Beginn der Montage erreicht. Im Einsatz wird die Hybridlokomotive später Energieeinsparungen von mind. 30% realisieren.

TOSHIBA

Toshiba Railway Europe GmbH
Bunsenstr. 29
24145 Kiel
Telefon: 0211 38769290
Mail: info@toshiba-trg.eu
http://toshiba-railway.com

► Mehr Güter auf die Schiene ist das erklärte Ziel der Bundesregierung. So soll der Schienengüterverkehr 25% des Modalsplits im Jahr 2030 ausmachen und dabei gleichzeitig Emissionen reduzieren. Herausfordernd bleiben besonders die Einsatzbereiche, auf denen keine Oberleitung verfügbar ist. Großes Potential liegt unter anderem darin, Diesellokomotiven durch Hybridfahrzeuge mit Batterien zu ersetzen. Die Hybridlokomotive Toshiba HDB 800 für die DB Cargo AG ist für den Rangier- und optionalen leichten Streckenbetrieb konstruiert und kann am Ablaufberg betrieben werden.

ANTRIEBSARCHITEKTUR REDUZIERT KRAFTSTOFFVERBRAUCH UND EMISSIONEN SIGNIFIKANT

Eine erhebliche Energieeinsparung und die damit verbundene deutliche Reduzierung der Abgasemissionen wird durch den Betrieb im energieeffizientesten Arbeitspunkt erreicht. Die zwei Diesel-Generatoreinheiten, die für Antriebsenergie sorgen, können je nach Anforderung einzeln zu- oder abgeschaltet werden. Zwei voneinander unabhängige Traktionsbatterien des Toshiba eigenen SCIB™ Lithium-Ionen-Batteriesystems dienen als Energiespeicher und ermöglichen in Teilbereichen einen emissionsfreien Betrieb des Fahrzeuges. Eine flexible, redundante Gesamtarchitektur erhöht die Verfügbarkeit der HDB 800.

WICHTIGE MEILENSTEINE ERREICHT

Trotz schwieriger Umstände – geschuldet vor allem der COVID-19-Pandemie und der durch die Situation in der Ukraine bedingten Lieferengpässe – wurden wichtige Schritte in der Entwicklung und Fertigung der HDB 800 abgeschlossen. Die Lasten- und Pflichtenhefte



Lokrahmenausbau läutet den Montagestart der Vorserie ein Bildnachweis: Maximilian Renke

sind erstellt und genehmigt, A-Komponenten des Antriebstrangs wie das Stromerzeugungs- und das Leistungsstromrichtermodul bereits gefertigt und zum Teil schon durch die DB qualitätsgeprüft. Der Drehgestellrahmen hat zehn Millionen Zyklen des Ermüdungsversuchs erfolgreich bestanden. Mit dem Lokrahmenausbau wurde nun der Montagestart der Vorserienfahrzeuge bei Talbot Services in Aachen eingeläutet.

EUROPÄISCHER MARKT HAT FÜR TOSHIBA HOHE RELEVANZ

Toshiba widmet sich bereits lange der nachhaltigeren Gestaltung der Schienenfahrzeugbranche. Seit über 120 Jahren liefert das Unternehmen Spitzentechnologie an Kunden weltweit und hat mehr als zehn Jahre Erfahrung im Bereich Hybridsysteme. Der Fokus auf den europäischen Markt ist hoch. Die DB Cargo AG setzt beim Modernisierungsprogramm ihrer Lokflotte unter anderem auf die Expertise von Toshiba und will mindestens 100 HDB 800 Lokomotiven einsetzen. „Die Modernisierung der europäischen Bahnfahrzeuge in Bezug auf bessere Umwelteigenschaften bietet großes Potential“, unterstreicht Manfred Seibert, Geschäftsführer von Toshiba Railway Europe GmbH. „Mit der HDB 800 für die DB Cargo AG treten wir erfolgreich in den europäischen Markt ein und werden auch in Zukunft innovative Lösungen anbieten, die den Herausforderungen des modernen Gütertransports gerecht werden.“ ◀



Toshiba HDB 800 ist für den Rangierdienst mit 300 kN Anfahrzugkraft ausgestattet (Designbild) Bildnachweis: TRG; nokturnal – stock.adobe.com

NGT Slip Coaching – Übertragbarkeit des Konzepts auf weitere Länder und Streckentypen

Das neue Slip Coaching-Verfahren kann dazu beitragen, auf existierender Infrastruktur ein verbessertes Angebot mit höherer Taktfrequenz, verringerten Reisezeiten sowie zusätzlichen Direktverbindungen umzusetzen. Insbesondere im Hochgeschwindigkeitsverkehr können signifikante Systemvorteile realisiert werden. In diesem Beitrag wird untersucht, inwieweit das Verfahren auf andere Länder und Streckentypen übertragbar ist.



1. Einleitung und Ziel der Untersuchung

Seit fünfzehn Jahren forscht das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) unter der Projektmarke Next Generation Train (NGT) an einem innovativen System für spurgeführten Hochgeschwindigkeitsverkehr [1, 2]. Eine bedeutende Innovation des NGT hinsichtlich betrieblicher und technischer Aspekte ist das dynamische Flügeln. Dabei können Züge ohne mechanische Verbindung elektronisch gekuppelt und während der Fahrt gestärkt oder geschwächt werden.

In diesem Artikel wird die Kombination des virtuellen Kuppelns und dynamischen Flügelns innerhalb eines neuartigen Betriebskonzepts, des so genannten Slip Coachings, betrachtet. Dabei verkehren mehrere Zugteile virtuell gekuppelt zwischen zwei Knotenbahnhöfen. An Zwischenstationen trennen sich einzelne Zugteile während der Fahrt ab und halten, während der Hauptzug mit voller Geschwindigkeit durchfahren kann. Vor dem nächsten durchgehenden Zug beschleunigt der haltende Zugteil wieder und kuppelt virtuell mit diesem. In [3] konnte gezeigt werden, dass durch die Anwendung des Slip Coachings eine erhöhte Beförderungskapazität (Fahrgäste pro Stunde) erreicht werden kann. Des Weiteren profitieren die Fahrgäste von einer höheren Angebotsqualität, insbesondere durch kürzere Reisezeiten und mehr Direktverbindungen.

Weiterer Bestandteil dieses Beitrags ist die Übertragung des Konzepts von der Referenzstrecke in Deutschland [3] auf zusätzliche Strecken und Länder. Dazu werden Anforderungen definiert, die ein möglicher Slip Coaching-Korridor erfüllen sollte. Es wird außerdem eine Auswahl an Strecken bzw. Korridoren benannt, auf denen das Slip Coaching Verfahren neben der beispielhaften Strecke in Deutschland ebenfalls angewendet werden könnte. Hierfür werden makroskopische Betriebsverfahren definiert sowie Vor- und Nachteile der Anwendung auf den spezifischen Strecken herausgearbeitet.

2. Übertragbarkeit des Konzepts

2.1. Rahmenbedingungen und verallgemeinertes Modell

Um bewerten zu können, welche Strecken durch Slip Coaching profitieren, sind die Voraussetzungen des Betriebskonzepts genau zu beschreiben. Hierzu gehören sowohl harte Vorgaben zu Halteabständen, Zwischenstationen und Sicherungstechnik als auch weiche Bedingungen, die den Nutzen des Konzepts erhöhen und so in Summe den Aufwand rechtfertigen.

Um Slip Coaching anzuwenden, ist es grundsätzlich notwendig, dass die Sicherungstechnik entweder das Fahren im relativen Bremswegabstand oder die virtuelle Kupplung mehrerer Züge während der Fahrt unterstützt. Dies ist absehbar nur bei



Michael Mönsters, M.Sc.

wissenschaftlicher Mitarbeiter, DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
michael.moensters@dlr.de



Dipl.-Ing. Leander Flamm

bis 03/2022: wissenschaftlicher Mitarbeiter, DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
leander.flamm@dlr.de

ETCS Level 3 denkbar, wobei sich die technischen Umsetzungen dieser theoretisch bereits gut untersuchten Anwendungen noch in der Entwicklung befinden [4, 5, 6, 7].

Die Anzahl der von einem Zugverband bedienbaren Zwischenstationen entspricht der Anzahl Zugteile, im Falle eines durchgehenden Sprinterteils ohne Zwischenhalt der Anzahl minus eins. Durch die maximale Länge eines Zugverbands in den Knotenbahnhöfen (üblicherweise 400 m) und die minimale, noch wirtschaftlich zu betreibende Größe eines einzelnen Triebzugs – je Zug müssen Antriebstechnik, Sanitäreanlagen, Zugbegleitpersonal etc. vorgehalten werden – ergibt sich eine Höchstzahl sinnvoll zu bedienender Zwischenstationen. Ebenso wird die Auslastungssteuerung bei

kleineren Einheiten erschwert. Im Fernverkehr sind ersten Schätzungen zufolge drei bis fünf Zwischenstationen denkbar.

Die Abstände zwischen den Unterwegshalten sollten mindestens ausreichen, um ein virtuelles Kupplungsmanöver vollständig abzuschließen und eine Trennung vor dem nächsten Halt zu ermöglichen. Andernfalls muss die Sicherungstechnik sogar das zeitgleiche Kuppeln und Entkuppeln an einem Zugverband ermöglichen.

2.2. Übertragbarkeit auf Regional- und Güterverkehr

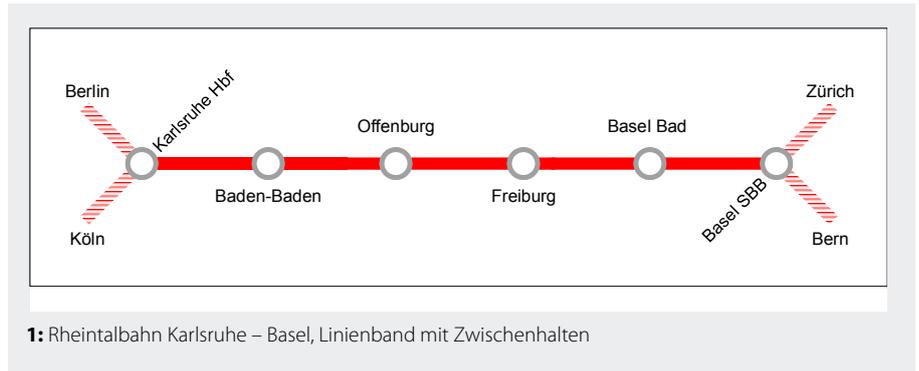
Anhand der oben definierten Rahmenbedingungen für den Einsatz des Slip Coachings wird im Folgenden die Übertragbarkeit auf den Regional- und Güterverkehr diskutiert und qualitativ abgeschätzt.

2.2.1. Regionalverkehr

Prinzipiell ist eine Anwendung von Slip Coaching neben dem Fernverkehr auch im S-Bahn- oder Regionalverkehr möglich. Allerdings bestehen einige Einschränkungen, die nach einer ersten Abschätzung nur wenige Strecken hierfür empfehlen. Der Nutzen des Betriebskonzepts kann so nicht voll ausgeschöpft werden.

Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben ist die Zahl bedienbarer Zwischenstationen zwischen zwei Slip Coaching-Knotenbahnhöfen durch die maximale Zugverbandslänge und die minimale Fahrzeuggröße begrenzt. Einerseits können durch ein geringeres Serviceniveau und eine einfachere Ausgestaltung des Antriebssystems im Regionalverkehr kleinere Fahrzeuge wirtschaftlich betrieben werden. Andererseits gilt jedoch die Beschränkung der Zugverbandslänge noch stärker, da in Regionalverkehrsknoten oft nur Bahnsteige mit einer Länge von unter 400 m vorhanden sind. Insgesamt ist zu erwarten, dass sich diese Aspekte annähernd ausgleichen, wodurch weiterhin nur drei bis fünf Zwischenhalte im Slip Coaching möglich sind, bevor der Zugverband in einem Knotenbahnhof neu zusammengestellt werden muss. Im Regionalverkehr sind jedoch generell mehr Zwischenhalte zu erwarten.

Der Nutzen wird dadurch begrenzt, dass die Fahrzeiteinsparungen vom Zeitverlust der eingesparten Halte abhängen. Während im Hochgeschwindigkeitsverkehr drei bis vier Minuten pro Halt (inklusive Brems- und Beschleunigungsstrecke) einsparbar sind, belaufen sich diese Einspa-



1: Rheintalbahn Karlsruhe – Basel, Linienband mit Zwischenhalten

Tabelle 1: Rheintalbahn Karlsruhe – Basel, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	ICE 1271	ICE 71	NGT
Karlsruhe	ab	06:58	11:14	06:58
Baden-Baden	an	07:17		07:16
	durch			07:14
	ab (komm.)	07:18		07:08
	ab	07:18		07:12
Offenburg	an	07:32		07:25
	durch			07:24
	ab (komm.)	07:33		07:19
	ab	07:33		07:23
Freiburg	an	08:02	12:11	07:53
	durch			07:52
	ab (komm.)	08:03	12:13	07:47
	ab	08:03	12:13	07:51
Basel Bad Bf	an	08:36	12:46	08:27
Basel SBB	an	08:47	12:55	08:36

Tabelle 2: Rheintalbahn Karlsruhe – Basel, Vergleich der Fahrzeiten zwischen Zügen mit allen Halten, wenigen Halten und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	ICE 1271	ICE 71	NGT	Fahrzeitdifferenz in min
Karlsruhe – Baden-Baden	00:19		00:18	-1 / -
Karlsruhe – Offenburg	00:34		00:27	-7 / -
Karlsruhe – Freiburg	01:04	00:57	00:55	-9 / -2
Karlsruhe – Basel SBB	01:49	01:41	01:38	-11 / -3
Baden-Baden – Basel SBB	01:29		01:28	-1 / -
Offenburg – Basel SBB	01:14		01:17	+3 / -
Freiburg – Basel SBB	00:44	00:42	00:49	+5 / +7

rungen bei geringeren Geschwindigkeiten nur auf eine bis maximal zwei Minuten. Somit wird der durchgehende Zuglauf nur um eine Größenordnung von fünf Minuten beschleunigt, was den hohen Aufwand alleine kaum rechtfertigt. Angesichts der geringen Nachfrage und den resultierenden langen Zugfolgezeiten sind auch nur geringe Nutzen aus neuen Direktverbindungen zu erwarten.

2.2.2. Güterverkehr

Eine Nutzung des Konzepts im Güterverkehr erscheint nur dann sinnvoll, wenn durch die Haltezeiteinsparungen eine höhere Beförderungsgeschwindigkeit realisiert werden kann und die höheren Technikkosten dadurch aufgewogen werden. Daher soll im Folgenden der Expressgutverkehr betrachtet werden. Innerhalb der NGT



Tabelle 3: Westbahn Wien – Linz – Salzburg, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	RJ 542	RJX 160	NGT
Wien Hbf	ab	06:55	07:30	06:55
Wien Meidling	ab	07:02	07:37	07:02
Tullnerfeld	an	07:14		07:14
	durch			07:12
	ab (komm.)	07:16		07:06
	ab	07:16		07:10
St. Pölten Hbf	an	07:38	07:58	07:23
	durch			07:22
	ab (komm.)	07:30	08:00	07:17
	ab	07:30	08:00	07:21
Amstetten NÖ	an	07:59		07:49
	durch			07:47
	ab (komm.)	08:01		07:41
	ab	08:01		07:45
St. Valentin	an	08:15		07:58
	durch			07:56
	ab (komm.)	08:16		07:50
	ab	08:16		07:54
Linz Hbf	an	08:29	08:44	08:05
Salzburg Hbf	an	09:48	09:52	09:13

Tabelle 4: Westbahn Wien – Linz – Salzburg, Vergleich der Fahrzeiten zwischen Zügen mit allen Halten, wenigen Halten und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	RJ 542	RJX 160	NGT	Fahrzeitdifferenz in min
Wien Hbf – Tullnerfeld	00:19		00:19	0 / -
Wien Hbf – St. Pölten Hbf	00:43	00:28	00:28	-15 / 0
Wien Hbf – Amstetten NÖ	01:04		00:54	-10 / -
Wien Hbf – St. Valentin	01:20		01:03	-17 / -
Wien Hbf – Salzburg Hbf	02:53	02:22	02:18	-35 / -4
Tullnerfeld – Salzburg Hbf	02:32		02:07	-25 / -
St. Pölten Hbf – Salzburg Hbf	02:18	01:52	01:56	-22 / +4
Amstetten NÖ – Salzburg Hbf	01:47		01:32	-15 / -
St. Valentin – Salzburg Hbf	01:32		01:23	-9 / -

CARGO-Plattform [2, 8, 9] wurde hierfür ein technischer Vorschlag erarbeitet, der den Transport hochwertiger Stückgüter mit bis zu 400 km/h ermöglicht. Über die Einzelwagen des Zuges ist bereits eine Trennung des Zuges sowie eine Feinverteilung möglich. Zusätzlich könnte aber beim Verkehr mehrerer virtuell gekuppelter Züge das Slip Coaching genutzt werden, um den Halt einzelner Zugteile ohne Beeinflussung der durchfahrenden Teile zu erlauben.

Im Gegensatz zum Personenverkehr sind die Haltezeiten im Güterverkehr durch die Ladezeiten der transportierten Güter allerdings deutlich länger. Daher kommt es nicht in Frage, den haltenden Zugteil auf dem durchgehenden Hauptgleis abzufertigen. Stattdessen sollte der haltende Zugteil über eine Weiche auf ein Nebengleis geleitet werden [10]. Dies erhöht zwar die Fahrzeit, da dieser Zugteil vor der Weiche den vollen Bremsweg freihalten muss, bevor diese umgestellt werden kann, was aber im Güterverkehr gegenüber der Einsparung der Haltezeit (beim NGT CARGO ca. 30 min) weniger ins Gewicht fällt. Mit Blick auf die erzielbaren Haltezeiteinsparungen ist ein möglicher Nutzen des Slip Coaching im Hochgeschwindigkeits-Güterverkehr zu prüfen. In diesem Beitrag erfolgt jedoch zunächst eine Betrachtung von Slip Coaching-Betriebskonzepten im schnellen Schienenpersonenfernverkehr.

2.3. Betriebskonzepte auf beispielhaften Strecken

In den folgenden Abschnitten werden vier internationale Szenarien für den Einsatz des Slip Coaching im Hochgeschwindigkeitsverkehr untersucht. Insbesondere kann so ein Vergleich zu den heutigen Betriebsverfahren gezogen werden, welche sich je nach Land zum Teil sehr unterscheiden.

2.3.1. Rheintalbahn Karlsruhe – Basel

Auf der Rheintalbahn im Südwesten Deutschlands ist ein Slip Coaching-Betrieb mit den Knotenbahnhöfen Karlsruhe und Basel denkbar, bei denen Baden-Baden, Offenburg und Freiburg als Zwischenstationen bedient werden. Nach Umsetzung der Ausbaumaßnahmen besteht eine größtenteils durchgehende Schnellfahrstrecke, welche einen Slip Coaching-Einsatz lohnenswert erscheinen lässt. Allerdings sind in der aktuellen Planung nur langsame Bahnhofsdurchfahrten vorgesehen, wobei teilweise schnelle Umfahrungenstrecken er-

richtet werden sollen. Dies würde einen erweiterten Ansatz des Slip Coaching in den Fokus rücken, bei dem die Trennung des Zugverbands bereits vor dem Abzweig zur Umfahrung stattfindet und erst nach der Zwischenstation der nächste Zugteil eingeholt wird [10].

Die Linienverläufe erlauben die Nutzung der erweiterten Direktverbindungen, indem in der Fortführung auf Schweizer Seite unterschiedliche Zielbahnhöfe (z. B. Zürich und Bern) angefahren werden, nördlich von Karlsruhe dafür bspw. Köln, Hannover und Berlin (Bild 1). In [3] wurde ein Slip Coaching-Betriebskonzept für den Korridor Hannover – Frankfurt erarbeitet. Angesichts der im Vergleich zur Strecke Hannover – Frankfurt etwas geringeren Nachfrage ist es denkbar, auf der Rheintalbahn lediglich zwei Züge pro Stunde (oder pro 30 min) als Slip Coaching-Verband gebündelt verkehren zu lassen, sodass auf der Strecke zusätzliche Kapazitäten für den Güterverkehr frei bleiben. Die erzielbaren Reisezeiten sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt. Ähnlich zur Strecke Hannover – Frankfurt können auf den längeren Distanzen Fahrzeitvorteile realisiert werden. Für die letzten Stationen vor Basel treten durch die frühe kommunizierte Abfahrt (um die betriebliche Stabilität zu gewährleisten) Fahrzeitverlängerungen auf. Durch die höheren Fahrgastzahlen auf dem durchgehenden Abschnitt ist aber wie in [3] von einer Reduktion der summierten Fahrgastfahrzeiten auszugehen.

2.3.2. Westbahn Wien – Linz – Salzburg

Die Westbahn in Österreich führt von Wien über Linz nach Salzburg, wobei nur der Abschnitt bis Linz für Hochgeschwindigkeitsverkehr ausgebaut ist. Das Slip Coaching könnte daher eher auf diesem Abschnitt Anwendung finden, da dort Zwischenstationen bedient werden, die auch schnell durchfahren werden können. Konkret sind dies:

- Tullnerfeld
- St. Pölten Hbf (eingeschränkte Durchfahrtschwindigkeit)
- Amstetten NÖ (Niederösterreich)
- St. Valentin

Heutige Railjet-Züge (RJ), die alle Stationen bedienen, benötigen 2:53 h von Wien bis Salzburg. Zusätzlich gibt es Expresszüge (RjX), die zwischen Wien und Linz nur in St. Pölten halten und somit nur 2:22 h für die Gesamtstrecke benötigen. Ein NGT Slip



3: Direttissima Mailand – Rom – Neapel, Linienband mit Zwischenhalten

Tabelle 5: Direttissima Mailand – Rom – Neapel, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	FR 9583	FR 9605	NGT
Milano Centrale	ab	09:10	06:35	09:10
Milano Rogoredo	ab	09:20		
Reggio d'Emilia AV	an	09:54		09:49
	durch			09:47
	ab (komm.)	09:56		09:41
	ab	09:56		09:45
Bologna Centrale	an	10:24		09:51
	durch			09:50
	ab (komm.)	10:27		09:45
	ab	10:27		09:49
Firenze S.M.N. (Firenze Castello)	an	11:04		10:44
	durch			10:43
	ab (komm.)	11:14		10:38
	ab	11:14		10:42
Roma Tiburtina (Flügel nach Termini)	an	12:40		12:06
	durch			12:05
	ab (komm.)	12:43		12:00
	ab	12:43		12:04
Roma Termini	an	12:49	09:34	12:09
Napoli Centrale	an	14:13	11:03	13:16

Tabelle 6: Direttissima Mailand – Rom – Neapel, Vergleich der Fahrzeiten zwischen Zügen mit allen Halten, wenigen Halten und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	FR 9583	FR 9605	NGT	Fahrzeitdifferenz in min
Milano Centrale – Bologna Centrale	01:14		01:01	-13 / -
Milano Centrale – Roma Tiburtina	03:30		02:56	-34 / -
Milano Centrale – Roma Termini	03:39	02:59	02:59	-40 / 0
Milano Centrale – Napoli Centrale	05:03	04:28	04:06	-57 / -22

Coaching-Zug würde zwischen Wien und Linz alle Zwischenstationen bedienen und dennoch nur 2:18 h benötigen. Die zusätzliche Fahrzeiterparnis kommt durch den ebenfalls im Slip Coaching bedienten Halt St. Pölten zustande (Tabelle 3).

Das Angebot neuer Direktverbindungen durch Slip Coaching könnte nur teilweise genutzt werden. In Richtung Westen wäre eine alternierende Bedienung ab Wels in Richtung Passau/Nürnberg sowie Salzburg/Innsbruck denkbar. In Richtung Osten

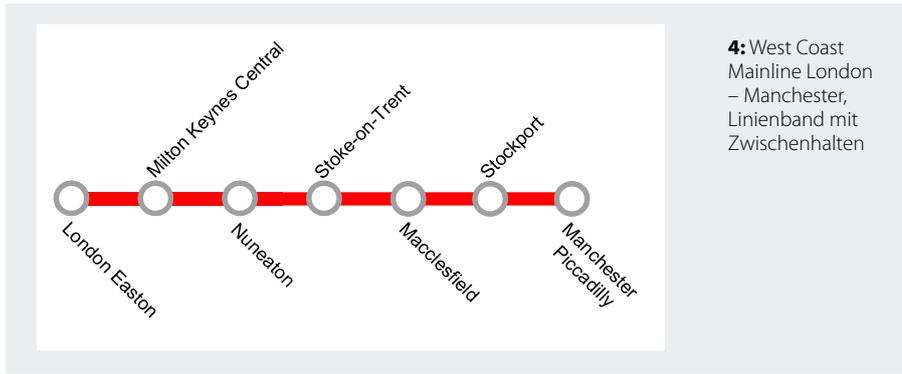


Tabelle 7: West Coast Mainline London – Manchester, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	Avanti R	Avanti	Avanti	Avanti	NGT
London Euston	ab	09:00	09:20	09:56	10:40	09:00
Milton Keynes Central	an	09:28	09:48			09:28
	durch					09:27
	ab (komm.)	09:30	09:50			09:22
Nuneaton	ab	09:30	09:50			09:26
	an	09:59				09:55
	durch					09:54
	ab (komm.)	10:00				09:49
Stoke-on-Trent	ab	10:00				09:53
	an	10:30	10:46	11:23		10:23
	durch					10:22
	ab (komm.)	10:32	10:48	11:25		10:17
Macclesfield	ab	10:32	10:48	11:25		10:21
	an	10:47		11:40		10:36
	durch					10:35
	ab (komm.)	10:48		11:41		10:30
Stockport	ab	10:48		11:41		10:34
	an	11:02	11:16	11:55	12:36	10:48
Manchester Piccadilly	an	11:12	11:27	12:05	12:46	10:58

Tabelle 8: West Coast Mainline London – Manchester, Vergleich der Fahrzeiten zwischen den verschiedenen Halteschemata und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	Avanti R	Avanti 09:20	Avanti 09:56	Avanti 10:40	NGT	Fahrzeit-differenz in min
London Euston – Milton Keynes Central	00:28	00:28			00:28	0
London Euston – Nuneaton	00:59				00:55	-4
London Euston – Stoke-on-Trent	01:30	01:26	01:27		01:23	-3
London Euston – Macclesfield	01:47		01:44		01:36	-8
London Euston – Manchester Piccadilly	02:12	02:07	02:09	02:06	01:58	-8
Milton Keynes Central – Manchester Piccadilly	01:42	01:37			01:36	-1
Nuneaton – Manchester Piccadilly	01:12				01:09	-3
Stoke-on-Trent – Manchester Piccadilly	00:40	00:39	00:40		00:41	+2
Macclesfield – Manchester Piccadilly	00:24		00:24		00:28	+4

enden die meisten Züge aber in Wien. Dennoch wäre eine Weiterführung nach Bratislava/Budapest unter Nutzung des Systems denkbar (Bild 2).

Wie in Tabelle 4 ersichtlich, fallen die Fahrzeitgewinne größer aus als im vorherigen Beispiel, da die RJ-Züge zur stabilen Bedienung der Taktknoten verlängerte Fahrzeiten aufweisen. Diese Funktion würde durch das Slip Coaching verloren gehen. Die Knoten müssten neu geplant werden, weshalb diese Ersparnis differenziert eingeordnet werden sollte.

2.3.3. Direttissima Mailand – Rom – Neapel

Auf der italienischen Strecke Mailand – Rom (– Neapel) werden neben Frecciarossa (FR)-Zügen mit Halt an den Stationen Reggio d’Emilia AV, Bologna Centrale, Firenze S.M.N. und Roma Tiburtina auch Non-Stop-Züge von Milano Centrale bis Roma Termini angeboten. Daher ergibt sich zwischen Mailand und Rom keine Beschleunigung durch das Slip Coaching. Für die Zwischenstationen ergeben sich jedoch zum Teil erhebliche Fahrzeitverkürzungen. Zusätzlich können durch einen alternierenden Betrieb ab Roma Tiburtina nach Roma Termini bzw. Napoli Centrale schnellere Fahrten zwischen Mailand und Neapel realisiert werden (Tabelle 5).

Direktverbindungen könnten zusammen mit einem Flügel ab Bologna nach Venedig in den Relationen Mailand/Venedig – Rom/Neapel genutzt werden (Bild 3). Ein Auszug der erzielbaren Fahrzeitvorteile ist in Tabelle 6 zu sehen.

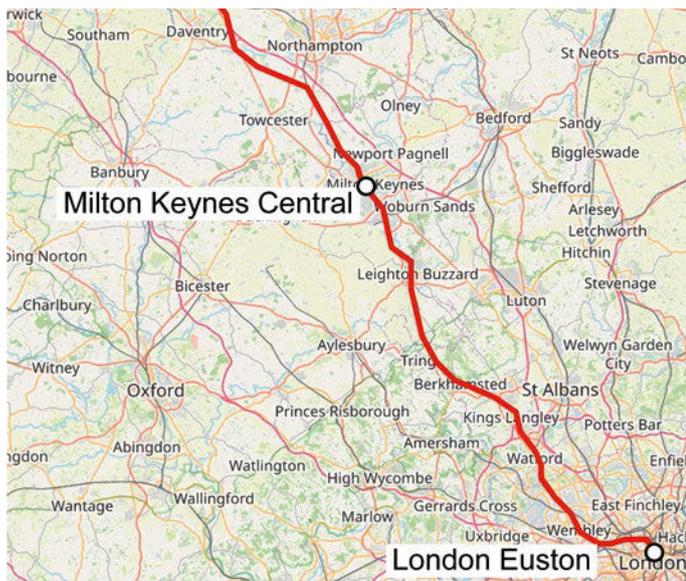
2.3.4. West Coast Mainline London – Manchester

Auf der West Coast Mainline London – Manchester in Großbritannien werden kurze Fahrzeiten bei gleichzeitiger Bedienung der Zwischenhalte heute dadurch realisiert, dass die Schnellzüge alternierend zwei bis drei Halte bedienen, nicht jedoch alle Zwischenstationen (Bild 4, Bild 5, Bild 6, Tabelle 7). Auf der anderen Seite gibt es daher auch keine Non-Stop-Züge. Durch das NGT Slip Coaching könnten die Zwischenstationen von allen Zügen bedient werden und dennoch kürzere Fahrzeiten als heute erreicht werden (Tabelle 8). Die Strecke ist nur für höhere Geschwindigkeiten ausgebaut, nicht für Hochgeschwindigkeitsverkehr, weshalb die Fahrzeiteinsparung durch das Bremsen vor und Beschleunigen nach dem Halt je Halt etwas geringer ausfällt.



5: West Coast Mainline London – Manchester, Streckenverlauf nördlicher Abschnitt, bearbeitet, OpenStreetMap

Quelle: OpenStreetMap-Mitwirkende, <https://www.openstreetmap.org/copyright>, Zugriff am 12.05.2022



6: West Coast Mainline London – Manchester, Streckenverlauf südlicher Abschnitt, bearbeitet, OpenStreetMap

Quelle: OpenStreetMap-Mitwirkende, <https://www.openstreetmap.org/copyright>, Zugriff am 12.05.2022

Durch den Endpunkt aller Züge in London gibt es keine neuen Direktverbindungen.

2.4. Überblick über mögliche Verbesserungen

Je nach Strecken- und Angebotscharakteristik können durch Slip Coaching kleinere oder größere Verbesserungen erreicht werden. Ohne das Verfahren ist es heute nur möglich, entweder schnelle Fahrzeiten zwischen den Knotenbahnhöfen durch Non-Stop-Züge anzubieten (z.B. Italien) oder die Zwischenstationen unregelmäßig alternierend zu bedienen, um für alle Stationen eine akzeptable Fahrzeit zu bieten (z.B. Großbritannien). Durch Slip Coaching

können die Vorteile dieser beiden Konzepte kombiniert und bei Bedienung aller Zwischenstationen kurze Fahrzeiten zwischen den Knotenbahnhöfen realisiert werden.

Eine besondere Stellung nehmen vertaktete Verkehre mit Taktknoten auch an Zwischenstationen ein (Österreich). Zwar können hier durch das Slip Coaching teils starke Fahrzeitverkürzungen erreicht werden. Um den Nutzen durch verlängerte Umsteigezeiten aber nicht direkt wieder aufzehren, müssten die Taktknoten entlang der Strecke neu geplant werden.

Je nach Linienkonzept sind neue Direktverbindungen im Takt durch Slip Coaching möglich. Enden allerdings alle Linien an ei-

HARTING Han®
PUSHING INDUSTRIAL CONNECTIVITY

JETZT WEB-SEMINAR ANSEHEN

„Sicherheit über die gesamte Lebensdauer.“

Han® HPR HPTC – Speziell für Bahnanwendungen entwickelt.

Hochleistungssteckverbinder für Transformatoren

- **Längere Lebensdauer** durch Han® HPR Standard-Metallgehäuse für raue Außenumgebungen
- **Zeitersparnis** durch einfache Installation und Abschirmung ohne Schrumpfen oder Tapen
- **Sichere Lösung** gemäß relevanter Bahnnormen (EN 50467, EN 50124-1, EN 61373, EN 45545, EN 60137)

One Range. No Limits:

www.HARTING.com/hptc



Anhand der internationalen Beispiele wird gezeigt, dass der Nutzen gegenüber bestehenden Fahrplankonzepten stark von der Art und der Anzahl der Zwischenhalte abhängt.



nem der Knotenbahnhöfe (z. B. Großbritannien, Österreich), so entfällt dieser Vorteil.

Durch den Einsatz längerer Züge ist analog zur Betrachtung auf der Referenzstrecke in [3] von einer erhöhten Fahrgastkapazität bei gleicher Trassenutzung auszugehen.

3. Diskussion und weiterer Forschungsbedarf

In Summe ist der Einsatz des Slip Coachings vorrangig auf Hochgeschwindigkeitsstrecken mit mehreren Zwischenhalten zwischen Knotenbahnhöfen und bei mittlerer bis hoher Nachfrage empfehlenswert. Anhand der internationalen Beispiele wurde gezeigt, dass der Nutzen gegenüber bestehenden Fahrplankonzepten stark von der Art und der Anzahl der zu bedienenden Zwischenhalte abhängt. Im Falle von Umfahrungen der Zwischenstationen ist eine Erweiterung des Slip Coachings ratsam, die eine Zugtrennung vor bzw. eine Kupplung nach der Umfahrung erlaubt und so die Vorteile der Umfahrungen mit denen des Slip Coachings kombiniert.

Im Regionalverkehr ist der Einsatz vor allem durch die große Anzahl von Zwischenhalten und die begrenzte minimale Größe einzelner Fahrzeuge stark eingeschränkt. Dennoch ist es denkbar, dass sich einzelne relevante Anwendungsfälle finden. Generell ist der Nutzen durch geringe Geschwindigkeiten und kurze Haltzeiten aber geringer als im Hochgeschwindigkeitsverkehr.

Im Güterverkehr stehen dem Verfahren die langen Standzeiten beim Güterumschlag entgegen, die eine Anwendung auf dem durchgehenden Hauptgleis eines Bahnhofs nahezu ausschließen. Durch die oben erwähnte Erweiterung des Prinzips um eine Trennung vor der Einfahrweiche des Bahnhofs, um auch auf Nebengleise ausweichen zu können, könnten sich vor allem im

Hochgeschwindigkeits-Güterverkehr (siehe NGT CARGO) Anwendungen ergeben. Im Güterverkehr steht statt der reinen Fahrzeitreduzierung die Erhöhung der Umlaufproduktivität der Fahrzeuge im Vordergrund.

Angesichts der technischen Herausforderungen (ETCS Level 3 und virtuelles Kuppeln bzw. Fahren im relativen Bremswegabstand) ist dem Konzept ein langer Betrachtungshorizont sowie eine langfristige Realisierungsperspektive zu bescheiden [11]. Möglicherweise könnten aber einige Strecken von einer langfristigen Ausrichtung auf das Konzept profitieren. Bis es dazu kommt, sind eine Vielzahl weiterer Forschungsfragen zu beantworten:

- Welches ist die wirtschaftlich zu betreibende kleinste Zugsinheit unter Annahme eines vollautomatischen Betriebs im Hochgeschwindigkeitsverkehr / im Regionalverkehr / im Güterverkehr?
- Wie bewährt sich die Technik des virtuellen Kuppelns im Betrieb?
- Wie können betriebliche Regelwerke an ein solches Konzept angepasst werden (bspw. Zugnummern, Trassenpreise)?
- Welche Auswirkungen hat das Konzept auf die Auslastungssteuerung, insbesondere in den kleineren Zugteilen?
- Wie kann die Orientierung der Fahrgäste am Bahnsteig soweit verbessert werden, dass der korrekte Zugteil sicher gefunden wird?
- Wie sieht ein Migrationskonzept hin zum Slip Coaching aus?

Bis dahin kann Slip Coaching als konkrete Betriebsvariante des virtuellen Kuppelns als weiteres Werkzeug zur Nutzenbewertung dieser neuen Technologie dienen. ●

Literatur

[1] Winter, J.: „Next Generation Train – 20 Jahre Forschung für die Eisenbahn“, in: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, Ausgabe 03/2019, S. 17-21, <https://eurailpress-archiv.de/SingleView.aspx?show=587671>, 06.05.2022 um 10:00

[2] Schumann, T.; Mönsters, M.; Meirich, C.; Jäger, B.: NGT CARGO – Concept For A High-Speed Freight Train In Europe, WIT Press, COMPRAIL 2018, 02.07.-04.07.2018, Lissabon, Portugal, <https://doi.org/10.2495/CR180491>, <https://elib.dlr.de/120696/>, 06.05.2022 um 10:00

[3] Flamm, L.; Mönsters, M.: Fahrzeitreduzierung und mehr Kapazität durch Slip Coaching im Hochgeschwindigkeitsverkehr, in: ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, 70 (3), Ausgabe 03/2021, S. 20-25, <https://elib.dlr.de/136550/>, 08.02.2022 um 15:00

[4] Winter, J.; Lehner, A.; Polisky, E.: „Electronic Coupling of Next Generation Trains“, in: Proceedings of the Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, 05.04.-08.04.2016, Cagliari, Sardinia, Italy, <https://elib.dlr.de/109481/>, 06.05.2022 um 11:00

[5] X2Rail-3: WP6 Deliverable D6.1 Virtual Train Coupling System Concept and Application Conditions, Horizon2020 Shift2Rail Project X2Rail-3 Advanced Signalling, Automation and Communication System (IP2) – Virtual Train Coupling, <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=d9f471f3-79d8-4710-9d3b-17d94f22f702>, 10.02.2022 um 10:00

[6] Schenker, M.; Parise, R.; Goikotxea, J.: Concept and Performance Analysis of Virtual Coupling for Railway Vehicles, Proceedings of the 3rd SmartRaCon Scientific Seminar, 38, pp. 81-91, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Institut für Verkehrssystemtechnik, 02.09.2021, Braunschweig, Deutschland, <https://elib.dlr.de/147189/>, 06.05.2022 um 10:00

[7] Quaglietta, E.; Wang, M.; Goverde, R.: A multi-state train-following model for the analysis of virtual coupling railway operations, in: Journal of Rail Transport Planning & Management, Volume 15, September 2020, 100195, Part of special issue: RailNorrköping 2019, <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100195>, 06.05.2022 um 10:00

[8] Mönsters, M.; Flamm, L.: Betriebskonzept für den NGT CARGO auf der Europa-Referenzstrecke Madrid – Bukarest / Operational concept for the NGT CARGO on the European reference route Madrid – Bukarest, in: SIGNAL + DRAHT, 112 (4), Ausgabe 04/2020, S. 27-34, <https://elib.dlr.de/132782/>, 06.05.2022 um 11:00

[9] Knitschky, G.; Lobig, A.; Schumann, T.; Mönsters, M.: Marktanalyse und Betriebskonzept für den Next Generation Train CARGO, in: EI - Der Eisenbahningenieur, Ausgabe 03/2018, <https://elib.dlr.de/118567/>, 06.05.2022 um 10:00

[10] Schumann, T.: Increase Of Capacity On The Shinkansen High-speed Line Using Virtual Coupling, WIT Press, COMPRAIL 2016, 19.07.-21.07.2016, Madrid, Spanien, <https://doi.org/10.2495/TD1-V1-N4-666-676>, <https://elib.dlr.de/104572/>, 06.05.2022 um 10:00

[11] Goverde, R. et. al.: Shift2Rail MOVINGRAIL Deliverable D4.3 Application Roadmap for the Introduction of Virtual Coupling, p. 7, Version 21.12.2020, <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=6d995c75-e4d3-4f2c-95b6-1e9e3a1401f5>, 08.02.2022 um 15:00

Summary

NGT Slip Coaching – concept transferability to other countries and route categories

By using the Slip Coaching procedure, an improved offer with a higher operating frequency, reduced travel times as well as additional direct connections can be implemented on the existing infrastructure. International examples are used to show that the benefit compared to already existing time table concepts strongly depends on the type and number of the intermediate stops to be served. The use of Slip Coaching on high-speed lines with several intermediate stops between two junction stations is regarded as recommendable.



OBB

TRAIN TECH

Besuchen
Sie uns auf der
InnoTrans vom
20. - 23. September!
City Cube Halle B,
Stand 630

Immer einen Zug voraus.

Durch kluge Köpfe und intelligente Lösungen.

Die beste Instandhaltung ist und bleibt jene, die Kund:innen nicht merken. Durch Erfahrung, Fachwissen und modernste Technik bieten wir Ihnen genau das.

HEUTE. FÜR MORGEN. FÜR UNS.

traintech.oebb.at

175 Jahre Schweizer Bahnen

In der Schweiz besteht ein sehr dichtes Eisenbahnnetz aus den SBB Strecken und einer Vielfalt an gänzlich unterschiedlichen Privatbahnen. Deren Leistungsfähigkeit und Pünktlichkeit im integrierten Taktfahrplan ist heute vorbildlich. Die 175-jährige Geschichte lehrt uns jedoch, dass der Weg dazu bescheiden anfang.



Vor 175 Jahren ging als erste Schweizer Bahnstrecke am 7. August 1847 die 22,5 km lange Verbindung zwischen Zürich und Baden in Betrieb. Diese Relation garantierte ab Zürich in Richtung Basel ein genügendes Verkehrsaufkommen und verläuft baulich vorteilhaft entlang der Limmat. Dennoch war in Baden ein erster Eisenbahntunnel mit 90 m Länge erforderlich. Angemerkt sei, bereits am 15. Juni 1844 erreichte ab Strasbourg die erste Bahnstrecke Basel.

Zu Anbeginn waren mit divergierenden Interessen die Kantone für alle Belange der Eisenbahn zuständig. Erst 1852 trat das eidgenössische Eisenbahngesetz in Kraft. Dadurch entstanden in rascher Folge auf privater Basis mehrere Bahngesellschaften.

Als zweite Verbindung folgte 1854 die 14,2 km lange Strecke ab Basel in Richtung

Zürich bis Liestal. Bereits 1858 entstand die erste «Gebirgsbahn» zur Überwindung des Juras. Über lange Rampen mit bis zu 26,3 % Steigung und dem 2,5 km langen Hauensteintunnel gelang die Verbindung von Liestal mit Olten. Olten wurde damit zum zentralen Knoten des Schweizer Eisenbahnnetzes.

Die Finanzierung der ersten Bahnstrecken ermöglichte hauptsächlich französisches und englisches Kapital. Folglich kam es zur Gründung mehrerer Schweizer Banken, so 1856 insbesondere zur Schweizerischen Kreditanstalt, der heutigen Credit Suisse.

Wenige Bahngesellschaften dominierten den Gesamtverkehr. Als vermeintliche Alternative gründeten führende Persönlichkeiten, insbesondere aus der in Winterthur dominierenden Demokratischen Partei, die Nationalbahn. Mit der Vision einer Volks-



Jürg D. Lüthard

Bahnjournalist

j.luethard@bahn-journalist.ch

bahn sollte, unter Umfahrung der großen Knoten, insbesondere Zürich, eine Strecke ab dem deutschen Singen/ Konstanz über Winterthur, Zofingen bis an den Genfersee entstehen. Es kam aber nur zum Bau des 159 km langen Abschnitts bis Zofingen. Die 1875 eröffnete Bahn ging bereits 1878 in Konkurs. Es war bis dahin die größte Schweizer Finanzkatastrophe. 1880 übernahm die Nordostbahn die Strecke für 12,4 % der Bau- und Betriebsmittelkosten. Winterthur tilgte die letzten Schulden erst 1954.

Mit der Eröffnung des 15 km langen Gotthardtunnels war das hauptsächlich Streckennetz 1882 bereits erstellt.

Auch in Anbetracht der Katastrophe um die Nationalbahn kam es, nach einem 1898 erfolgten Volksentscheid, zur Gründung der Schweizerischen Bundesbahn (SBB). Per 1902 gingen die Schweizerische Centralbahn, die Schweizerische Nordostbahn und die Vereinigten Schweizerbahnen in das Eigentum der Eidgenossenschaft über. Es folgten 1903 noch die Jura-Simplon-Bahn und 1909 die Gotthardbahn-Gesellschaft, sowie später noch ein paar kleinere Bahnen.

Markante Erweiterungen brachten folglich nur noch große Tunnel, so 1905 mit dem 19,8 km langen Simplon I Tunnel und 1916 mit dem 8,1 km langen Hauenstein Basistunnel. Der Ausbau des Normalspurnetzes kam 1921 nach der Eröffnung des 19,8 km langen Simplon II Tunnels faktisch zum Erliegen.



1: Auf der Drehscheibe der Werkstätte Zürich, die Güterzugslokomotive mit Stütztender D 2/2 Reppisch mit Baujahr 1863. Die beiden ersten Loks lieferte die Maschinenfabrik Escher, Wyss & Cie. in Zürich, die restlichen vier, so auch die Reppisch, die Maschinenfabrik Esslingen an die Zürich-Zug-Luzernbahn. Die Lok war nach deren Übernahme noch bei der Schweizerischen Nordostbahn bis 1876 in Betrieb

Quelle: SBB Historic



2: Einst der Stolz der SBB! Die 120 zwischen 1952 und 1966 beschafften Ae 6/6 mit ihren 4300 kW. Seit 2013 sind die Loks ausgemustert
Quelle: SBB Historic, 2014 in Locarno



3: Einmal der Traum eines jeden Fernreisenden! Einer der fünf zwischen 1961 und 1966 erbauten TEE II der SBB. Mit ihren vier Stromsystemen waren sie europaweit einsetzbar! Die Außerbetriebnahme erfolgte zwischen 1959 und 2000. Die Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h beeindruckt heute jedoch niemand mehr
Quelle: SBB Historic, 2014 in Landquart

Erst 1975 gelang mit der Eröffnung des Heitersbergtunnels eine wesentliche Erweiterung des Normalspurnetzes. Der Tunnel erlaubt zwischen Zürich und Olten eine wesentliche Fahrzeitverkürzung und Kapazitätssteigerung.

1972 stellte der sogenannte «Spinnerclub», eine Vereinigung von drei ausgewiesenen Bahningenieuren, das in ihrer Freizeit erstellte Konzept für einen schweizweiten Taktfahrplan vor. Es ging jedoch noch bis 1982, bis mit bahnbrechendem Erfolg die Einführung des Taktfahrplans folgte.

Nachfolgend waren zwei Volksabstimmungen von epochaler Bedeutung, 1987 zur «Bahn 2000» und 1992 zur «NEAT» (Neue Eisenbahn-Alpentransversale). Erstere sprach einen Kredit von 5,9 Mrd. Franken aus, insbesondere zum Bau der 44,5 km langen und 2004 eröffneten Neubaustrecke zwischen Olten und Bern. Zweitere genehmigte einen Kredit von 14,9 Mrd. Franken insbesondere zur Erstellung des Lötschberg-, Gotthard- und Ceneri-Basistunnels, welche 2007 mit 34,6 km, 2016 mit 57 km und 2020 mit 15,4 km in Betrieb gingen.

Privatbahnen

Mehrere weitere normalspurige Privatbahnen bestehen. Die größten Gesellschaften sind heute die BLS (Bern-Lötschberg-Simplon) und die Schweizerische Südostbahn (SOB). Die heutige BLS entstand erst 2006 und ist die Folge von mehreren Fusionen aus ursprünglich über 20 einzelnen Bahngesellschaften. Dabei stammen die ältes-

ten Streckenteile von der 1872 in Interlaken eröffneten Bödelibahn und der 1875 eröffneten Emmentalbahnen. Der bedeutendste Streckenteil führt jedoch durch den Lötschberg, mit dem 1913 eröffneten 14,6 km langen Scheiteltunnel und dem 2007 eröffneten Basistunnel. Die SOB entstand ab 1870 und verkörpert seit 2001 in der Ostschweiz den Zusammenschluss letztendlich von mehreren Bahngesellschaften.

Angemerkt sei, ein wesentlicher Grund zur Erstellung des Lötschberg Scheiteltunnels war, dass sich der Kanton Bern vom Bund vernachlässigt fühlte und so die Transitstrecke selbst erstellte.

Alle Privatbahnen gehören heute hauptsächlich der öffentlichen Hand, so dem Bund und insbesondere den Kantonen und vereinzelt auch Gemeinden, aber auch Privatpersonen. Viele Freunde der Bahnen halten sich aus Verbundenheit ein paar wenige Aktien. Anzumerken bleibt, die Privatbahnen sind rechtlich mit den SBB gleichgestellt. So auch was die Beihilfen zum Betrieb und von Ausbauten betrifft.

Elektrifizierung

Heute ist das gesamte Bahnnetz, bis auf die touristische Briener Rothorn Bahn und die als Güteranschlussbahn dienende 8,9 km lange Sursee-Triengen-Bahn, vollständig elektrifiziert.

Bei den Normalspurbahnen erfolgte 1899 die erste Elektrifizierung bei der Emmentalbahnen, damals noch mit 750 Volt 40 Herz Drehstrom. Der Simplontunnel erhielt

bereits ab dessen 1905 erfolgten Eröffnung das in Italien weit verbreitete Drehstromsystem mit 3000 Volt 16 Herz.

Federführend für das heutige Stromsystem mit 15 Kilovolt und 16,7 Herz war die Maschinenfabrik Oerlikon, welche damit vor ihrer Haustür bereits von 1905 bis 1909 die erste 19,5 km lange Versuchsstrecke (Seebach – Wettingen) betrieb. Damit ging dann auch der 1913 eröffnete Lötschbergtunnel von Anfang an in Betrieb.

Eine wesentliche Motivation zur Elektrifizierung leisteten die beiden Weltkriege. Kohle war damals kaum zu bekommen, aber Wasserkraft war genügend vorhanden. Als Folge der schnellen Elektrifizierung sind die Schleifstücke der Pantographen von Normalspurbahnen in der Schweiz schmaler als in Deutschland und Österreich. Denn damit konnte man die Absenkung der unzähligen Tunnelsohlen umgehen.

Meterspurbahnen

Von dem etwa 5317 Kilometer langen Schienennetz sind über 1400 Kilometer schmalspurig. Einige Bahnen wie die Rhätische Bahn, die Matterhorn Gotthard Bahn oder die Zentralbahn haben mit bis zu 300 Meter langen Zügen Vollbahn-Charakter. Die meisten Bahnen sind jedoch Vororts- oder Regionalbahnen.

Die erste Meterspurbahn ging 1873 in Betrieb und ist heute Bestandteil der modernen Vorortsbahn Chemin de fer Lausanne–Echallens–Bercher. Eine sehr ungewöhnliche ist die zu den Appenzeller



4: In der Talstation der Brienz Rothorn Bahn ein Zug mit einer Dampflok von 1992 und zwei Vorstellwagen von 1973
Quelle: J. Lüthard



5: Unter Beobachtung von zahlreichen Gästen wird am 13.07.2012 in Airolo die schweizweit erste ETCS Balise montiert
Quelle: J. Lüthard

Bahnen gehörende Bergbahn Rheineck-Walzenhausen mit der Spurweite von 1200 Millimeter, einer Streckenlänge von lediglich 1,96 Kilometer und einem einzigen gemischten Zahnrad- / Adhäsiontriebwagen. Die Spurweite kommt daher, dass die 1896 errichtete Bahn ursprünglich eine Standseilbahn war. Eine andere außergewöhnliche Bahn ist die 1888 eröffnete Pilatusbahn mit 480 Promille Steigung.

Da offenbar für reine Zahnradbahnen die Meterspur als immer noch zu anspruchsvoll galt, entstanden zwischen 1890 und 1893 fünf Bahnen (Monte Generoso, Brienz Rothorn, Rochers-de-Naye, Schynige Platte, Wengernalp) mit der Spurweite von lediglich 800 Millimeter. Wobei bemerkenswerterweise zwei verschiedene Zahnstangensysteme zum Einbau gelangten, Abt 2 Lamellen und Riggerbach.

Charakteristisch für die Schmalspurbahnen ist noch heute deren Vielfalt an Normalien, wie das Lichtraumprofil, die minimalen Bogenradien, die Fahrleitungsspannung, das Kupplungssystem und vieles mehr. In den letzten Jahren gelang eine gewisse Vereinheitlichung; die wird sich jedoch noch über Jahrzehnte hinziehen.

Als Beispiel dazu, heute sind in der Transports Publics du Chablais vier ehemals selbständige Meterspurbahnen vereinigt. Drei davon führen mit Gleisverbindungen ab dem Bahnhofplatz Aigle, die ab 1900 eröffnete Aigle-Leysin Bahn (AL), die ab 1907 eröffnete Aigle-Ollon-Monthey-Champéry Bahn (AOMC) und die ab 1913 eröffnete Aigle-Sépey-Dia-

blerets Bahn (ASD). Das Stromsystem der AOMC war ursprünglich 750 Volt Gleichstrom, nun wie die AL und ASD 1500 Volt. Das Zahnstangensystem war bei der AOMC ursprünglich nach Strub und ist nun wie bei der AL mit Abt 2 Lamellen versehen. Dass auch die Kupplungen verschieden waren, sei noch ergänzt.

Zur technischen und betrieblichen Vereinheitlichung der Bahnen hilft auch maßgeblich die von den Bahnen betriebene und sehr schlank organisierte Vereinigung RAILplus (www.railplus.ch).

Neben den Schmalspurbahnen existieren auch noch diverse meterspurige Trambetriebe, respektive Stadtbahnen, so in und um die Städte Basel, Bern, Genf und Zürich. Für alle diese Netze sind Streckenerweiterungen geplant oder sogar im Bau.

Eher skurril ist das heute 675 Meter lange und auf über 2200 Meter über Meer gelegene Riffelalptram, mit lediglich zwei 5,3 Meter langen Fahrzeugen auf der Spurweite von 800 Millimeter. Da die Gemeinde Zermatt seinerzeit zur Erschließung der Grandhotels keine Straße wollte, erlangte das Hotel vom Bund eine Eisenbahnkonzession.

Einstellungen

In der Schweiz kam es zu verhältnismäßig wenigen Streckeneinstellungen. Die meisten waren Tramstrecken, aber fast keine Normalspurstrecken. Die Einstellungen erfolgten insbesondere in den 50er- und 60er-Jahren. Bei einigen wenigen kleinen Bahnen war das sicherlich gerechtfertigt.

Aber bei der überwiegenden Anzahl muss dies heute als Fehler bezeichnet werden, so z.B. bei den Meterspurbahnen Bellinzona – Mesocco, Maggiatal oder Uster – Oetwil. Die einstige 1,6 km lange Straßenbahn St. Moritz (1896 – 1932) wäre heute sicherlich eine Touristenattraktion.

Noch Mitte der 70er-Jahre war beispielsweise die Chemin de fer Nyon – Saint-Cergue – Morez hochgradig einstellungsgefährdet. Heute verkehrt die Bahn mit modernsten Fahrzeugen und im unteren Streckenteil im Viertelstundentakt sowie über die 27 km lange Gesamtstrecke im Halbstundentakt.

Generell kann festgestellt werden, dass da, wo sich die Bahnen und die Bevölkerung für die Bahnen einsetzten, diese meist auch erhalten blieben. Die föderale Struktur der Schweiz und die Mitbestimmung der Bürger mittels Referenden und Initiativen, oder auch nur deren Androhung, trugen sicherlich maßgeblich dazu bei.

Heute ist die weitere Einstellung von Strecken kaum mehr vorstellbar.

Stand heute

Am 13. Juli 2012 ging in Airolo die erste ETCS Balise in Betrieb. Ab Dezember 2017 war das gesamte Normalspurnetz zumindest mit ETCS L1 LS ausgerüstet.

Außer auf der DB Strecke Schaffhausen – Erzingen und bei Museumsbahnen gibt es heute keine Formsignale mehr. Damit sind auch alle mechanischen Stellwerke ersetzt. Fast alle Doppelspurstrecken sind für

den Gleiswechselbetrieb ausgerüstet, auch bei den Meterspurbahnen.

Bis Ende 2023 muss der gesamte öffentliche Verkehr behindertengerecht sein. Dies führte in den letzten Jahren zum umfangreichen Rollmaterialersatz und in den Bahnhöfen und Haltestellen mit deren Haltekannten zu massiven Umbauten. Die dazu direkt anrechenbaren Kosten belaufen sich auf 2,5 bis 3 Milliarden Franken.

Zukunft

Wie die Weiterentwicklung der Schweizer Bahnen aussehen wird, ist bereits mit den Ausbausritten AS 2025, AS 2030 und AS 2035 weitestgehend festgelegt. So hat z. B. das Parlament allein für den AS 2035 bereits 2019 12,89 Mrd. Franken gesprochen. Darin sind 170 Infrastrukturprojekte für die SBB und 22 der Privatbahnen definiert.

Alle diese AS beinhalten pragmatische Projekte wie Kapazitätserhöhungen mit 2. und 3. Gleisen, Taktverdichtungen und Fahrzeitverkürzungen. Dazu erscheint ein jährlicher Standbericht.

Irgendwann wird wahrscheinlich auch eine durchgehende Hochgeschwindigkeitsstrecke von Genf bis St. Gallen bestehen. Am wahrscheinlichsten werden wohl noch einige Stadtbahnstrecken entstehen.

Anzumerken bleibt, die Bürger der Schweiz fühlen sich mit ihren Bahnen sehr verbunden. Die Chancen sind intakt, dass das so bleibt. Folglich wird der Souverän auch weiterhin bei anstehenden Volksabstimmungen sehr hohe Kredite sprechen.

Festivitäten

Die Jubiläumsfeierlichkeiten finden über das ganze Land verteilt regional bis in den

Oktober statt. Da sind auch viele kleinere Anlässe mit integriert, wie Führungen. Details unter <https://175-jahre.ch>

Erinnert sei, laut SBB Angaben sollen sich 1997 zur 150-Jahr-Feier an einem Wochenende 180.000 Besucher in St. Gallen eingefunden haben! ●

Summary

175 years Swiss Railways

In Switzerland, there is a very dense railway network consisting of SBB lines and a variety of completely different private railway companies. Their capacity and punctuality in the integrated interval timetable are exemplary today. The 175-year history teaches us, however, that the path to this goal began modestly.

GIMOTA Steckverbinderlösungen - bewährt, sicher und hocheffizient

GIMOTA Rundsteckverbinder sind speziell für den anspruchsvollen Einsatz in Schienenfahrzeugen entwickelt worden. Sie entsprechen der MIL DTL-5015 und sind mit Gewinde- oder Bajonettverschluss erhältlich. Die Vibrationsfestigkeit nach DIN EN 61373 sowie die geprüften Schutzklassen bis IP69 nach DIN EN 60529 und die hohe Brandklasse machen sie besonders geeignet für die Anforderungen der Bahntechnik.



Modulare Steckverbinder von GIMOTA ermöglichen flexible Anschlussmöglichkeiten für Energie, Signale und Daten - auch unter extremen Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel in Schienenfahrzeugen. Sie erfüllen die wichtigsten Bahnnormen wie R22, R23 / HL1, HL2, HL3 der EN 45545-2, IP65 / IP67 und IP69 (Hochdruckreinigung) nach DIN EN 60529 und Kategorie 2 (Drehgestellmontage) Schock- und Vibrationstest der EN 61373.

Seit mehr als 60 Jahren spezialisiert auf Bahnstecker
Besuchen Sie uns an der InnoTrans in der Halle 12 am Stand 255

Die bahntauglichen TRAC D-SUB, TRAC F und M12 Anschlüsse bieten individuelle und hocheffiziente Daten- und Signalübertragungskapazitäten bei gleichzeitig höchster Betriebssicherheit. Die TRAC-Steckverbinder sind individuell kodierbar, um Fehler beim Stecken der Steckverbinder auszuschließen. Der 360°-Schirmanschluss sorgt für einen optimalen Schirmübergang vom Kabel zur leitenden Fläche des Steckers.



GIMOTA AG | Chrummacherstrasse 3 | 8954 Geroldswil | Schweiz
Tel: +41 44 749 30 10 | Mail: info@gimota.ch | Web: www.gimota.ch

Klimaschutz im Verkehrswegebau – Gesamtoptimierung oder interessenorientierte Segmentierung? (Teil 2)

Im ersten Teil dieses Artikels zum Klimaschutz im Verkehrswegebau sind schwerpunktmäßig die bau- und materialspezifischen Aspekte betrachtet worden (siehe ETR 7-8/2022). In diesem zweiten Teil werden die verkehrlichen Perspektiven näher beleuchtet. Dabei können und dürfen die Klimawirkungen des Verkehrswegebaus nicht isoliert betrachtet werden. Sie sind vielmehr eingebettet in übergeordnete Klimaziele. Durch den Verkehrswegebau verursachte Emissionen müssen deswegen immer dahingehend bewertet werden, ob sie zum Erreichen dieser Klimaziele beitragen.



1. Klimarelevante Zielsetzungen im Bereich „Urbane Mobilität“

Eines der wichtigsten Ziele ist derzeit die (weitgehend) klimaneutrale Stadt. Zentrales Thema ist dabei die Mobilität, denn der Verkehrssektor verursacht in Deutschland ca. 20% aller CO₂-Emissionen. Dekarbonisierung des Verkehrs ist somit ein im Fokus stehendes Zukunftsthema [2]. Das betrifft natürlich in erster Linie die im Elektromobilitätsgesetz genannten alternativen Antriebstechniken im Pkw-Verkehr (batterieelektrisch, Plug-in-Hybrid und Wasserstoffantrieb); im ÖPNV-Bereich jedoch auch die (Diesel-)Busse.

Dabei reicht es jedoch nicht aus, Verbrennerfahrzeuge durch E-Autos zu ersetzen, denn der öffentliche Raum muss zum Leben genutzt werden und nicht als Parkplatz [3]. Diese Zielsetzung ist ambitioniert, denn erst wenn (attraktive) „Alternativen zum eigenen Pkw geschaffen werden, kann ein anderes Mobilitätsverhalten erwartet werden“ [1]. Zu den wichtigsten erforderlichen attraktivitätssteigernden Maßnahmen zählen:

- **Ausbau und Beschleunigung des hochleistungsfähigen Bahnverkehrs**

Die bestehenden Bahnsysteme sind das Rückgrat des ÖPNV-Systems in den Städten. Alle Bahnen des ÖPNV (U-Bahn, Stadtbahn, Straßenbahn) und des SPNV (S-Bahn) sind elektrisch betrieben und deren Strom stammt schon heute nahezu zu 100% aus erneuerbaren Energien. Sie sind somit in ihrem Betrieb extrem klimafreundlich. In Verbindung mit ihrer hohen Leistungsfähigkeit (Kapitel 2) ist deren weiterer Ausbau somit eine hervorragende Ausgangsbasis für eine nachhaltige Stadtentwicklung.

- **Dekarbonisierung des kommunalen Busbetriebs**

Durch Förderprogramme soll erreicht werden, dass bis 2030 die Hälfte aller Busse im ÖPNV elektrisch fahren. Einige deutsche Verkehrsunternehmen planen sogar, ihre Busflotten bis etwa 2035 zu 100% auf umwelt- / klimafreundliche Antriebstechnologien umzustellen.

- **Ausbau der digitalen Leit-, Sicherungs- und Servicetechnik bei Bahnen und Bussen**

Die Maßnahmen dienen kurzfristig in erster Linie zur maximal möglichen Ausnutzung der bestehenden und der



Prof. Dr.-Ing. Roland Leucker
Geschäftsführer, STUVA e. V., Köln



Dipl.-Ing. Martin Schmitz
Geschäftsführer Technik, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV), Köln
schmitz@vdv.de

neuen Fahrwegkapazitäten (dichte Taktfolge) [4]. Sie reichen bis zum autonomen Fahren, wenn dafür die Voraussetzungen gegeben sind. Aber auch die vollständige Digitalisierung beim Ticketing und bei der Fahrgastinformation ist von herausragender Bedeutung, denn sie dient nicht nur dem Kundenservice, sondern vor allem dem Abbau von Zugangshemmnissen zum ÖPNV und damit der Neugewinnung von Kunden (etwa vom Pkw).

■ **Schaffung multimodaler Angebote und digitaler Voraussetzungen für den Betrieb**

Dazu zählen vor allem die gezielte Verknüpfung des ÖPNV mit den übrigen Verkehrsmitteln des Umweltverbundes (Rad- und Fußverkehr) sowie mit Car-Sharing- und Pooling-Angeboten, z.B. in Mobilitätsstationen, denn ein Verkehrsträger allein wird die zukünftige Nachfrage in einer Stadt nicht flächendeckend bedienen können.

■ **Gezielter Ausbau von Parkraummanagement und -bewirtschaftung**

In einer (weitgehend) klimaneutralen Stadt muss der verbleibende Individualverkehr (E-Pkw) zur Begrenzung seiner Verkehrsbewegungen und der Flächen-nutzung gezielt geleitet und begrenzt werden. Außerdem ist die Parkraumbewirtschaftung (Stellplatzzahl, Preishöhe und Preissystem) in der Innenstadt als flankierende Maßnahme zur ÖPNV-Stärkung notwendig.

■ **Institutionelle Rahmenbedingungen zur Berücksichtigung der verkehrlichen und siedlungsstrukturellen Bezüge**

Mögliche Ausgestaltungen richten sich nach der Leitidee einer Stadt der kurzen Wege und der Förderung von nutzungsgemischten Raumstrukturen. Es erfolgt eine konsequente Umsetzung der Bauaktivitäten an den Korridoren des öffentlichen Verkehrs. Wesentlich ist auch die Förderung regionaler Verkehrsentwicklungspläne zur besseren Abstimmung des öffentlichen Verkehrs zwischen Stadt, Umland und Region.

Die vom Bundesverkehrsminister eingesetzte (system- und gesellschaftsübergreifende) Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) hat in ihrer Arbeitsgruppe „Klimaschutz im Verkehr“ zahlreiche Handlungsoptionen erarbeitet [1], auf die hier verwiesen wird. Die zuvor dargestellten Maßnahmen werden in diesem Bericht ergänzt und weiter ausgeführt. Dort wird in der Ad-hoc-Gruppe „Urbane Mobilität“ aber auch herausgestellt, dass sich die Instrumente der Szenarien gegenseitig bedingen und ihre Gesamtwirkung deutlich größer als die Wirkung der einzelnen Instrumente ist [1]. Klimaschutz und Attraktivitätssteigernde ÖPNV-Maßnahmen bedingen einander somit.

Es ist kein Zufall, dass in Ballungsräumen mit einem sehr gut ausgebauten und auf hochleistungsfähigen Verkehrsmitteln basierenden ÖPNV, verknüpft mit anderen Angeboten des Umweltverbundes, der Pkw-Besitz pro Einwohner wesentlich geringer ist als der Durchschnittswert in Gesamtdeutschland oder in eher ländlichen Gebieten. Die meisten deutschen Städte und vor allem die großen Ballungsräume sind dabei, auf diesem Weg weiter fortzuschreiten. So hat sich beispielsweise Nürnberg 2021 zum Ziel gesetzt, den Anteil der mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes zurückgelegten Wege bis 2030 auf 68% auszubauen [5].

Es kommt also auch in einer klimaorientierten Stadt weniger darauf an, das Auto vollständig zu verdrängen, sondern das Nutzungsverhalten der Bürger zu verändern. Schon heute verfügen nach Erhebungen [6] nämlich über 30% der Personen mit Pkw im Haushalt auch über eine ÖPNV-Zeitkarte, d.h. sie sind Dauernutzer. Dieser Anteil ist durch attraktiven ÖPNV ausbaufähig und er erhöht sich weiter, wenn die gelegentlichen Nutzer (also mit Einzelfahrausweisen) aus diesen Haushalten hinzugerechnet werden.

Pkw-Besitz und ÖPNV-Nutzung schließen sich also nicht aus. Es geht deshalb bei den Maßnahmen nicht nur darum, neue ÖPNV-Kunden vom Pkw zu gewinnen, sondern vor allem bereits bestehende „Pkw-Kunden“ zu einer verstärkten ÖPNV-Nutzung und damit gleichzeitig zu einer verringerten Pkw-Nutzung zu bewegen. Angesprochen sind hier insbesondere die

autofahrenden Pendler. Ziel ist es darüber hinaus, dass ein multimodaler öffentlicher Verkehr eine vollwertige Alternative zum privaten Pkw darstellt.

In Berechnungen zur Klimabilanz der Verkehrsmittel muss deshalb auch die verringerte Pkw-Nutzung der bereits bestehenden Kunden berücksichtigt werden, und zwar für die ganze Linie und nicht nur für verlängerte Endäste. Bei einer vollwertigen Alternative zum privaten Pkw werden auch die längeren Wege im Freizeitverkehr mit dem öffentlichen Verkehr zurückgelegt. Dies alles verbessert die Klimabilanz selbst sehr großer ÖPNV-Verkehrsbauten!

2. Berücksichtigung der Verkehrsleistung der öffentlichen Verkehrsmittel

Die im öffentlichen Verkehr eingesetzten Verkehrsmittel ermöglichen im realen Betrieb extrem unterschiedliche Verkehrsleistungen (Tabelle 1). Sie können sich also nicht, oder zumindest nur in den Überschneidungsbereichen der Tabellenangaben, gegenseitig „ersetzen“.

Die in Tabelle 1 genannten Bahnformen werden in deutschen Städten gezielt nach Leistungs- und Kostenkriterien eingesetzt. Entsprechend sind die sehr weitgehend vorhandenen – und in Deutschland infolge der GVFG-Investitionen in den letzten 50 Jahren bereits sehr hochleistungsfähig ausgebauten – Netze in den einzelnen Städten unterschiedlich gestaltet. Über diese vorhandenen Netze kann man sich bei dem weiteren Ausbau nicht einfach hinwegsetzen. Hätte man also beispiels-

Tabelle 1: Mittelwerte realer Fahrgastzahlen bei verschiedenen öffentlichen Verkehrsmitteln in Deutschland (nach Erhebungen des VDV, entnommen aus [7])

	Verkehrsmittel	Mittlere reale Fahrgastzahlen [Fahrgäste/Tag] ¹⁾
Bahn-Linienverkehr	S-Bahn	20.000–120.000
	U-Bahn	100.000–200.000
	Stadtbahn	20.000–100.000
	Straßenbahn	10.000–30.000
	Regionalbahn	2.000–5.000
Bus-Linienverkehr	Stadtbus in Verdichtung	2.000–15.000
	Regionalbus in Fläche	1.000–3.000
Bedarfsverkehr	Bedarfsbus (Richtungsband)	500–1.000
	Anrufsammel-Taxi (Gebiet) ²⁾	40–100
	Bürgerbus (Gebiet) ²⁾	20–50

1) Es handelt sich nicht um Leistungsfähigkeiten, sondern um mittlere reale Werte pro Tag in beiden Richtungen für die Bedienungsbereiche bzw. Linien; in Einzelfällen sind somit Über- bzw. Unterschreitungen der Zahlen möglich
 2) Einsatz meist nur zu bestimmten Tageszeiten



1: Neugestaltung Marktplatz Karlsruhe

Quelle: KME Karlsruhe Marketing und Event GmbH, karlsruhe-event.de, Jürgen Rösner

weise die (inzwischen gebaute) U5 in Berlin durch Straßenbahnen „ersetzen“ wollen, so wären dafür etwa fünf oberirdische Straßenbahnlinien erforderlich gewesen, um die erwartete Verkehrsleistung abzudecken. Das ist allein aus Platzgründen, aber auch aus Gründen der Netzeffizienz und der Oberflächengestaltung und -nutzung undenkbar. Darüber hinaus wäre infolge der Inanspruchnahme von oberirdischen Flächen und in noch stärkerem Maße wegen möglicher Schallemissionen von Straßenbahnen im Betrieb (z.B. „Kurvenquietschen“) mit erheblichen Schwierigkeiten bei der Akzeptanz in der Bevölkerung und mit Verzögerungen in der Genehmigungsphase zu rechnen.

Die Städte und Verkehrsunternehmen müssen daher beim weiteren ÖPNV-Ausbau systemrelevant vorgehen, d.h. in den bestehenden Systemen ortsbezogen sinnvoll weiterentwickeln. Wenn dabei – wie vorgesehen – der ÖPNV-Anteil gegenüber dem Istzustand 2020 verdoppelt werden soll, muss zwangsläufig in hochleistungsfähige Bahnsysteme mit entsprechenden Beförderungskapazitäten und Attraktivitätskriterien investiert werden.

Natürlich brauchen nicht immer ganze Bahnlinien unterirdisch geführt zu werden. Das gilt vor allem für die Stadtbahnen, die sowohl völlig unabhängig im Tunnel (Innenstadtbereich), als auch ebenerdig auf besonderem Bahnkörper (Außenbereiche) verkehren können. Damit sind dann bei diesen Systemen auch Linienverlängerungen einfacher und kostengünstiger möglich als bei der klassischen U-Bahn.

Ein eindrucksvolles Beispiel dafür, wie eine Straßenbahn durch erfolgreichen ÖPNV-Ausbau und -Betrieb die Grenzen ihres Leistungsvermögens erreichen kann, bildet Karlsruhe. Die Bahn fuhr im Stadtzentrum durch die Fußgängerzone in der Kaiserstraße und wurde durch die dortige maximal zulässige Fahrgeschwindigkeit von 25 km/h sogar noch in ihrer Leistungsfähigkeit herabgesetzt. Durch äußerst erfolgreiche Nachfragesteigerungen führen zum Schluss Straßenbahn an Straßenbahn durch die Fußgängerzone. Dies führte zu einer hohen Trennwirkung und geringer Aufenthaltsqualität. Die zulässige (niedrige) Fahrgeschwindigkeit wurde dabei sogar nur selten erreicht. Die Straßenbahn musste zwangsläufig aufgrund ihres eigenen Erfolgs in die Tieflage verlegt werden, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen und die Funktion der Fußgängerzone wiederherzustellen. Ein 2,4 km langer Bahntunnel mit vier unterirdischen Haltestellen in der Kaiserstraße (in Verbindung mit einem rund 1 km langen Südabzweig mit drei weiteren unterirdischen Haltestellen) hat somit die Innenstadt Karlsruhe wieder den Menschen zur Nutzung zurückgegeben und es ermöglicht, oberirdisch nach Gesichtspunkten des Umwelt- und Klimaschutzes zu gestalten (Bild 1).

Oberirdischer Klimaschutz, ermöglicht durch (unterirdische) Verkehrsbauwerke, ist in einer Klimabilanz diesen Bauwerken positiv anzurechnen – und in diesem Fall sogar bei einer abschnittsweise unterirdisch geführten Straßenbahn in einer Mittelstadt.

3. Berücksichtigung menschenorientierter und klimagerechter Stadtgestaltung

Verkehrsbauwerke gleich welcher Art haben gemäß ihrer Zweckbestimmung eine „dienende Funktion“, denn sie sollen (eigentlich nur) eine optimale Mobilität in der Stadt ermöglichen. Dennoch können sie – in letzter Zeit zunehmend – wichtige Elemente der Stadtgestaltung sein. Nicht selten werden sie heute deshalb von hochkarätigen Architekten oder Designern gestaltet. Das fängt im oberirdischen Bereich bei den Haltestellenanzeigen an, geht über die Fahrgastinformationen und die Haltestellen selbst weiter (Integration in das Stadtbild) und endet schließlich bei den Fahrzeugen und den Fahrwegen (z.B. Rasengleis). Dies alles zählt heute im weitesten Sinne zum Oberbegriff „Stadtmöblierung“ mit zu Recht immer höheren Ansprüchen, die daran gestellt werden. Es gibt inzwischen zahlreiche herausragende Beispiele in deutschen Städten, so dass es fast „diskriminierend“ wäre, hier einzelne als Musterbeispiele herauszustellen.

Darüber hinaus bieten unterirdische Verkehrsbauwerke für die oberirdische Gestaltung der Städte einen geradezu unermesslichen Spielraum an. Ein herausragendes Beispiel dafür ist das Rosensteinquartier in Stuttgart. Auch wenn das Projekt „Stuttgart21“ in der breiten Öffentlichkeit oft nur als ein „Bahnhofsprojekt“ wahrgenommen wird, wird dadurch eine neue und menschen- wie klimaorientierte Stadtgestaltung dort ermöglicht, wo vorher weit ausgedehnte, lärmzeugende und flächenbeanspruchende Gleisbündel der Eisenbahn eine die Stadt zertrennende Großbarriere bildeten. Auf insgesamt 85 Hektar Fläche mitten in der Stadt entsteht nach Fertigstellung des neuen Hauptbahnhofs ein völlig neues nachhaltiges und klimagerechtes Stadtquartier (Bild 2) [8], das unterirdisch an die Stadt angebunden ist.

Im Zusammenhang mit der notwendigen Beschaffung von neuem und bezahlbarem Wohnraum gibt es in mehreren anderen Städten entsprechende Projekte (z.B. „Grasbrook“ in Hamburg oder „Freiham Nord“ in München). Dabei wird es in Zukunft immer einerseits um eine klima- und umweltorientierte oberirdische Bebauung gehen, aber andererseits auch um eine gleichermaßen orientierte Verkehrsanbindung. Ob diese oberirdisch oder unterirdisch erfolgt und mit welchen öffentlichen Verkehrsmitteln, ist dabei immer von

der Situation des Einzelfalls sowie von den bereits bestehenden Systemen und deren Ausbaustandard abhängig.

Eines ist jedoch unstrittig: Verkehrsbauten werden bei all diesen Neugestaltungen eine entscheidende und durch nichts zu ersetzende Rolle spielen.

4. Schlussbemerkung

Unzweifelhaft steht fest: „Je mehr wir bauen, umso stärker und schneller steigt die CO₂-Belastung der Atmosphäre. Im Sinne der Transformation von Stadt kann die Aufgabe aber nicht im Verzicht auf Neubau liegen, sondern darin, Lösungen zu finden, die die CO₂-Emissionen im Lebenszyklus der Gebäude auf Null oder negativ setzen“ [9]. Dies gilt in gleicher oder zumindest ähnlicher Weise auch für den Verkehrswegebau. Aber dazu ist nicht nur eine Gesamtbetrachtung der Tiefbauwerke notwendig, sondern auch der Zwangspunkte, denen sie unterliegen, und ihrer (positiven) Folgen für die Stadtentwicklung. Und das macht die Sache schwierig.

Die hier zumindest ansatzweise dargestellten Sachverhalte vermitteln einen Eindruck davon, was alles für eine neutrale und ausgewogene Entscheidung beachtet werden müsste. Dies führt letztendlich zu der Frage, ob es überhaupt aussagekräftig ist, im Verkehrsbereich (und zwar bei Schiene und Straße in gleicher Weise und Ausführlichkeit) die durch die jeweils notwendigen (nicht etwa willkürlich gewählten) Bauwerke ausgelösten Emissionen in vergleichende Analysen oder gar in Bau- bzw. Systementscheidungen über allumfassende „Klimabilanzen“ einzubeziehen. Die eine begründbare Antwort lautet: Nein. Denn hierdurch würde der Manipulation – einerseits durch unangemessene und irreführende Segmentbetrachtungen und andererseits durch die vielfältigen Möglichkeiten eines „Hinrechnens“ oder gar der Durchsetzung von „Ideologien“ – Tür und Tor geöffnet. Das ist jedoch nicht hilfreich für eine sachgerechte Entscheidung, die für eine jeweilige städtebauliche Situation zu einer optimalen Verkehrslösung führen soll.

Die andere begründbare Antwort auf die Frage lautet: Ja. Sie wird z. B. in [10] vertreten und damit begründet, dass es „dringend geboten ist, die ökologische Bewertung von Verkehrssystemen nicht nur auf der Basis der Antriebsenergie vorzunehmen, sondern das gesamte Verkehrssystem inklusive aller Infrastrukturkomponenten zu betrachten“. Allerdings bezieht



2: Die Entwicklungsfläche Rosenstein: Die geplanten Quartiere und der Park [8]

sich diese Studie auf einen Vergleich des Fernverkehrs der Bahn, der Straße und des Flugzeugs. Das heißt: Städtebauliche Aspekte, Flächenverbrauch, Lärm und Vibrationen, die gerade beim ÖPNV (abgesehen von den andersartigen Verkehrsleistungen) eine besondere Rolle spielen, sind dort ausdrücklich nicht berücksichtigt.

Bei der Antwort ist also sorgfältig zu differenzieren und es müssen bei jedem System unbedingt alle Faktoren berücksichtigt werden. Gerade dabei stößt jedoch auch die erwähnte Studie an deutlich erkennbare Grenzen.

Unstrittig dürfte jedoch der Grundsatz sein, dass Verkehrsbauten zwar einerseits so effizient und emissionsfrei wie möglich hergestellt, aber andererseits auch nicht durch ausufernde Kosten verhindert werden. Denn letztendlich muss das anzustrebende Ziel realisierbar sein, einen hochleistungsfähigen, multimodalen öffentlichen Verkehr zu gestalten, der von den Bürgern als echte Alternative zum privaten Pkw angenommen wird. Eine marktwirtschaftlich ausgerichtete CO₂-Bepreisung wird dabei als Treiber und Steuerungsinstrument für mehr Klimaschutz sowohl im Bau- als auch Verkehrsbereich wirken. ●

Literatur

- [1] BMVI: Wege für mehr Klimaschutz im Verkehr; Zwischenbericht 07/2021 der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“, Berlin, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).
 [2] Pollina, Cordelia: Planung der Stadt der Zukunft; plan 16 – Urbanisierung; Schüller-Plan, Juli 2021, S.12 ff.
 [3] Frahm, Marion: Weit mehr als autofreie Innenstädte

– Spagat zwischen guter Erreichbarkeit und Verkehrsberuhigung; Mobility impacts, 01.2021, S.10 ff.

[4] Kümmling, M.; Wanstrath, S.: Maximierung der Fahrwegkapazität mit digitaler Leit- und Sicherungstechnik; ETR-Eisenbahntechnische Rundschau, H. 7+8, 2021, S. 16 ff.

[5] Klodner, Hermann u. a.: Renaissance des ÖPNV nach der Corona-Krise; Der Nahverkehr, H. 7 + 8, 2021, S. 49.

[6] INFAS, DLR, IVT und INFAS 360 (2019): Mobilität in Deutschland; Ergebnisbericht; im Auftrag des BMVI.

[7] VDV (Herausgeber): Stadtbahnsysteme – Grundlagen-Technik- Betrieb-Finanzierung; Buch der blauen VDV-Reihe; Juni 2014; S. 32.

[8] www.rosenstein-stuttgart.de.

[9] HafenCity Hamburg GmbH: Städtebau und Freiraum für Stadtteil Grasbrook – Dokumentation des wettbewerblichen Dialogs; Juni 2018 bis April 2020; online verfügbar unter: www.grasbrook.de.

[10] Radermacher, Klaus / Hermann, Andreas (Autoren): Ganzheitliche ökologische Bilanzierung von Verkehrssystemen; Studie erstellt im Auftrag der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit; April 2021.

Summary

Climate Protection in Transportation Infrastructure Construction – System improvement or Interest-Driven Segmentation?

In the first part of this article on climate protection in transportation infrastructure construction, the focus was on the construction and material-specific aspects (ETR 7-8/2022). In this second part, the transport perspectives are examined in more detail. The climate impacts of transport infrastructure construction cannot and must not be considered in isolation. Rather, they are embedded in overarching climate goals. Emissions caused by transport infrastructure construction must therefore always be evaluated in terms of whether they contribute to achieving these climate goals.

Der Alstom BEMU Demonstrator im Fahrgasteinsatz – erste Erfahrungen aus dem Testbetrieb

Batterieelektrische Fahrzeuge werden in Deutschland als Ersatz für Dieseltriebzüge in immer mehr Ausschreibungsnetzen zum Einsatz kommen. Im Rahmen eines Förderprojektes war der Alstom BEMU Demonstrator in Baden-Württemberg und Bayern mit Fahrgästen unterwegs. Der Artikel gibt einen Überblick über die ersten Erfahrungen aus dem Testbetrieb.



1. Einführung

Die Förderung der Elektromobilität, die Verringerung der Schadstoffbelastung sowie die Attraktivitätssteigerung des Schienenpersonenverkehrs im Interesse einer Modal Split-Steigerung zugunsten des ÖPNV und SPNV sind langfristige Prioritäten der heutigen Verkehrspolitik. Neben Ballungsräumen, wo diese Verkehre heute schon zu größeren Teilen elektrisch betrieben werden, treten auch die bislang mit Dieselfahrzeugen betriebenen Verkehre weiter außerhalb in den Fokus. Einen Beitrag zu den genannten Zielen leisten Batteriefahrzeuge, die in den kommenden Jahrzehnten die Dieselflotten ersetzen können.

2. Vorstellung des Projektes

Das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), der NOW GmbH und PTJ geförderte Forschungsprojekt „BEMU: Batterietriebzug für nicht- oder nur teil-elektrifizierte Strecken des Schienenpersonennahverkehrs“ mit den Projektpartnern Alstom Deutschland GmbH und der Technischen Universität Berlin, soll die Ziele zur Klimaneutralität mit der Entwicklung und Zulassung eines Batterietriebzuges unterstützen.

Um der komplexen Thematik gerecht zu werden, enthält das Projekt als Basis der wichtigen fahrzeugtechnischen Entwicklungen eine ausführliche Definition der zu beachtenden Randbedingungen, die sich



Pavel Boev

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Methoden der Produktentwicklung und Mechatronik der TU Berlin
pavel.boev@tu-berlin.de



Benjamin Ebrecht

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur der TU Berlin
BEbrecht@railways.tu-berlin.de



Stefan von Mach

Chief Engineer BEMU und Bid Technical Manager bei Alstom
stefan.von-mach@alstomgroup.com



Ulrich Zimmermann

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur der TU Berlin
UZimmermann@railways.tu-berlin.de



1: Der Alstom BEMU Demonstrator im Einsatz im oberleitungsfreien Betrieb zwischen Pleinfeld und Gunzenhausen in Bayern/Mittelfranken
Quelle: Alstom/ Stefan von Mach

aus den Themenfeldern Betrieb und Ladeinfrastruktur ergeben. Zusätzlich wurden detaillierte Untersuchungen in den Bereichen Wirtschaftlichkeit und Umweltbilanz durchgeführt und insbesondere dem Aspekt der Zulassung, aufgrund der besonderen Wichtigkeit, besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Zum Ablauf des seit 2016 laufenden Projekts gehört ein Probetrieb mit Fahrgästen, um die reine batterieelektrische Antriebstechnologie möglichst realitätsnah zu testen. Für diese Praxistests sind die assoziierten Projektpartner DB Regio AG, die Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg (NVBW) sowie die Bayerische Eisenbahngesellschaft (BEG) an dem Projekt beteiligt. Der Abschluss des Förderprojektes ist noch im Jahr 2022 geplant.

3. Das Fahrzeug

Bei dem BEMU-Demonstrator (BEMU = battery electric multiple unit) (siehe Bild 1 und ETR 9/2018, S. 115-119) handelt es sich um einen der deutschland- und europaweit ersten modernen Batteriezüge, die für den regulären Personenverkehr zugelassen wurden. Er vereint die Vorteile der elektrischen Traktion und ermöglicht den Betrieb von elektrischen und (lokal) emissionsfreien Zügen auf Dieselstrecken. In Bezug auf die Antriebsarchitektur basiert der Batteriezug auf einem konventionellen Elektrotriebwagen (EMU = electric multiple unit), während der bestehende Stromabnehmer für den Betrieb unter der Oberleitung sowie für die Nachladung der Traktionsbatterie während der Fahrt und im Stand genutzt wird.

Das Herzstück des BEMU stellt das Energiespeichersystem dar, welches die Energie für den Betrieb auf nicht- oder teilweise elektrifizierten Strecken liefert. Weiterer Bestandteil der Entwicklung war die mechanische, elektrische und funktionale Integration des Batteriesystems in das Fahrzeug.

3.1. Fahrzeugentwicklung und -funktionen

Integration in das Fahrzeug

Aus Fahrgastsicht ist der BEMU Demonstrator kaum von einem EMU zu unterscheiden. Die Innenausstattung unterscheidet sich nicht von einem Standard-EMU. Die Sitzplatzkapazität bleibt bei 163 sitzenden und 162 stehenden Fahrgästen. Der Innenraum ist also mit dem eines konventionellen Elektrotriebzuges identisch. Das Energiespeichersystem, welches aus vier Traktionsbatteriesystemen mit entspre-



2: Blick auf zwei der insgesamt vier Traktionsbatteriesysteme. Die Nachladung wird über den Stromabnehmer im Stand und während der Fahrt unter der 15 kV, 16,7 Hz Oberleitung durchgeführt

Quelle: Alstom/Stefan von Mach

chenden Temperiereinheiten und zwei DC/DC-Wandlern besteht, wurde auf dem Dach des 56 Meter langen Zuges installiert.

Ein besonderes Augenmerk lag auf der Entwicklung und Integration der neuen Funktionen für den Batteriebetrieb. Dazu gehören neben den Funktionen für den Systemwechsel zwischen Oberleitungs- und oberleitungsfreiem Betrieb auch Sicherheitsfunktionen wie die sichere Abschaltung der Traktionsbatterien, die Branderkennung / Brandüberwachung sowie verschiedene Energiemanagement-

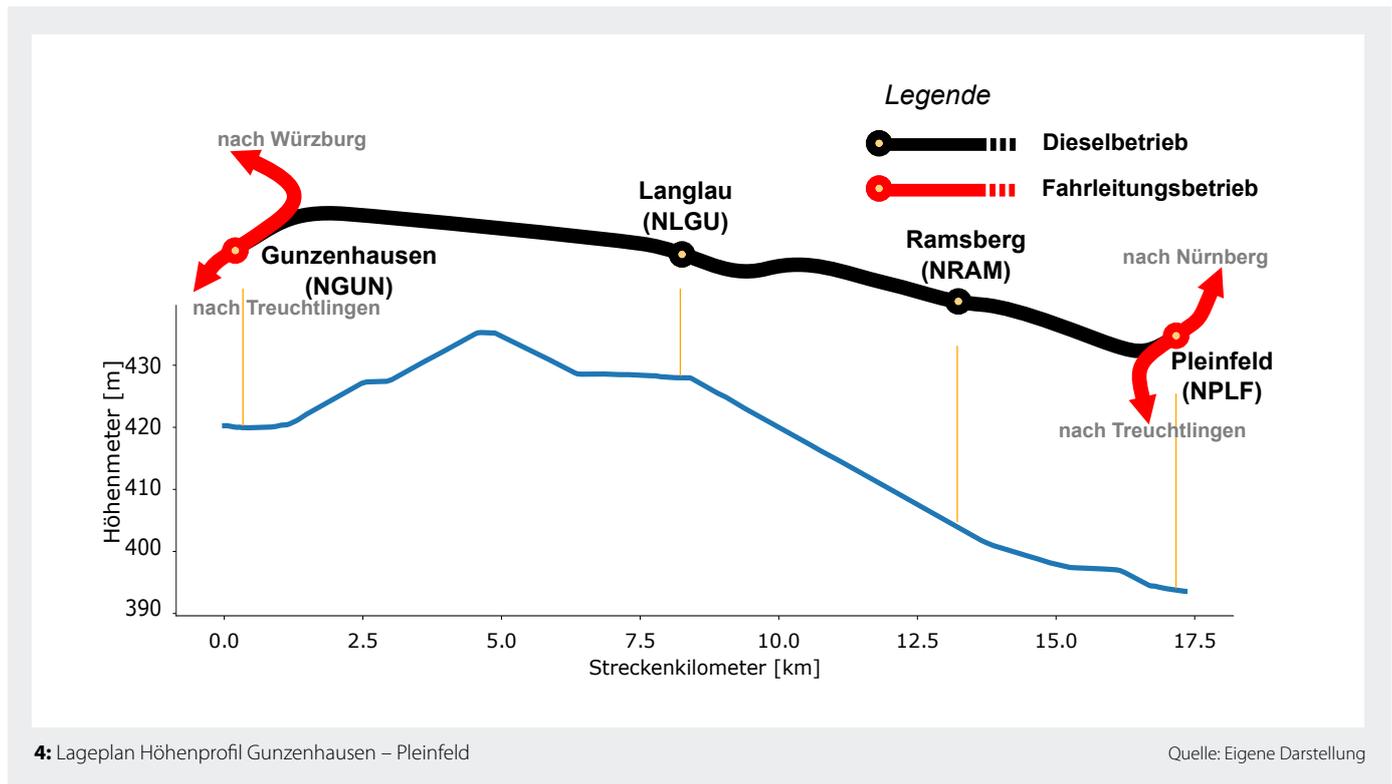
funktionen, welche mehrere Energiesparmodi umfassen.

Im Oberleitungsbetrieb verfügt der Zug über eine Gesamtleistung von 2 MW und im Batteriebetrieb von 1 MW, was den Leistungsanforderungen herkömmlicher Dieselzüge entspricht. Somit können auch Fahrpläne von spurtstarken Dieseltriebzügen eingehalten werden. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt in beiden Betriebsfällen 140 km/h. Die maximale Beschleunigung, die im Batteriebetrieb erreicht werden kann, beträgt 1,1 m/s² und



3: Der BEMU Demonstrator im Einsatz auf der Gäubahn im Batteriebetrieb unter der Oberleitung. Durch den Einsatz auf der elektrifizierten Strecke konnte auch der dynamische Traktionswechsel sowie die Nachladung der Traktionsbatterien während der Fahrt getestet werden

Quelle: Alstom/Christoph Busse



liegt damit ebenfalls im Bereich der meisten Dieselzüge.

3.2. Das Energiespeichersystem (ESS)

Der BEMU-Demonstrator ist mit dem sogenannten MITRAC Pulse-Energiespeichersystem von Alstom ausgestattet (siehe Bild 2). Die Kapazität des ESS beträgt 300 kWh. Mit dieser Batteriekapazität erreicht der BEMU-Demonstrator eine Nennreichweite von 35 bis 40 km. Bei den Traktionsbatterien handelt es sich um bewährte NMC Li-Ion Batterien, die für den Einsatz im Vollbahnbereich getestet, qualifiziert und begutachtet wurden.

Für Serienanwendungen realisiert Alstom bereits größere Reichweiten von 80-120 km, was durch den Einsatz von Antriebsbatterien mit höherer Energiedichte und einer Steigerung der Batteriekapazität möglich ist. Das System umfasst außerdem eine integrierte Batteriesteuerung mit Lade- und Leistungsmanagement, um die Batterienutzung und die daraus resultierende Batteriebensdauer zu optimieren.

Die Modularität und Skalierbarkeit der Traktionsbatterien in ihren Dimensionen ermöglicht die Anpassung des Systems an unterschiedliche Kunden-, Infrastruktur- und Reichweitenanforderungen.

3.3. Begutachtung und Zulassung

Das Fahrzeug wurde entsprechend des 4. Eisenbahnpakets zugelassen. Die Nachweisführung konnte dabei im Wesentlichen auf die Fachgebiete reduziert werden, die eine Änderung im Vergleich zur bestehenden EMU-Zulassung aufweisen. Dazu gehören u.a. die Fachgebiete Antrieb und Bremse, Fahrtechnik, Funktionale Sicherheit sowie die elektromagnetische Verträglichkeit.

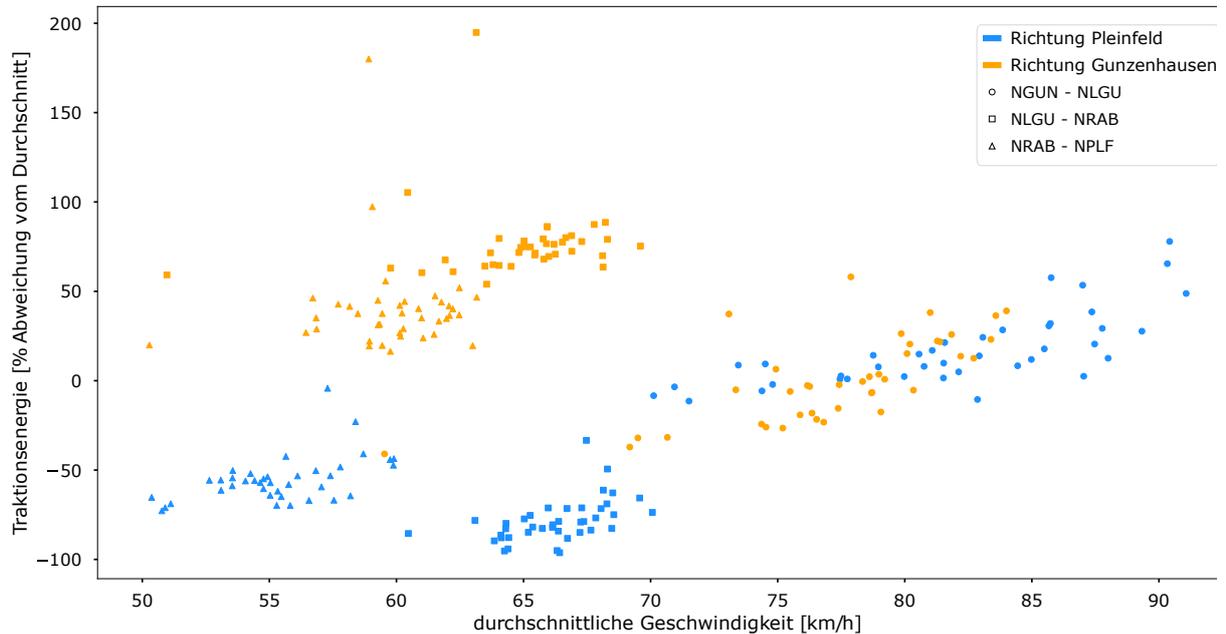
Die Fahrzeugtypgenehmigung und die Genehmigung für das Inverkehrbringen von Fahrzeugen gemäß §9 Abs. 1, §10 Abs. 1 Nr. 1 und 2 i.V.m. §11 Abs. 1 EIGV und i.V.m. Art. 14 Buchstabe a) der Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 wurde am 22. Dezember 2021 durch das Eisenbahnbundesamt erteilt. Hervorzuheben ist dabei, dass alle Fragen in Bezug auf die Sicherheitsnachweise und Begutachtung des Energiespeicher- bzw. Traktionsbatteriesystems und der damit zusammenhängenden Funktionen bereits im Vorfeld geklärt werden konnten, so dass die Zulassung ohne wesentliche Hürden erzielt werden konnte. Mit der vorhandenen Fahrzeugtypgenehmigung handelt es sich bei dem Fahrzeug laut ERA-TV (dem europäischen Eisenbahnregister) um das erste neue batteriebetriebene Fahrzeug, das seit den 1960er-Jahren in Deutschland

und Europa für den Schienenpersonennahverkehr zugelassen wurde [4].

Der Fahrgastbetrieb wurde am 24. Januar 2022 in Baden-Württemberg und am 5. Februar 2022 in Bayern für einen Zeitraum von knapp 4 Monaten aufgenommen.

4. Infrastruktur / Betrieb / Schnittstellen

Grundlegend für eine erfolgreiche Fahrzeugauslegung ist eine Erfassung von relevanten Szenarien, die im Betrieb auftreten können. Aufgrund der im Vergleich zu Dieselfahrzeugen deutlich kleineren Reichweite von Batteriezügen ist eine detaillierte Untersuchung des möglichen Anwendungsraums von hoher Bedeutung. Im konkreten Fall wurden 450 Linien aufgenommen, die in Deutschland aktuell noch mit Dieselfahrzeugen betrieben werden. Ca. 40% des deutschen Streckennetzes sind aktuell nicht elektrifiziert. Von den darauf verkehrenden SPNV-Linien im Dieselfahrzeugbetrieb sind ca. 80% kürzer als 90 km bzw. 40% kürzer als 40 km. Bereits das Vorserienfahrzeug (siehe Bild 3) des Batteriebetriebes kann auf einem signifikanten Teil der SPNV-Linien in Deutschland eingesetzt werden. Für die Serienfahrzeuge mit Reichweiten zwischen 80-120 km ist der Anwendungsbereich noch deutlich gesteigert, so dass ein großer Teil der untersuchten Linien



5: Traktionsenergie in Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit

Quelle: Eigene Darstellung

bereits im Status quo mit Batteriefahrzeugen befahren werden kann.

Wo immer es möglich ist, ist es sinnvoll, bereits vorhandene Ladeinfrastruktur zu nutzen. Sofern darüber hinaus Infrastruktur benötigt wird, ist eine wirtschaftliche Betrachtung notwendig, ob dies nicht – evtl. auch nur teilweise – durch eine Verschiebung des Fahr- oder Umlaufplanes oder durch eine zusätzliche Anschaffung von Fahrzeugen gelöst werden kann. Weiterhin herrschen innerhalb der Branche die Planungen vor, die Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur auf Basis der bereits definierten Regularien zu gestalten. [1] Dies geschieht zuvorderst über die Schnittstelle Oberleitung – Stromabnehmer, geplant sind in Deutschland hauptsächlich 15 kV, 16,7 Hz, aber auch eine Variante mit 15 kV, 50 Hz für Standladestationen ist aktuell in der Erprobung. [2] Darüber hinaus sind Versorgungen per 400 V-Elektrant bzw. 1000 V-Zugvorheizanlagen denkbar, die aber nur niedrigere Ladeleistungen erlauben und beispielsweise für ladestanderhaltende Abstellungen zum Einsatz kommen können.

Die Möglichkeit, den Systemwechsel vorzunehmen, wird aktuell in der Ausnahmegenehmigung 238 zur Fahrdienstvorschrift Ril 408 der DB geregelt: Der Wechsel muss im Stand mit Zustimmung des

Fahrdienstleiters durchgeführt werden. [3] Da an vielen Stellen im Netz ein Wechsel im Fahren sinnvoll ist, um die bestehende Elektrifizierung bestmöglich auszunutzen, sollte eine Regelung für diesen Fall geschaffen werden. In der Diskussion ist eine Signalisierung über EI-Signale, die bereits heute z.B. bei niedrigen Brücken mit Einschränkung des Lichttraumprofils dem Triebfahrzeugführer (Tf) das Heben bzw. Senken des Stromabnehmers vorschreiben. Für vertaktete Verkehre, die nahezu immer an denselben Stellen den Wechsel durchführen, kann u.U. auch die Kommunikation mit dem Fahrdienstleiter wegfallen, sofern diesem die Information vorliegt, dass es sich um ein Batteriefahrzeug handelt und auch der Ort des Wechsels bekannt ist. Im Rahmen des Testbetriebs in Baden-Württemberg und Bayern konnten gemeinsam mit DB Regio und DB Netz Einzelfallausnahmen für die begrenzte Zeit geschaffen werden. Hierzu gehörte u.a. der Moduswechsel während der Fahrt auf der vollständig elektrifizierten Strecke.

5. Testbetrieb mit Fahrgästen

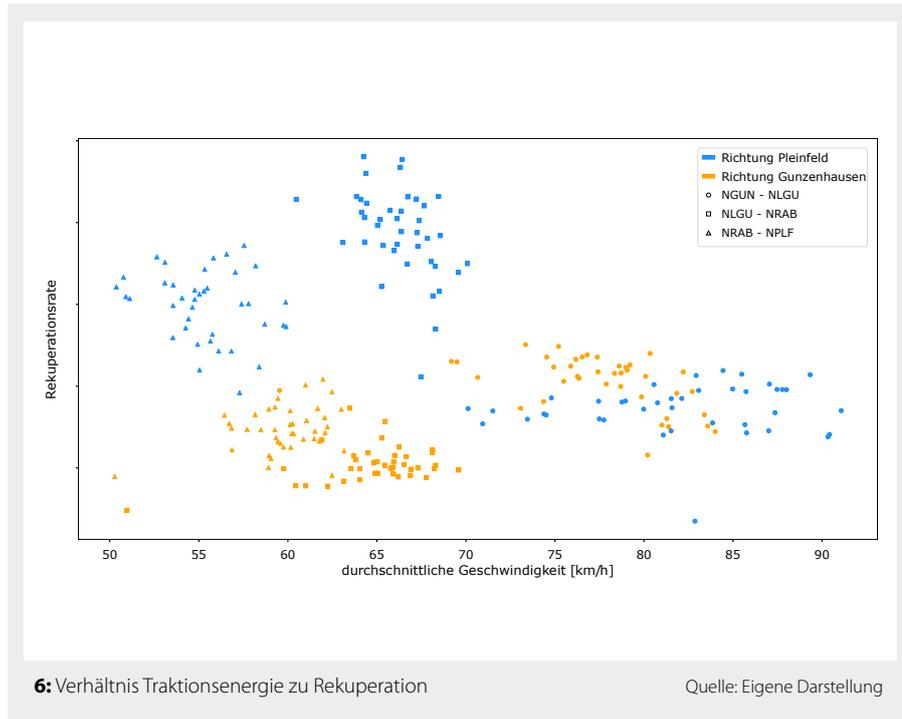
Ein Teil des Testbetriebs fand komplett unter Oberleitung auf der Gäubahn zwischen Stuttgart und Horb statt. Es konnte aber unter Einbezug des Infrastrukturbetri-

bers DB Netz ein Betriebsprogramm definiert werden, das viele Fälle des zukünftigen BEMU-Betriebs abdeckt (Wechsel des Traktionsmodus sowohl im Stand als auch während der Fahrt, Wende mit/ ohne Nachladung, anspruchsvoller Betrieb auf Mischverkehrsstrecken u.a.). Der zweite Teil des Testbetriebs beinhaltet dagegen den „klassischen“ Fall einer nichtelektrifizierten Nebenbahn, die an elektrifizierte Hauptbahnen angrenzt, wie er in vielen Regionen im deutschen Schienennetz vorkommt. Der Streckenverlauf mit den jeweiligen Haltestellen sowie das Höhenprofil sind in Bild 4 dargestellt.

Für die Auswertung des Testbetriebs werden im Fahrzeug eine Reihe fahrdynamischer Daten aufgezeichnet wie etwa Traktionsleistung oder der Batterieladezustand. Zusätzlich werden Verspätungs- und Ausfalldaten von DB Regio verarbeitet und es bestand für Tf die Möglichkeit, eine Rückmeldung an das Projektteam abzusetzen, um Störungen am Fahrzeug oder betriebliche Störungen zu melden, deren Ursache aus Sensordaten nicht zu erfassen ist.

5.1. Erste Ergebnisse Testbetrieb

Im Folgenden werden drei Beispiele für Ergebnisse des Testbetriebs vorgestellt. Insgesamt hat sich gezeigt, dass durch



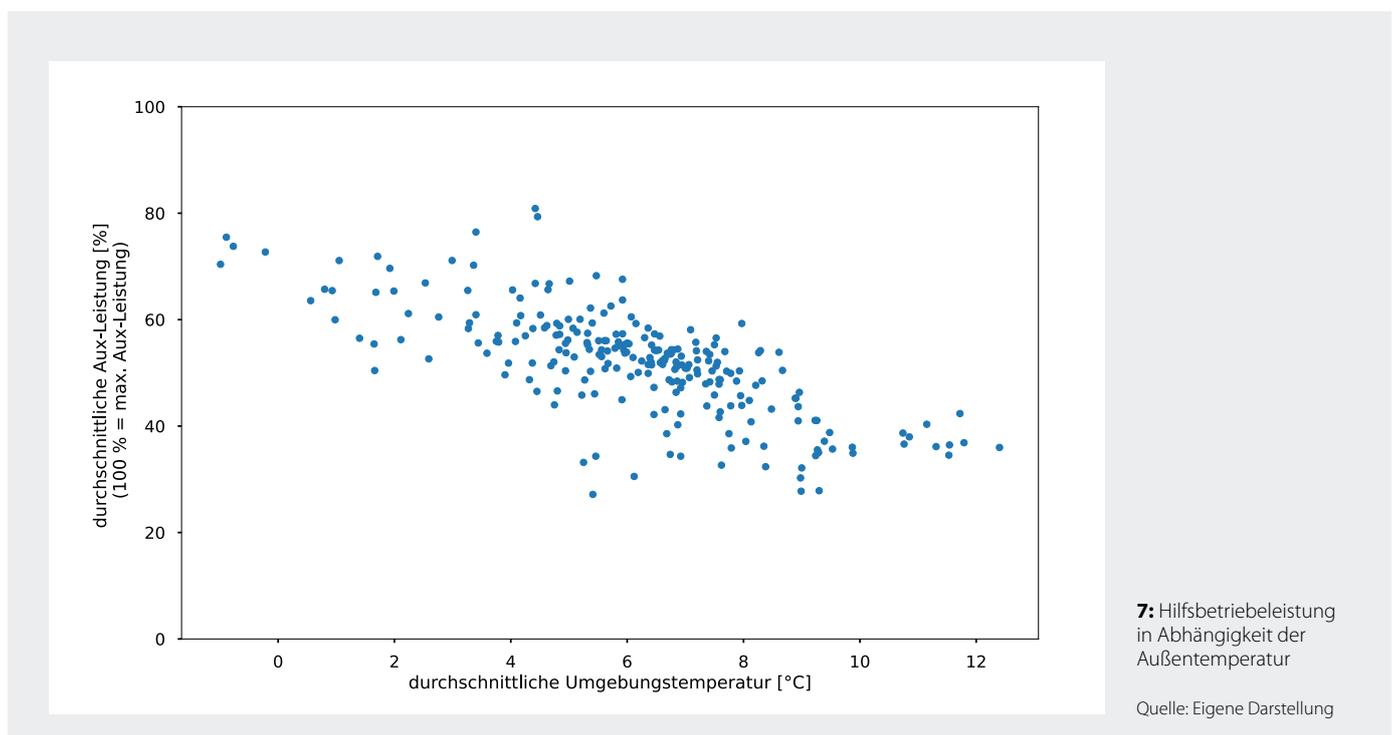
erzeugen. Jeder Punkt stellt eine Fahrt im Testzeitraum dar. Der Nullwert der Y-Skala entspricht demzufolge dem Mittelwert der gemessenen Traktionsenergie im selben Testzeitraum. Die in Bild 4 dargestellten Höhenunterschiede innerhalb der Strecke sind wiedergegeben. Es bilden sich sichtbar die in Bild 4 dargestellten Höhenunterschiede innerhalb der Strecke ab und es wird erkennbar, wie groß der Einfluss der Topographie auf den Energieverbrauch ist. Sofern innerhalb eines Segmentes die durchschnittliche Geschwindigkeit höher ist, steigt folgerichtig auch der Energieverbrauch an. Zwischen Gunzenhausen und Langlau mit nur geringer Höhendifferenz liegen die Punktwolken daher nahezu deckungsgleich übereinander. Die Streuung innerhalb der einzelnen Segmente sind höchstwahrscheinlich auf die Fahrweise der Triebfahrzeugführer zurückzuführen.

2. Beispiel: Ein Vorteil des Batteriebetriebzuges liegt darin, dass Energie, die durch die Bremsvorgänge generiert wird, in die Batterie zurückgespeist werden kann (analog zum Rückspeisen in die Oberleitung). In Bild 6 finden sich dieselben Punktwolken wie in Bild 4 wieder, diesmal allerdings als Verhältnis der Rekuperations- zur verbrauchten Traktionsenergie pro Segment. Die starke Streuung der Rekuperationsrate erklärt sich wieder durch die Höhenunterschiede der Strecke sowie

die vielen gleichartigen Fahrten eine ausreichende Datenmenge für eine wissenschaftliche Auswertung vorhanden ist. Insbesondere die Strecke Pleinfeld – Gunzenhausen mit ihrem übersichtlichen Streckenprofil bietet hier vielfältige Vergleichsmöglichkeiten. Die Größen und Verläufe der gemessenen Werte im Fahrzeug sind

durchgängig plausibel und liegen im Bereich der Erwartungen.

1. Beispiel: Die Auswertung der Daten erfolgte segmentweise, wobei ein Segment ein Abschnitt zwischen zwei Halten ist. Es zeigt sich in Bild 5 sehr anschaulich, dass einzelne Segmente deutlich erkennbar abgetrennte Punktwolken



die gewählte Fahrweise. Theoretisch kann bei noch längerer Fahrt bergab auch eine Rekuperationsrate von über 100% erreicht werden, die bei der Bergfahrt in Form von potenzieller Energie vom Fahrzeug aufgenommen wird. So ist es möglich, dass über 80% der für Traktion aufgewendeten Energie wieder in die Batterie zurückgespeist werden kann.

3. Beispiel: Aufgrund der gestiegenen Komfortanforderungen in Bezug auf die Innenraumklimatisierung im Vergleich zu früheren Generationen von Akkufahrzeugen spielt Energieverbrauch der Hilfsbetriebe eine gewichtige Rolle für Auslegung und Betrieb des Fahrzeuges. Wie zu erwarten ist, zeigt sich bei der Betrachtung der Hilfsbetriebeleistung unterhalb von 15°C Außentemperatur ein sinkender Verlauf mit steigender Außentemperatur (siehe Bild 7). Die große Menge der Punkte konzentriert sich im Bereich zwischen 40 und 80% der maximal gemessenen mittleren Hilfsbetriebeleistung des Fahrzeugs im Probezeitraum. Weiterhin wäre zu erwarten, dass bei deutlich höherer Außentemperatur aufgrund der dann notwendigen Kühlung von Batterie und Fahrgastraum die durchschnittliche Leistung wieder ansteigt, was aufgrund der Beendigung des Testbetriebs Ende April nicht mehr getestet werden konnte.

6. Zusammenfassung

Das SPNV-Netz in Deutschland eröffnet viele Perspektiven für den Betrieb von Batterietriebzügen. Aufgrund der vielfältigen zu beachtenden Randbedingungen ist eine Einzelfallbetrachtung des jeweiligen Einsatzgebietes notwendig. Die Herausforderungen von Auslegung, Umbau und Zulassung konnten bewältigt werden, sodass ein erfolgreicher Testbetrieb mit Fahrgästen im Frühjahr 2022 durchgeführt werden konnte. Hervorzuheben sind hierbei insbesondere die positiven Rückmeldungen der Triebfahrzeugführer, Fahrgäste und Projektpartner. Im Rahmen des Testbetriebes konnten ausreichende Reserven im Bereich der Batteriekapazität nachgewiesen sowie die erfolgreiche Bewältigung von Störeinflüssen demonstriert werden. Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt, sodass insgesamt ein positives Fazit gezogen werden kann. Die im Rahmen des Förderprojektes gewonnenen Erkenntnisse können als Basis für Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger und Aufgabenträger des SPNV dienen. Im Rahmen dieses Artikels konnten nur ausgewählte Aspekte behandelt werden; eine Gesamtbetrachtung des Themas ist auf jeden Fall immer im Zusammenspiel von Betrieb, Fahrzeug und Infrastruktur zu denken. ●

Literatur

- [1] VDB Leitfaden: Emissionsfreie Mobilität: eine Strategie für den Einsatz von batterieelektrischen Triebzügen und Ladeinfrastruktur in Deutschlands Schienenpersonennahverkehr; [Online]. Available: https://bahnindustrie.info/fileadmin/Leitfaeden_DE/210506_VDB_Strategiepapier_Emissionsfreier_Schiennenverkehr.pdf [Zugriff am 30.06.2022].
- [2] Dschung, Felix; Schermaul, Ulrich: Zügig in Richtung Dekarbonisierung – Die Batteriezug-Schnellladestation VOLTAP als Teil neuer Bahninfrastrukturen. ETR-Eisenbahntechnische Rundschau 3/22, S. 50-53.
- [3]: DB Netz AG, Aktualisierung 02 zur Ausnahme 238 zu den Richtlinien 408.01-06, 408.11 - 16, 408.21 - 27 und 408.48; [Online]. Available: <https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/7282752/f3de5b6ce0e47de-396e77bdf0034d94c/Aktualisierung-02-Ausnahme-238-zur-Ril-408-data.pdf>. [Zugriff am 30.06.2022].
- [4]: Rittig, Franz: Akku-Triebwagen. Eisenbahn JOURNAL Sonderausgabe 3/2006, Verlagsgruppe Bahn

Summary

Alstom BEMU Demonstrator in passenger service – first experiences from a test drive

Test operation of the Alstom BEMU Demonstrator: to replace diesel multiple units in the German regional passenger transport network, battery driven units are a suitable alternative. The Alstom Demonstrator has been converted within a funding project and has successfully passed the vehicle approval. The vehicle has proven under real conditions. Within the test operation in Baden-Württemberg and Bavaria, valuable insights for the operation of battery driven vehicles could be gained.



www.signon-group.com



SIGNON – Schiene.Mobilität.Zukunft.

SIGNON leistet als Premium Kompetenzzentrum einen entscheidenden Beitrag für die Digitalisierung der Deutschen Bahn.

Sie möchten mit unseren Experten ins Gespräch kommen? Dann treffen Sie uns.

Auf der **InnoTrans** in der Messe Berlin!

Sie finden uns vom **20.–23.09.2022** im Gemeinschaftsstand Berlin Brandenburg im **City Cube Halle B / Stand 320!**

Wir freuen uns auf Sie!

SensoDIMARIS: Eine Lösung für zustandsbasierte und vorausschauende Instandhaltung

Das vom BMDV geförderte Projekt SensoDIMARIS konnte im Dezember 2021 erfolgreich abgeschlossen werden. Ziel des Projekts war es, an ÖPNV-Fahrzeugen die planmäßige Wartung durch eine zustandsbezogene Instandhaltung zu ergänzen und so insgesamt die Verfügbarkeit zu erhöhen. Es wurde mit Hilfe erster Demonstratoren bei Fahrten im Reallabor nachgewiesen, dass sich langsam anbahnende Störungen in Fahrzeugen, die nicht über fahrzeugeigene Sensoren erfasst werden, frühzeitig erkennbar sind. Auf Basis der verwendeten Multisensorik konnten mit dem gleichen System sogar auch Veränderungen in der Infrastruktur erkannt und bewertet werden. Für eine optimale Instandhaltungsprognose können die onlineprozessierten Daten mit bereits vorliegenden Daten des Fahrzeugs korreliert, ausgewertet und somit eine digitale Zustandsüberwachung aufbereitet werden. Durch den Einsatz von digitalen Endgeräten kann die Prozesskette von der Leitstelle bis in die Werkstatt weiter ergänzt werden.



1. Einleitung

Das 9-Euro-Ticket hat es wieder verdeutlicht: fehlendes Equipment, technische Defekte, reduzierte Fahrleistungen und Ausfälle führen im öffentlichen Personennah- und -fernverkehr immer wieder zu Problemen. Überfüllte Fahrzeuge und verärgerte Fahrgäste sind meist die Folge und machen diese Verkehrsmittel unattraktiv.

Durch fehlende Sensorik und unzeitgemäße Instandhaltungsmaßnahmen bleiben unkalkulierbare Faktoren wie Materialschäden, Verschleißerscheinungen und Umwelteinflüsse auf Fahrzeuge und Infrastruktur unerkannt und führen letztlich zu Störungen im Betriebsablauf.

Um Störeinflüsse auf den Betriebsablauf frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden, wurde das Projekt SensoDIMARIS ins Leben gerufen. Dabei wurden mittels Multi-Sensorik und Echtzeit-Zustandsüberwachung Mängel am Beispiel von Straßenbahnen frühzeitig erkannt. Die planmäßige Wartung kann somit durch zustandsbezogene Maßnahmen ergänzt werden.

Durch die Entwicklung kundenspezifischer Dashboards zur Zustandsüberwa-

chung der Fahrzeuge und den Einsatz digitaler Endgeräte wie z.B. Augmented Reality Datenbrillen können Instandhaltungsaufträge nun online direkt an die zuständige Werkstatt erteilt werden. Verknüpft mit allen erforderlichen technischen Unterlagen, wird die komplette End-to-End Prozesskette digital abgebildet.

Diese datenbasierte, digitale Lösung ist ein Schritt in Richtung Mobilität 4.0. Das Projekt SensoDIMARIS wurde deshalb durch die Forschungsinitiative „mFUND“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr gefördert.

2. Projekt-Team

Die Projektpartner sind Teil der Arbeitsgruppe PRIORI, initiiert durch das Cluster Verkehr, Mobilität und Logistik Berlin-Brandenburg. PRIORI führt die Expertise innovativer Mittelständler und agiler Start-ups aus der Schienenfahrzeugbranche zusammen. So entstand ein Team mit breitem Know-how. Die Arbeitsgruppe verfolgt den Ansatz, das Ausfallrisiko von Schienenfahrzeugen zu reduzieren und niederschwellig innovative Technologien zu einem kom-



Dipl.-Ing. Ute Franke

CEO
5micron optical measuring techniques GmbH
ute.franke@5micron.de



Dipl.-Ing. Martin Häberer

Entwicklungs-Ingenieur
5micron optical measuring techniques GmbH
martin.haeberer@5micron.de



Dipl.-Ök. Jörg Jonas-Kops

CEO
nxtDynamics GmbH
jjk@nxdynamics.de



Dipl.-Ing. Bernd Bremer

Senior Consultant Wätzold & Al-Zubaidi Management Consulting GmbH
bernd.bremer@consultants-berlin.de

pletten System zusammenzuführen. Das Ziel ist es, die Voraussetzungen für eine nachhaltige Instandhaltung von Schienenfahrzeugen zu schaffen.

Das Zusammenspiel und die besondere Expertise der einzelnen Projekt-Partner ermöglichen eine detaillierte Analyse und Bearbeitung der kompletten Maßnahmenkette, die gezielte Überwachung, Auswertung und Früherkennung bis zur Instandhaltung. Die Spezialisierungen der einzelnen Partner umfassen:

- **5micron:**
 - Innovative optische und akustische End-to-End Messsysteme
 - Bau von robuster und bedarfsgerechter Sensorik für schwere Umweltbedingungen
 - Entwicklung der Analyse-Software und von schlanken Edge Computing Algorithmen

- **nxtBase Technologies:**
 - Prozessdigitalisierung mit innovativen Endgeräten und korrespondierenden Applikationen
 - Entwicklung eines Condition Monitoring Cockpits auf Basis der selbst entwickelten AR Plattform
 - Visualisierung und Führung ganzer Prozessketten über Datenbrillen

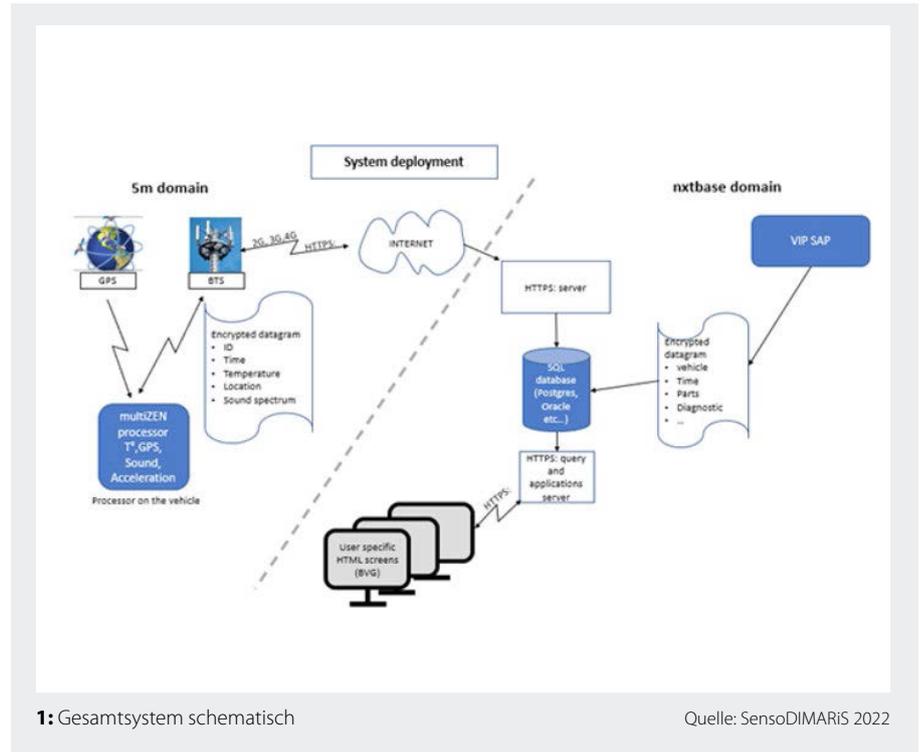
- **Wätzold & Al-Zubaidi Management Consulting:**
 - Projektengineering, Projektmanagement, Softwareentwicklung, Authorization
 - Branchenexpertise Bahn, Mobility und Digitalisierung
 - Networking von Bahn- und ÖPNV-Betreibern, OEM's

Die drei Partner bringen im Zusammenspiel ein übergreifendes Know-how zu innovativer Messtechnik für die Zustandserfassung, über Condition Based Monitoring bis zur Umsetzung von Instandhaltungsprozessen und große Erfahrung in der Schienenfahrzeugbranche mit.

3. Konzeption, Spezifikation und Design

3.1. Konzeptioneller Ansatz von SensoDIMARIS

Bei dem zu Grunde liegenden technologischen Ansatz stand hauptsächlich eines im Mittelpunkt: Nachhaltigkeit - Optimierung - Digitalisierung! Die niederschwellige Implementierung in Bestandsfahrzeuge, ver-



bunden mit einer Digitalisierung der Instandhaltungsabläufe trägt insgesamt zu einer Kostenoptimierung im Unternehmen bei.

Dem Projekt SensoDIMARIS ist der Nachweis gelungen, maximale Funktionalität und maximale Verfügbarkeit der Mobilität bei maximaler Schonung der Ressourcen zu erzielen. Realisiert wurde dies durch die Verwendung kostengünstiger Sensorik, die mit effektiver Analysesoftware kombiniert wurde. Durch Adaption des Machine Learning Prinzips werden umfangreiche Erkenntnisse und Bewertungen des Systemzustands möglich.

3.2 Körperschall – die Basis der Multisensorik

Körperschallsensoren werden seit Langem erfolgreich für verschiedenste Messaufgaben auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen eingesetzt; sie sind darüber hinaus kostengünstig, robust und bereits von Hause aus miniaturisiert.

Die Multisensorik, die bei diesem Projekt verwendet wurde, ersetzt nicht nur ‚das menschliche Ohr an der Maschine‘, sondern nimmt sogar auch verschiedenste Parameter aus der Umgebung auf. Die aufgezeichneten und mit Hilfe von Edge Computing analysierten Frequenzbänder werden online vorprozessiert und dienen auch dazu, die Anwendung ständig weiter zu trainieren. In dem abgeschlossenen Pro-

jekt wurden die entwickelten Algorithmen des maschinellen Lernens genutzt, um Abweichungen in der Geräuschemission an Verschleißteilen des Bahnantriebes und bei der Überfahrt von Weichen zu nutzen. Durch Sensorfusion von Körperschall, Beschleunigung, Temperatur und GPS wurde sowohl das Fahrzeug als auch gleichzeitig die umgebende Infrastruktur überwacht. Die lokal unspezifischen Daten der Multisensorik werden dabei durch Korrelation mit den geografischen Koordinaten und den Daten verdächtiger Geräusche gekoppelt. Gemeinsam können sie so der Infrastruktur oder dem Fahrzeug selbst zugeordnet werden.

Die im Fahrzeug bzw. an der Maschine vorverarbeiteten Daten werden anschließend auf einen Cloud-Server übertragen, wo sie für die weiterführenden Analysen zur Verfügung stehen (siehe Bild 1). Am kundenspezifischen Dashboard kann die Performance des Fahrzeugs in Echtzeit verfolgt werden. Auftretende Abweichungen von voreingestellten Sollwerten werden anschließend mit der vorhandenen Historie aus der Datenbank verglichen und korreliert. Somit können Rückschlüsse auf bereits erfolgte Reparaturen oder anstehende Wartungsarbeiten gegeben werden. Gleichzeitig gibt das Dashboard Auskunft über den Gesundheitsstatus des Systems, um den



2: Applizierter Sensor am Fahrzeugantrieb

Quelle: 5micron GmbH 2022

bevorstehenden Wartungsaufwand zu kontrollieren und zu optimieren.

Durch die Filterung kleinster Veränderungen in den Klangkorrelaten können so frühzeitig sich anbahnende Schäden registriert und anstehende Arbeiten optimal gebündelt werden. Die frühe Detektion von Performanceveränderungen verhindert den Ausfall des Systems; eine besser planbare Werkstattauslastung ist das Ergebnis.

Mobilitätsbetreiber können bereits mit einer überschaubaren Investition auch ältere Anlagen digitalisieren – dank modularem Retrofit-System. So tragen sie gleichzeitig zur Nachhaltigkeit bei und optimieren die Zuverlässigkeit des Betriebs. Mit SensoDIMARIS lässt sich grundsätzlich eine Vielzahl mobiler mechanischer Systeme, wie z.B. Türantriebe, Klimaanlage, Pumpen usw. in vielen Bereichen technischer Anwendungen überwachen.

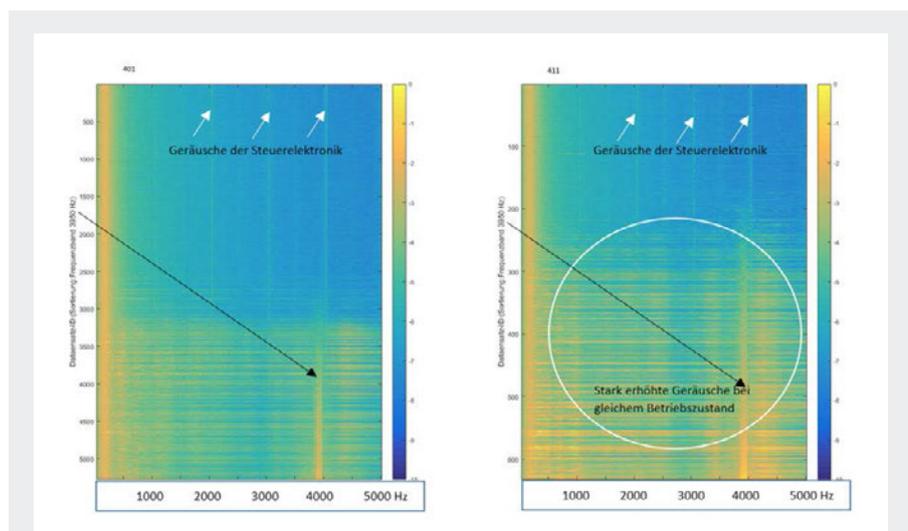
4. Umsetzung des Testbetriebes im Reallabor

Inzwischen ist die erste funktionsfähige, vom Fahrzeug autarke Demoversion der Multisensor-Box und den Analysealgorithmen innerhalb von fünf Monaten ca. 50.000 km unterwegs gewesen und hat dabei Veränderungen am Antrieb von Straßenbahnen und überfahrenen Weichen detektiert.

Während der Versuchsfahrten mit zwei unterschiedlichen Combino Straßenbahnzügen wurden die Klangspektren der Akustik-Sensoren, die jeweils an einem der Antriebe des Fahrzeugs montiert waren (siehe Bild 2), noch im Fahrzeug analysiert und für die GPS-Übertragung aufbereitet, wodurch hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten bei gleichzeitig niedrigem Datenübertragungsvolumen möglich werden.

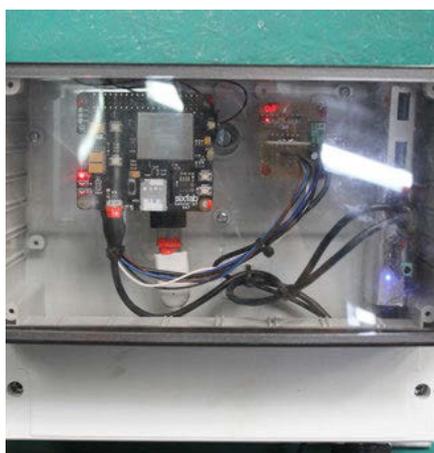
Hierbei konnten deutliche Unterschiede zwischen einem neuen Getriebe (direkt nach Service-Intervall) und einem beanspruchten Getriebe (Laufleistung ca. 1 Mio. km) nachgewiesen werden, obwohl kein anderes Indiz auf den Verschleiß hingewiesen hat (siehe Bild 3).

An einer geschützten Stelle im Fahrzeug wurde die eigenständige Stromversorgung für das ganze System sowie die Baugruppen für den Datentransfer installiert (siehe Bild 4 und 5). Zur Absicherung eines reibungslosen Datentransfers aufgrund schlechter Netzanbindung steht ein Zwischenpuffer zur Verfügung. Durch diese Systemarchitektur kann jeglicher Datenverlust weitgehend ausgeschlossen und



3: Intensitätsunterschiede im Geräuschspektrum der beiden beobachteten Antriebe. Linkes Getriebe (nach Service) hat bei vergleichbaren Betriebsbedingungen einen deutlich niedrigeren Geräuschpegel als das Getriebe rechts mit hoher Laufleistung

Quelle: 5micron GmbH 2022



4: Hauptprozessor

Quelle: 5micron GmbH 2022



5: Akku und Audioverstärker

Quelle: 5micron GmbH

auch weitere Strecken mit schlechter Netzinfrastruktur überbrückt werden.

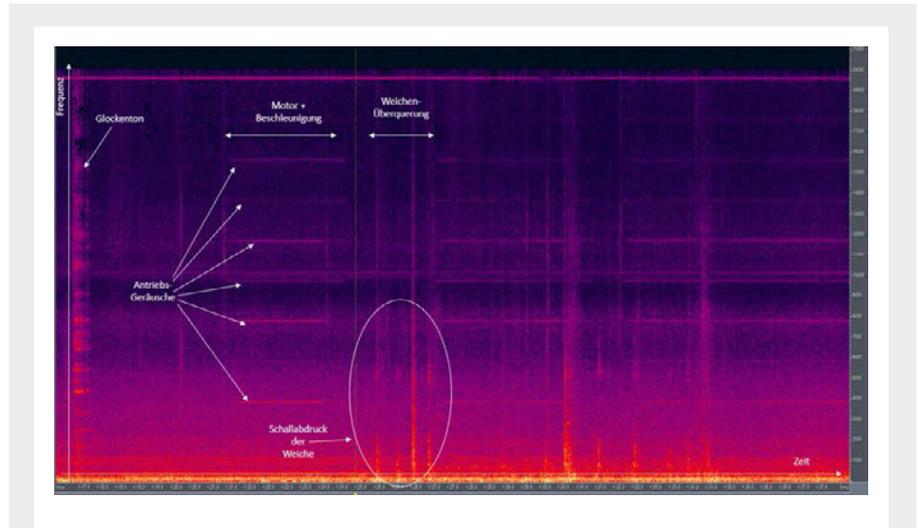
Mit der gleichen Multisensorik-Box wurde bei den Versuchsfahrten gleichzeitig der Zustand einer Weiche untersucht (siehe Bild 6). Auch hier wurden deutliche reproduzierbare Unterschiede in den Spektren registriert, die sich sogar im Tagesverlauf verändert haben (siehe Bild 7).

Wenngleich die Variation in den aufgezeichneten Klangspektren deutliche Hinweise auf die Veränderungen in den mechanischen Systemen offenbart, war es auf Grund der reduzierten Datenlage noch nicht möglich, eine eindeutige Korrelation der aufgezeichneten Phänomene zu bevorstehenden Ereignissen herzustellen. Hierfür war die Datengenerierung im Beobachtungszeitraum und die damit einhergehende nötige Schlussfolgerung auf vergangene Events noch nicht ausreichend. Grundsätzlich konnte aber die Tauglichkeit des entwickelten Analyse-systems durch die Testfahrten eindeutig nachgewiesen werden.

Alle aufgezeichneten und übertragenen Daten stehen anschließend auf einem Cloud-Server des Kunden zur Verfügung (siehe Bild 8). Hier geschehen die Weiterverarbeitung und die Aufbereitung der Daten für die Echtzeit-Anzeige auf dem Dashboard, welches kundenspezifisch konfiguriert werden kann (siehe Bild 9).

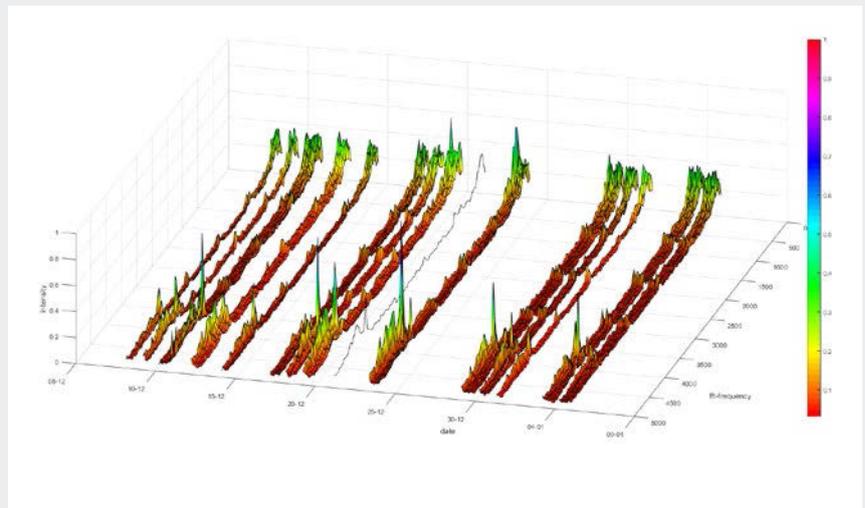
Ein weiterer Schwerpunkt der Auswertungen ist die Korrelation der aktuellen Daten mit den bereits vorliegenden Bestandsdaten. Dabei werden „auffällige aktuelle“ Daten mit bereits vorhandenen Datensätzen aus der Vergangenheit abgeglichen. Gibt es hierbei eine Korrelation zu bekannten Schäden bzw. Instandhaltungsmaßnahmen, wird ein Trigger ausgelöst, der weitere vom Kunden definierte Aktionen einleitet. Auf diese Weise leistet das System eine frühzeitige Prognose und hat damit die Fähigkeit, auf bevorstehende Störungen aufmerksam zu machen, akute Schäden zu verhindern und Reparatur- und Kollateralkosten zu vermeiden.

Weitere Systembausteine sind die Anbindung an das Asset-Dokumentationssystem oder das Ersatzteil-Lagerhaltungssystem des Kunden. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, Serviceunterlagen für die Servicetechniker auf digitalen Endgeräten wie z.B. Tablets, AR-Brillen, o.ä. sogar in den Betriebswerkstätten optimal aufbereitet darzustellen (digitale Asset-Akte). Durch die Einbindung des Ersatzteil-La-



6: Frequenz / Intensitätsspektrum der Fahrt im Weichenbereich

Quelle: 5micron GmbH 2022



7: Verteilung der Schallintensität über die Frequenz an verschiedenen Kalendertagen während der Weichenbefahrung

Quelle: 5micron GmbH 2022

gersystems ist die Verfügbarkeit von Ersatzteilen deutlich sicherer, da ggf. frühzeitig Bestellvorgänge automatisch angestoßen werden können.

5. Ausblick

Die Anforderungen an technische Systeme steigen in der heutigen Zeit immer rasanter. Das frühzeitige Erkennen von Performance-Verlusten bzw. Fehlerquellen wird immer wichtiger. Kriterien wie

- Zuverlässigkeit
- Effizienz
- Kostenreduktion und -transparenz
- Digitalisierung
- Nachhaltigkeit

spielen schon heute - aber erst recht in der Zukunft - eine immer größere Rolle und stellen die Firmen vor neue Herausforderungen bzw. Anpassungsprobleme.

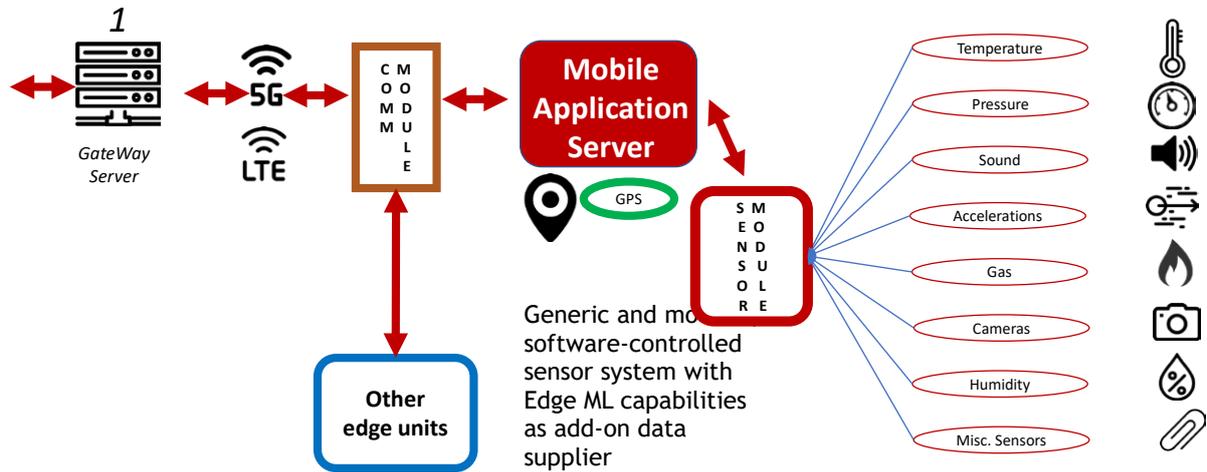
Daher wird eine niederschwellige Nachrüstung und Modernisierung über lange Nutzungszeiträume bei gutem Kosten-/Nutzenverhältnis immer wichtiger. So können auch ältere Systeme effizient gehalten und Neuanschaffungen hinausgezögert werden.

Belohnt werden Unternehmen mit derartigen Technologien mit höchster Kundenzufriedenheit und guter Liefertreue. Das wiederum garantiert bessere Chancen bei einer zukünftigen Auftragsvergabe.

SensodIMARIS hilft Betreibern konkurrenzfähig zu bleiben und dabei die Kosten

NXTSUITE ADD-ON SENSORKIT

RetroFit BodyMic-Sensoric, Sensorfusion + Edge Computing

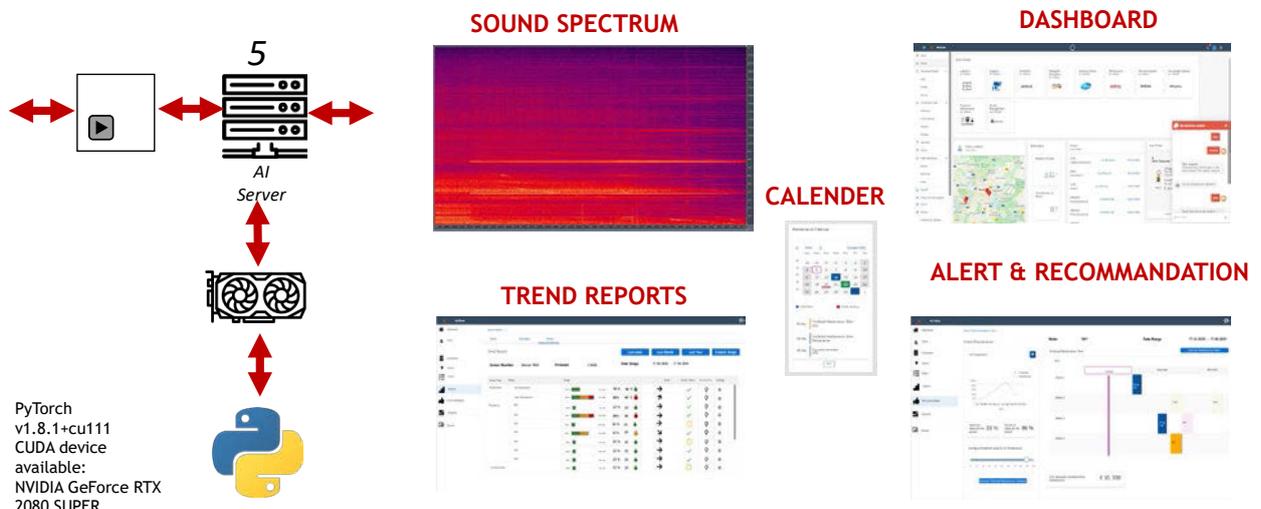


Copyright: nxtBase technologies GmbH 2016-2022 | JJK | CEO

8: Prinzipielle Weiterverarbeitung von Sensor-Daten auf dem kundeneigenen Server

THE MISSION CONTROL DASHBOARD

360° view on any processes, orders, missions, trainings & predictions



Copyright: nxtBase technologies GmbH 2016-2022 | JJK | CEO

9: Beispiele für kundenspezifische Dashboard Darstellungen

im Blick zu behalten. Das neu entwickelte System zur zustandsbasierten und vorausschauenden Instandhaltung hat sich im ersten Einsatz als effektives Hilfsmittel zur Steigerung der Zuverlässigkeit des Betriebes eines ÖPNV-Bahnverkehrs bewährt. Veränderungen, die auf bevorstehende Ausfälle hinweisen können, werden zuverlässig detektiert.

Durch eine längere und intensivere Machine Learning Phase mit Unterstützung der Kundenexpertise kann das System zu immer aussagefähigeren Prognosen weiterentwickelt werden.

Nach dem ersten erfolgreichen Test in einem Straßenbahn-Fahrzeug im Alltagsbetrieb können jetzt auch weitere Bereiche in der Bahnindustrie davon profitieren. Aber auch in anderen Industriezweigen, in denen die Zuverlässigkeit einzelner Kom-

ponenten oder auch ganzer Systeme eine hohe Bedeutung hat und Ausfallrisiken minimiert werden müssen, ist die Implementierung möglich. Von besonderer Bedeutung ist dies vor allem, wenn Unternehmen versuchen, folgende Punkte zu optimieren:

- Vermeidung von Schäden für Personen und Equipment
- Kostenreduktion durch optimierte Prozessabläufe und auch bei der Personalqualifikation
- Digitalisierung und Automatisierung von Geschäftsprozessen

Genau diese Punkte machen die Einführung von zusätzlicher Sensorik, verknüpft mit intelligenter Auswertung, zu einer wichtigen und dringenden Management-Aufgabe.

Summary

SensoDIMARIS: a solution for state-based and proactive maintenance

SensoDIMARIS, the project supported by the Federal Ministry of Digital and Transport could successfully be terminated in December 2021. The aim of the project was to add a state-related maintenance to the scheduled maintenance and hence increase the availability in total. With the help of first demonstrators during rides in the real lab, it could be proved that slowly developing faults in vehicles which are not registered by on-board sensors, are detectable at an early stage. Based on the multi sensor technology used, it was even possible to detect and evaluate changes in the infrastructure with the same system. For an optimal maintenance prognosis, the online processed data can be correlated with already existed data of the vehicle, valued and thus prepared for a digital condition monitoring.

Beständig flexibel.



- präzise Feuchte- und Temperatur-Überwachung in der Umgebungsluft zur genauen Steuerung der Raum- und Prozessluft
- verschiedene Bauformen für eine Vielzahl an Applikationen
- Langlebigkeit der Produkte, mit geringem Wartungsaufwand
- einfache Installation über etablierte Schnittstellen, geringer Montageaufwand
- optionales CO₂-Modul zur Überwachung der Luftqualität

More than **sensors + automation**

Feuchte- und Temperatur-Messumformer mit optionalem CO₂-Modul JUMO hydroTRANS Serie

Die Messumformer der JUMO hydroTRANS Serie arbeiten mit dem kapazitiven Messverfahren. Die verschiedenen Ausführungen eignen sich für den Einsatz im Gebäudemanagement und der Klimaüberwachung. Die Feuchtemessgeräte sind mit verschiedenen Schnittstellen verfügbar und zeichnen sich durch Montagefreundlichkeit, Robustheit und eine zuverlässige Sensorik aus.

www.jumo.net



Besuchen Sie uns
vom 20. bis 23.09.2022 in Berlin
in Halle A, Citycube auf Stand 270

Hybride Wartungsfahrzeuge für die Schiene: Gotthardtunnel goes green

Nie war der Umstieg vom Pkw auf die Schiene drängender. Der Mobilitätswandel gelingt allerdings nur mit einer intakten und verlässlichen Bahninfrastruktur. Und die zügige Wartung von Verkehrsknotenpunkten verhindert, dass der Schienenverkehr ins Stocken gerät. Mit ihren langen, beengten Strecken verlangen insbesondere Bahntunnel den eingesetzten Wartungsfahrzeugen viel ab. Für die Wartung des Gotthard-Basistunnels setzte die Schweizerische Bundesbahn (SBB) anfangs auf Erhaltungsfahrzeuge (EHFZ) mit Dieselantrieb. Aufgrund des Lärms und der Abgase waren diese Antriebe jedoch nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus gesundheitlicher Sicht nicht ideal. Abhilfe schaffte eine hybride Antriebslösung von ABB, die sich bereits im Personenverkehr bewährt hatte. Seit 2017 rollen hybride Wartungsfahrzeuge des Typs Xem 181 als mobile Kraftwerke durch den Gotthard-Basistunnel. Sie sind ein Meilenstein auf dem Weg zu vollelektrischen Antrieben via Traktionsbatterien.



Die explodierenden Kraftstoffpreise machen den Umstieg auf nachhaltige Mobilität noch dringlicher als jemals zuvor. Zukunftsweisende Projekte wie der Gotthard-Basistunnel unterstreichen die Pionierrolle des Schienenverkehrs im Mobilitätswandel. Der mit 57 Kilometern längste

Eisenbahntunnel der Welt zwischen den Schweizer Kantonen Uri und Tessin ist eine der Hauptverkehrsadern zwischen Mittel- und Südeuropa.

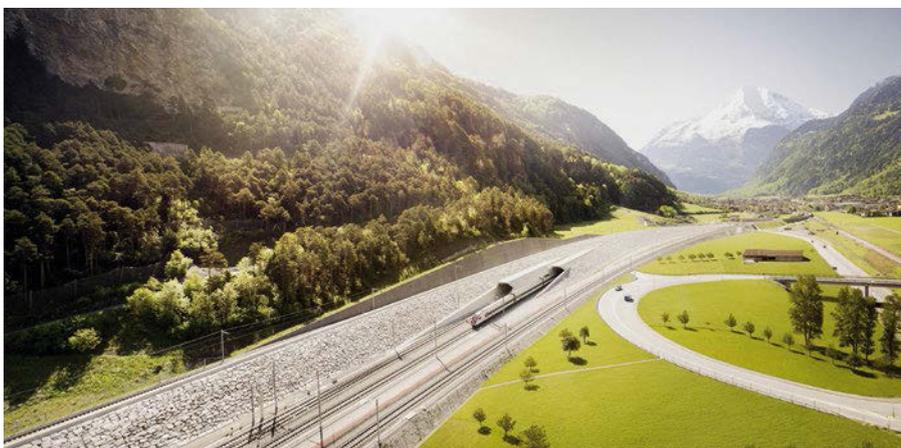
Um den Zugverkehr an diesem logistischen Knotenpunkt möglichst wenig zu beeinträchtigen, erfolgen die Wartungen



Thorsten Micke
Product Manager
ABB Deutschland
motion@de.abb.com



Thomas Huggenberger
Product Manager
ABB Schweiz



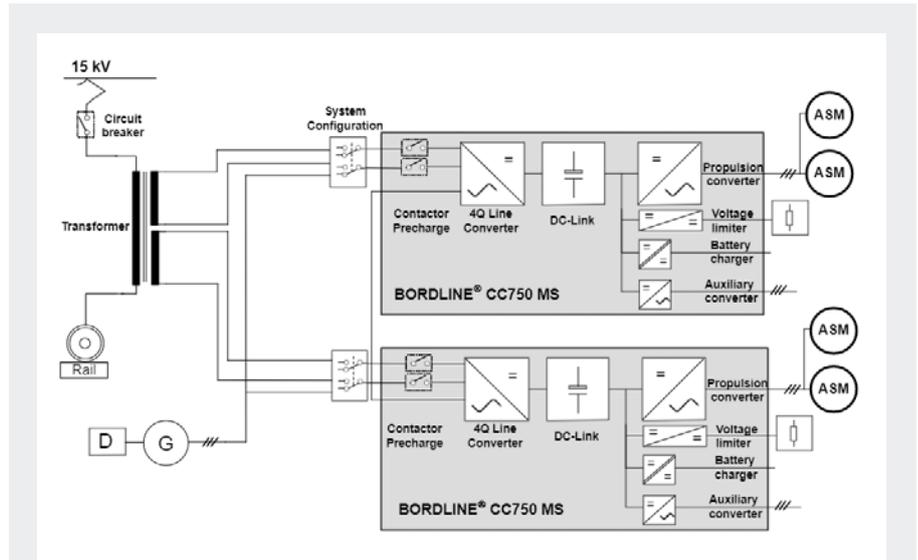
1: Um die Service-Monteur effektiv vor schädlichen Abgasen zu schützen, kommen im Gotthard-Tunnel Wartungsfahrzeuge zum Einsatz, die mit kompakten und leistungsstarken elektrischen Antrieben von ABB ausgestattet sind

im Gotthard-Basistunnel in der Regel zwischen 20 und 5 Uhr. Unter großem Zeitdruck müssen die Arbeiter in ihren Wartungsfahrzeugen dann lange Strecken zurücklegen, zumal die Baustellen des Basistunnels nur über zwei Punkte zugänglich sind: das Nordportal bei Erstfeld sowie das Südportal bei Bodio. Dazu benötigen die eingesetzten Erhaltungsfahrzeuge (EHFZ) entsprechend performante Antriebe.

Hybride Power für Wartungs-Triebfahrzeuge

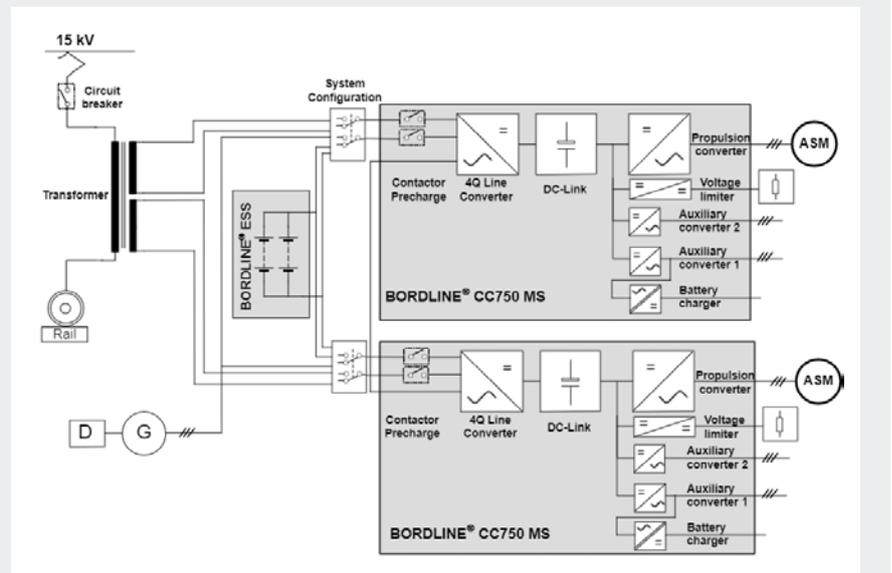
Die EHFZ müssen nicht nur die langen Strecken überwinden, sondern auch Wartungsmaschinen am Einsatzort mit Strom versorgen können. Lange Zeit kamen hierzu Wartungsfahrzeuge mit leistungsstarken dieselmekanischen Antrieben zum Einsatz. Die Emissionen dieser Antriebe waren jedoch nicht nur für die Umwelt, sondern auch für die Gesundheit der Arbeiter belastend. Trotz der Abluftanlagen im Gotthardtunnel ließ es sich nicht ausschließen, dass das Personal mit den Dieselabgasen in Kontakt kam. Und wenn das Ventilationsystem doch ausfallen sollte, müssten die Wartungsarbeiten gestoppt werden. Der Lärm der Dieselmotoren belastete das Wartungspersonal zusätzlich.

Mehr Nachhaltigkeit bei gleicher Antriebsleistung – vor dieser Herausforderung stand die Schweizerische Bundesbahn (SBB), die für Wartung und Betrieb des Gotthardtunnels verantwortlich ist. Fündig wurde man bei der Firma Harsco Rail Europe. Das internationale Unternehmen mit Hauptsitz in Charlotte (North Carolina, USA) setzt in seinen EHFZ auf ebenso kom-



2: Dieselelektrischer und AC-elektrischer Antrieb der EHFZ

Quelle aller Bilder: ABB



3: Diesel-Hybrid und AC-elektrischer Antrieb von zukünftigen Wartungsfahrzeugen mit rein batterieelektrischer Energieversorgung

DIGITALE FACHMEDIEN KOSTENLOS FÜR STUDENTEN

Unverzichtbar im Studium

In wenigen Schritten zur erstklassigen Fachliteratur:

1. Probeabonnement bestellen
2. Studienbescheinigung vorlegen
3. Sechs Monate vollumfänglich nutzen. Das Abonnement endet automatisch.

Jetzt kostenlos anfordern:
www.eurailpress.de/studentenangebot

Logos: Rail BUSINESS, ETR, DER EISENBahn INGENIEUR, EI, Eurailpress Archiv, OPNV Archiv, NaNa Brief DER NAHVERKEHR



4: BORDLINE ESS von ABB ist ein On-Bord-Energiespeichersystem, das auf Lithium-Ionen-Batterien basiert

Hilfsbetriebe werden dabei aus zwei 3x400 V-Bordnetzen gespeist. Eines betreibt den Kompressor, die Ventilatoren und Kühlpumpen, während das andere die Arbeitsgeräte sowie weitere Drehstromverbraucher auf dem Fahrzeug und der Baustelle versorgt. Beim Elektroantrieb wird eine Leistung von bis zu 1500 kW erzielt; beim Dieselantrieb kommt der Xem 181 auf rund 700 kW Leistung. Über den Traktionstransformator können die EHFZ die Baustellen mit Drehstrom aus der Oberleitung oder aus dem Generator versorgen.

Das Geheimnis des fließenden Übergangs zwischen Elektro- und Dieselantrieb ist der Antriebsstromrichter BORDLINE® CC750 von ABB, der im Maschinenraum der Fahrzeuge verbaut ist. Im elektrischen Betrieb dient dieser Allrounder als Netzstromrichter, im Dieselbetrieb als Generatorstromrichter. Für eine Redundanz sind auf jedem Fahrzeug jeweils zwei von diesen Stromrichtern verbaut. Im dieselektrischen Betriebsmodus bauen sie über eine freie Vierquadrantenstellerphase eine Zwischenkreisverbindung auf. So wird die Leistung auf beide Stromrichter aufgeteilt. Jeder Stromrichter steuert ein Drehgestell im Gruppenantrieb an, so dass auch bei Versorgung durch den Dieselmotor die volle Zugkraft zur Verfügung steht.

Die Xem 181 sind in Vielfachsteuerung mehrfachtraktionsfähig und verfügen über automatische Zug-Kupplungen AZK und Puffer. Über den mitgeführten UIC-Adapter lassen sie sich problemlos an Fahrzeuge mit UIC-Zug- und Stoßvorrichtungen kuppeln.

pakete wie leistungsstarke Antriebstechnik von ABB. Dies ist einer von vielen Beiträgen des Antriebsspezialisten ABB zum Gelingen des Projekts Gotthardtunnel: Auch die elektronischen Komponenten für die 50-Hz-Energieversorgung der Tunnelinfrastruktur sowie die energieeffiziente Betriebslüftung stammen von ABB.

Dualmode: Nahtloser Wechsel von Diesel auf Strom

In die elektrischen Antriebe der Wartungsfahrzeuge für den Gotthard-Basistunnel

ist die Niederspannungs-Expertise von ABB aus dem Personenschienenverkehr hineingeflossen.

Seit 2017 sorgen insgesamt 13 Basisfahrzeuge des Typs Xem 181 von Harsco Rail Europe für eine schnelle und nachhaltige Wartung. Die Basisfahrzeuge Xem 181 sind vierachsige, 80 Tonnen schwere Triebfahrzeuge mit zwei Drehgestellen und vier wassergekühlten E-Fahrmotoren. Versorgt wird der DC-Zwischenkreis auf Strecken mit Oberleitung mit 15 kV/16,7 Hz ab Fahrdrabt, auf nicht-elektrifizierten Strecken über einen Dieselmotor. Die



Innovation ist das Resultat aus Erfahrung, Mut und Wandlungsfähigkeit.

Erleben Sie bei uns das Beste aus zwei Welten!

www.vl-rs.com

vossloh
Locomotives

So können die einzelnen Module energiesparsam gemeinsam in das Tunnelsystem ein- und ausfahren. Vor Ort bewegen lassen sie sich dann, entkuppeln und an die unterschiedlichen Einsatzorte fahren. Da die Baustelle über die Oberleitung mit elektrischem Strom versorgt wird, entstehen im Gotthard-Basistunnel weniger Diversemissionen. Zudem ist der Elektroantrieb um einiges leiser. Hybride Antriebe erhöhen nicht nur die Sicherheit an den Baustellen unter Tage, sondern vereinfachen auch die Kommunikation der Arbeitenden miteinander.

Auf dem Weg zu 100 Prozent E-Mobilität auf der Schiene

Perspektivisch ist das Ziel, den Bedarf an Dieselstrom auch auf Streckenabschnitten ohne Oberleitung zu minimieren. Eine passende Lösung hat ABB mit BORDLINE ESS entwickelt: einem Energiespeichersystem für Straßen- und Schienenfahrzeuge auf Basis von Lithium-Ionen-Traktionsbatterien. Analog zum Dieselgenerator ist dieses Energiespeichersystem an einen Stromrichter angeschlossen und versorgt den zweiten Stromrichter über eine Zwischenkreisverbindung mit. Auf diese Weise lassen sich alle Verbraucher – ob im Fahrbetrieb oder auf der Baustelle – sauber und geräuscharm mit Energie versorgen. Mit der Batterie können Schienenfahrzeuge Strecken ohne Oberleitungen auch ohne Dieselmotor überbrücken.

Zum Zweck der Verfügbarkeit durch Redundanz ist die Batterie in zwei voneinander unabhängige Teile aufgeteilt. So steht ein Teil der Energie aus der Batterie auch dann zur Verfügung, wenn ein Teilsystem aufgrund einer Störung ausfällt. Während der Fahrt zum Einsatzort lässt sich die Batterie an der Oberleitung aufladen und kann auf der Baustelle die Energieversorgung der Baustelle übernehmen – für mehr Unabhängigkeit vom Dieselgenerator. Neben der Nachladung aus der Oberleitung haben die BORDLINE® CC750 Stromrichter von ABB über einen angepassten Betrieb des Hilfsbetriebeumrichters auch die Möglichkeit, die Lithium-Ionen-Batterie über die Depotspeisung aufzuladen. In diesem Fall fungiert der Hilfsbetriebeumrichter nicht als Drehstromversorgung für das Fahrzeug, sondern stellt das Ladegerät der Batterie dar. Auch die elektrische Bremsenergie kann zum Laden der Batterie herangezogen werden. Im Fall einer aufgeladenen Batterie ist es auch möglich, die Energie via Transformator über die Oberleitung ins Netz zurückzuspeisen. Wenn sich das Fahrzeug nicht am Netz befindet, wird die Bremsenergie über die Bremswiderstände einfach als Wärme der Umgebungsluft zugeführt.

Der vollständige Diesel-Ausstieg auf der Schiene ist ein langwieriger Prozess – doch Leuchtturmprojekte wie die hybriden Wartungsfahrzeuge im Gotthard-Basistunnel zeigen die Umsetzbarkeit sowie

die Vorteile. Besonders in Mitteleuropa, wo die Elektrifizierung der Schienen recht weit fortgeschritten ist, ist die Prognose positiv. Mit unterschiedlichen Lademöglichkeiten wie einem Dieselgenerator, Energiespeisung aus der Oberleitung oder auch Wasserstofftechnologie ist die Batterie vielseitig einsetzbar und ebnet den Weg für eine nachhaltigere Zukunft der Mobilität. •

Summary

Hybrid maintenance vehicles for rail: Gotthard tunnel goes green

The change from individual transport to rail transport has never been more urgent. However, mobility change will only be successful with an intact and reliable rail infrastructure. And the swift maintenance of traffic hubs prevents rail transport from coming to a halt. With their long, narrow routes, railway tunnels in particular demand a lot from the maintenance vehicles used. For the maintenance of the Gotthard Base tunnel, the Swiss Federal Railways (SBB) initially focused on diesel powered maintenance vehicles (EHFZ). Due to noise and emissions, these drives were not ideal both from an ecological and a healthy aspect. The answer was an ABB hybrid drive solution which had already proven itself in passenger transport. Since 2017, type XEM 181 hybrid maintenance vehicles have been rolling through the Gotthard Base tunnel as mobile power plants. They are a mile stone towards fully electric drives via traction batteries.

Zulassungs-Management für Neufahrzeuge und modernisiertes Rollmaterial

- ETCS-Nachrüstung für Passagierfahrzeuge, Lokomotiven und Infrastrukturmaschinen
- Midtime-Upgrades für Fahrgasträume in modernem Innendesign

**Engineering, Modernisierung und Zulassung:
Bei Molinari Rail alles aus einer Hand.**



Besuchen Sie uns auf der Innotrans!
Halle 2.2 · Stand 250

Molinari Rail · CH-Winterthur · A-Wien / Schwaz · D-Dessau-Roßlau · info@molinari-rail.com · www.molinari-rail.com

Ein Beitrag zur Problematik der Rollkontaktermüdung

Die Schädigung der Schienen infolge Rollkontaktermüdung RKE (englisch Rolling Contact Fatigue RCF) gibt es ausgeprägt erst seit etwa 20 Jahren und hängt vor allem mit der Einführung der Asynchronmotoren anstelle der Einphasen-Wechselstrommotoren bei Fahrzeugantrieben zusammen. Damit erhöhte sich die Leistung der Motoren bei gleichem Einbauraum um rund 60 %. Ein zusätzlicher Effekt dabei ist, dass durch die Umwandlung Einphasen-Wechselstrom / Gleichstrom / Dreiphasen-Wechselstrom die Motorspeisung nicht mehr rein sinusförmig verläuft, sondern gestuft. Dadurch werden Torsionsschwingungen im Antriebsstrang angeregt. Bis heute gibt es nach Kenntnis des Autors keine endgültige und überzeugende Erklärung und Deutung des Phänomens RKE: So variieren beispielsweise die prognostizierten Temperaturen beim Überrollvorgang extrem, nämlich zwischen <100 und >700 °C [1-3]. Temperaturwerte über 300 °C werden rechnerisch allerdings nur mit unrealistisch hohen Schlupfwerten von über 10 % erzielt.



1. Einleitung

Das Problem der RKE hat (zumindest in Deutschland) zwei Aspekte:

- warum entsteht RKE überhaupt und
- warum ist sie bei der vorigen Generation der Elloks (BR 110,140,150) nicht aufgetreten, sondern erst bei der heutigen Generation (BR 101,145,185)?

Zu diesen Fragen werden die beiden Güterzugloks der Baureihen 140 und 185 verglichen, siehe auch [4]. Diese unterscheiden

sich in ihrem Mechanteil nur gering, wie auch Tabelle 1 zu entnehmen ist. Zunächst einmal soll aufgezeigt werden, welche mechanischen Belastungen am Schienenkopf entstehen. Das Problem dabei ist die große Streubreite der Parameter Kraftschluss und Schlupf. Die einzig feste Größe ist die Radlast, welche bei beiden verglichenen Loks mit 105 kN angesetzt wird - ansonsten spielen die baulichen Unterschiede dieser beiden Loks eine untergeordnete Rolle. Mit Hilfe plausibler Annahmen wird versucht, die wesentlichen Einflussgrößen auf die Schienenbelastung darzustellen und zu quantifizieren.



Dr.-Ing. Rainer Fleiss

Vormals Berechnungs- und Versuchsingenieur bei Thyssen Henschel, Kassel, danach Projektingenieur bei Siemens, Offenbach, seit 2006 im Ruhestand
rainer.fleiss@t-online.de

Tabelle 1: Charakteristische Daten beider Loktypen

	BR 140	BR 185
Leistung (kW)	4000	5600
Gesamtmasse (kg)	84000	84000
Motorart	Einphasen Kommutator	Dreiphasen Asynchron
Antrieb	Gummifederring	Tatzlager
Anzahl Achsen	4	4
Achsabstand (m)	3,40	2,60
Drehgestell Rückstellmoment (Nm/rad)	0	ca $2 \cdot 10^6$
Max. Zugkraft (kN)	154*	300

* bei Stundenleistung nach Datenblatt Glasers Annalen

2. Belastung am Schienenkopf

Es gibt eine ganze Reihe von Belastungen, die zu Spannungen in der Schiene führen. Am höchsten belastet ist der Schienenkopf, und die dabei größten Anteile, welche von beiden Loktypen in etwa gleicher Weise erbracht werden, sollen im Folgenden untersucht werden.

2.1. Hertz'sche Pressung

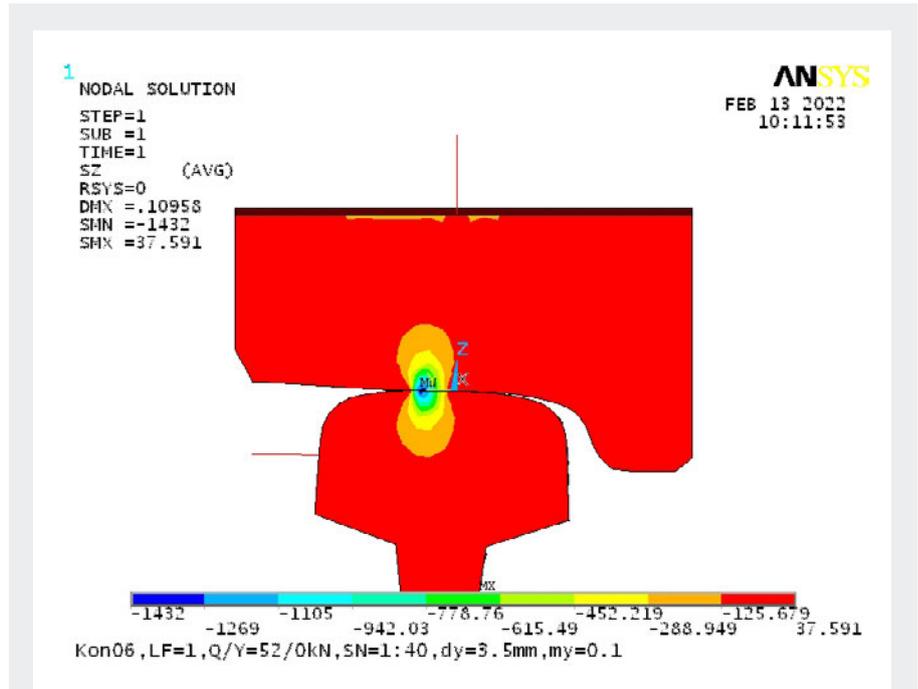
Die Hertz'sche Pressung ist der weitaus größte quantifizierbare Anteil an der Gesamt-Belastung. Für sie ist auch die Stellung des Radsatzes im Gleis maßgeblich. Bei der Mittelstellung im Spurkanal (Bild 1) ist sie zu $\sigma_{HZ} = -1432 \text{ N/mm}^2$ ermittelt worden (Druckspannung ist negativ). Verschiebt man das Rad hin zu kleinerem Abstand Spurkranz/Schienenflanke, so verringert sich infolge günstigerer Schmiegungsverhältnisse zunächst die Pressung bis auf rund 700 N/mm^2 , danach jedoch steigt die Spannung stark an bis auf Werte deutlich über 2000 N/mm^2 . Das liegt auch an der dann vorhandenen Querkraft auf das anlaufende Rad im Bogen.

2.2. Biegung der Schiene infolge Vertikal- und Querkraft

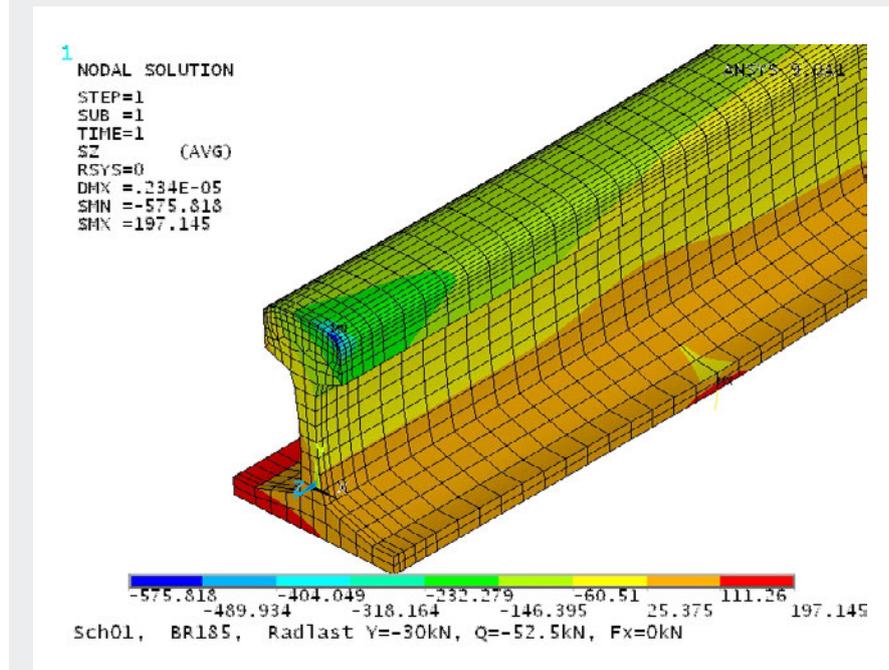
Die Radlast biegt die Schiene vertikal, wobei je nach Zustand des Gleisbettes (Schwelle, Schotter, Feste Fahrbahn) sich unterschiedliche Belastungen einstellen. Die Querkraft biegt den Schienensteg nach außen und erzeugt im Schienenkopf an der Innenseite der Außenschiene die höchste Druckspannung. Für beide Anteile (vertikal und quer) wurde für ein Schotterbett mit einer Querkraft von 30 kN eine Druckspannung von $\sigma_D = -576 \text{ N/mm}^2$ ermittelt (Bild 2). Hier ist entsprechend [4] der Anteil der Altlok BR140 wegen der geringeren Querkraft etwa 10% kleiner.

2.3. Eigenspannungen

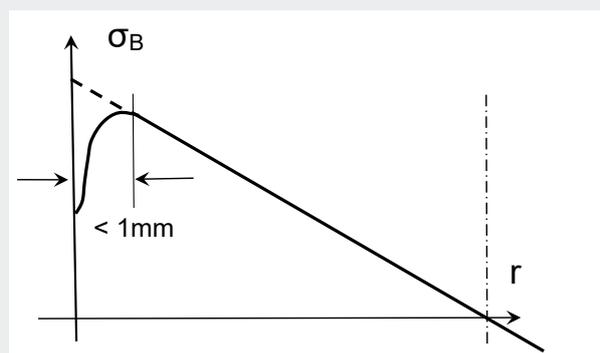
Im Maschinenbau gibt es eine bewährte Methode, die Dauerfestigkeit von Bauteilen zu erhöhen: Die Oberfläche dieser Bauteile wird mit großer Anpresskraft von einer Kugel oder Walze überrollt, welche damit Druck-Eigenspannungen erzeugt. Diese werden in der Literatur [5] mit bis zu 1600 N/mm^2 angegeben. Die Messung dieser Spannung ist aber problematisch und wird in [6] als relativ ungenau bezeichnet.



1: Hertz'sche Pressung bei Mittelstellung des Radsatzes im Spurkanal. Schiene 60E1, Rad S1002.



2: Biegespannung am Schienenkopf infolge Radlast und Querkraft



3: Prinzipdarstellung des Einflusses einer Druck-Vorspannung auf die Biegespannung einer Welle

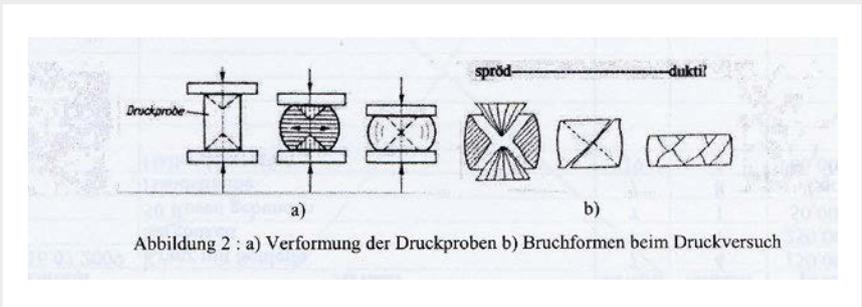
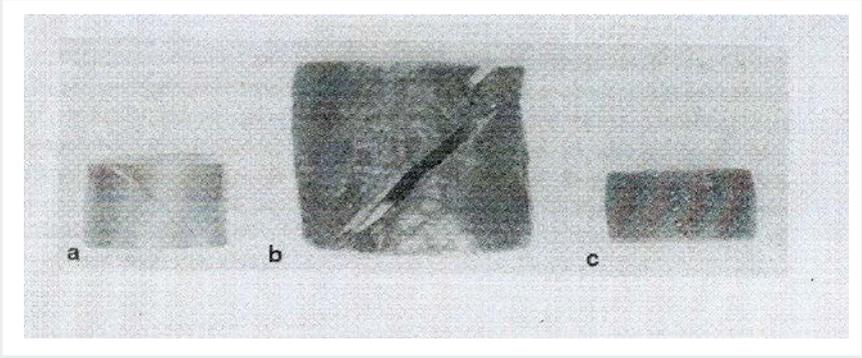
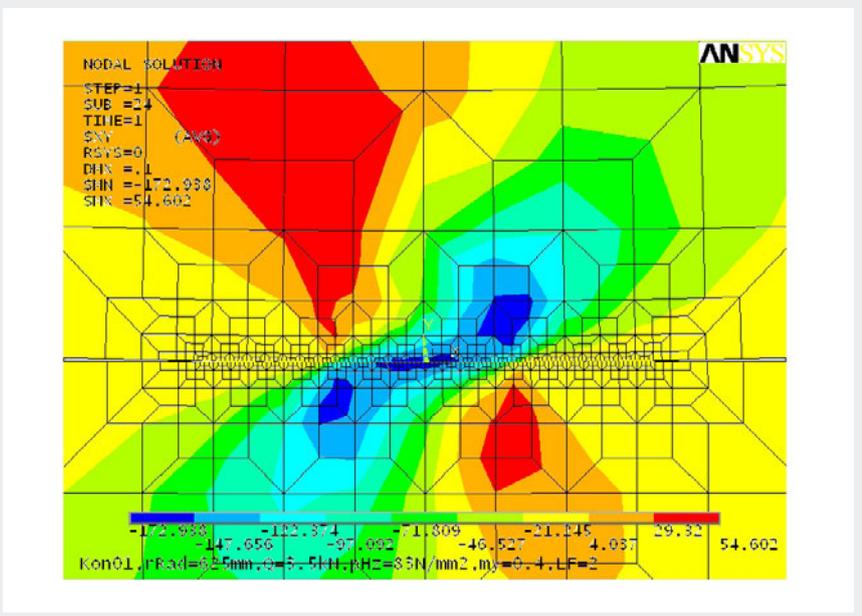


Abbildung 2 : a) Verformung der Druckproben b) Bruchformen beim Druckversuch

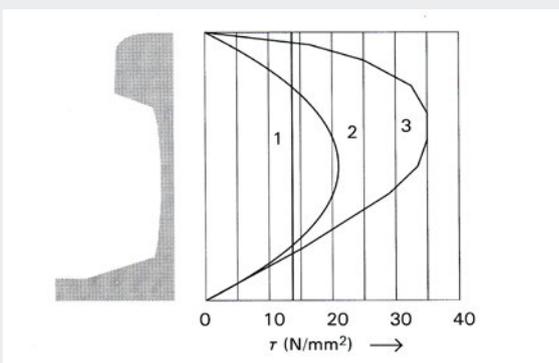
4: Bruchformen beim Druckversuch (entnommen aus [10])



5: Gebrochene Druckproben: a Aluminiumlegierung, b Kupfer-Zink-Legierung, c Stahl (entnommen aus [11])



6: Schubspannung im Kontakt Rad/Schiene mit Schlupf



7: Schubspannungsverlauf infolge Radlast über der Schienenhöhe:

- 1: Mittelwert
- 2: Vergleichbarer Rechteckquerschnitt
- 3: Schiene 60E1 (Q=105 kN)

Das Überrollen der Schiene mit einem Fahrspiegel von <20mm Breite bewirkt das gleiche, welches im Maschinenbau als Festrollen oder Glattwalzen bezeichnet wird. Dieser Umstand ist in den bisherigen Veröffentlichungen über RKE wenig oder gar nicht berücksichtigt worden. Die Literatur [6-8] gibt einige Hinweise zu diesem Problem. Ein Nebeneffekt des Glattwalzens ist die spiegelblanke Oberfläche, welche ebenfalls Anrissbildung erschwert. Wie sensibel ein Bauteil auf diesen Effekt reagiert, kann man aus Bild3 ermessen: Obwohl die Eindringtiefe der aufgeprägten Druckspannung weniger als 1 mm beträgt und die maximale Zugspannung nur an der sehr dünnen Oberflächenschicht spürbar verringert wird, erhöht sich dadurch die Dauerfestigkeit des Bauteils um rund 20%.

In der zitierten Literatur ist die eingepreßte Druckspannung mit $\sigma_D=1600\text{N/mm}^2$ angegeben, aber das bedeutet nicht unbedingt, dass beim Überrollvorgang der Schiene die gleiche Spannung erzeugt wird. Dieser Glattwalz-Effekt ist jedoch vorhanden und kann nur abgeschätzt werden. Somit ist festzustellen, dass Druckspannungen am Schienenkopf, besonders am Übergang zur Flanke, bei Weitem die höchste Beanspruchung darstellen – und das mit einer großen Streubreite.

2.4. Schubspannungen

Antriebs- oder Bremskräfte können nur durch Schlupf übertragen werden. Die aus Hertz'scher Pressung und Schlupf resultierende Schubspannung an der Schienenoberfläche beträgt mit guter Näherung $\tau_{xz}=\mu \cdot \sigma_{HZ}$. Diese Werte sind zwar deutlich kleiner als die vorab behandelten Druckspannungen, spielen aber in den nachfolgend behandelten Überlegungen zum Schadensmechanismus eine wichtige Rolle.

2.5. Schäden infolge Druckspannungen

Ein Ingenieur ist gewöhnt, die Bauteilfestigkeit gegen Lasten wie Zugkraft und/oder Biegemoment zu berechnen. Dabei sind die Belastungen vorwiegend Zug- und Scherspannungen, die dann zu einer fiktiven Vergleichsspannung umgerechnet und mit der Zug- bzw. Dauerfestigkeit des jeweiligen Werkstoffs verglichen wird.

Bei der Schienenbelastung handelt es sich im Bereich der höchsten Beanspruchung aber nahezu ausschließlich um Druckspannungen und man findet wenig Literatur über den zutreffenden Schäd-

gungsmechanismus. Die in [7-9] zitierten Quellen beschreiben die Schädigung verschiedener Materialproben duktiler wie spröder Art (Bilder 4 und 5). Dort ist dokumentiert, dass ein Bauteil bei hoher Druckbelastung durch Schubspannung zerstört wird, welche im Winkel von 45° zur Druckspannungsebene zwangsläufig entsteht.

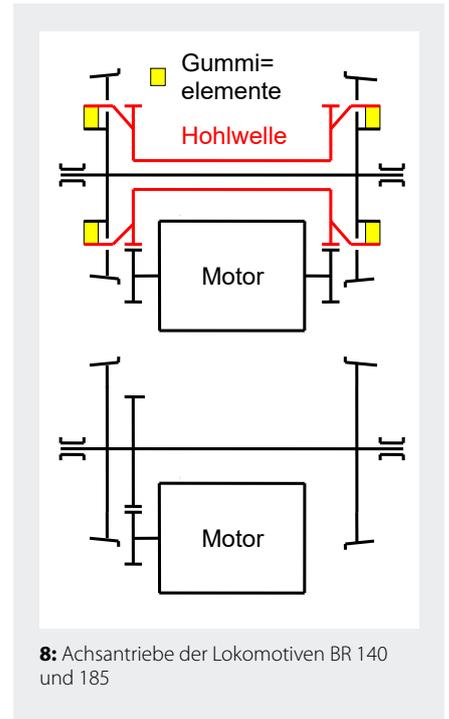
Wird einer Druckspannung eine zusätzliche Schubspannung überlagert, ändert sich der besagte Winkel. Bild 6 zeigt den Schubspannungsverlauf im Kontakt Rad/Schiene mit Schlupf, d.h. mit zusätzlicher Schubspannung im Kontaktbereich. Man erkennt den s-förmigen Verlauf der Schubspannung, und diesem Verlauf folgend wird sich ein Anriss bilden. Ist ein kleiner Anriss erst einmal entstanden, verursacht er eine hohe Kerbwirkung und wächst dadurch rasch weiter. Zugleich bewirken weitere Effekte, wie z.B. die Spannungsrissskorrosion, eine zusätzliche Schwächung der Anrissstelle.

Bei Risswachstum Richtung Kopfmittle wird der Riss in die Schubspannungszone der Schiene, welche in Bild 7 wiedergege-

ben ist: Die Querkraft der Schiene (Radlast Q) verursacht diese Schubspannung, welche ihr Maximum höher als Schienenmitte hat. Zum Vergleich ist in dieser Darstellung noch der Schubspannungsverlauf eines Rechtecks gleicher Querschnittsfläche A und gleicher Höhe eingetragen sowie der mittlere Spannungswert (Q/A). Diese Schubspannung der Schiene ist deutlich größer als diejenige eines vergleichbaren Rechtecks und wird noch vergrößert durch die Schwächung des Querschnitts infolge Rissbildung im Schienenkopf. Dieser Umstand bewirkt eine Richtungsänderung des Risses nach unten und es kommt letztlich zum vertikalen Schienenbruch.

3. Unterschiede der Belastung je nach Loktyp

Die bisherigen Überlegungen gelten im Wesentlichen für beide Loktypen. Die Frage ist aber: Warum verschleiben die Schienen durch den Betrieb mit den modernen Fahrzeugen deutlich schneller?



8: Achsantriebe der Lokomotiven BR 140 und 185

KONTRON TRANSPORTATION

Kommunikationslösungen für Mission-Critical Networks.



Besuchen Sie uns auf der Innotrans 2022!
20.-23. September 2022, Halle 4.1 | Stand 650

@ Kontron Transportation

@ Kontron_transportation

@ Kontrontransportation

3.1. Leistungsunterschied

Wie bereits in [4] beschrieben, unterscheiden sich beide Loktypen in der Leistung und somit auch in den jeweiligen Zugkräften (siehe Tab.1). Damit verbunden sind auch unterschiedlicher Schlupf sowie Schlupfdauer zwischen Rad und Schiene.

3.2. Achsantrieb

In Bild 8 sind die jeweiligen Achsantriebe skizziert. Der Gummifederring-Antrieb der BR 140 ist sehr aufwendig, hat aber den Vorteil, dass die Gummielemente die Torsions- und Biegeschwingungen der Radsatzwelle dämpfen. Dagegen ist der Radsatz des Tatzlagerantriebs ein ungedämpfter Schwinger, weil die Materialdämpfung von Stahl nahezu Null ist.

3.3. Motorspeisung

Während die Einphasen-Wechselspannung der Oberleitung nahezu ideal sinusförmig verläuft, ist die an Bord erzeugte Dreiphasen-Spannung stark gestuft und regt den Asynchronmotor zu Torsionsschwingungen an, die er an den Radsatz weitergibt. Diese Torsionsschwingungen eines gleichen Antriebes in einem S-Bahn-Triebwagen sind in [14] dokumentiert. Sie überlagern den Schlupf und erhöhen den Energie-Eintrag in die Schiene beträchtlich.

4. Thermospannungen durch Überrollung

Angetriebene bzw. gebremste Räder weisen Schlupf auf. In der Literatur gibt es wenig belastbare Angaben über diesen Schlupf. Eine Quelle [12] gibt Werte für USA-Loks von 3-7% an. Die hohen Werte gelten aber nur für den Anfahrbereich.

Dieser Schlupf erzeugt mechanische Energie und wird im Kontaktbereich in Wärme umgesetzt. Es gibt, wie anfangs erwähnt, eine Vielzahl von Literatur über die entsprechende Temperaturerhöhung, allerdings alles Rechenergebnisse, keine Messungen. Bei Werten über 700°C müssten zumindest Anlauffarben an der Schiene zu sehen sein, die es aber nicht gibt.

Wie in [4] beschrieben, führen die dort angenommenen Bedingungen zu Temperaturerhöhungen von <100°C für beide Loktypen. Diese Ergebnisse erhält man auch bei Anwendung der Blok'schen Formel [14], die für hohe Hertz'sche Pressungen Stahl auf Stahl entwickelt worden ist.

5. Gesamte Belastung

Am Schienenkopf herrscht beim Überrollen ein komplizierter dreidimensionaler Spannungszustand, teils statischer, aber überwiegend dynamischer Art. Diese Spannungen sind vor allem Druckspannungen, es werden aber auch infolge Schlupf Scherspannungen an der Oberfläche erzeugt. Die zusätzliche Belastung infolge Thermospannung ist aufgrund der relativ niedrigen Temperaturen ebenfalls gering und beträgt 34 bzw. 4 N/mm² für die jeweilige Lok. Diese Werte begründen aber nicht das derartig unterschiedliche Verschleißverhalten beider Loktypen, sondern es ist die im Kontakt eingeleitete Scherspannung. Diese ist bei Umrichterantrieben erheblich höher als bei den früheren Antrieben: Höhere Leistung, Schlupfregelung und Torsionsschwingungen des Radsatzes verursachen eine wesentlich höhere Scherspannung im Kontaktbereich. Eine gesicherte Aussage über die Zusatzbelastung bei Umrichterantrieben ist aber erst möglich, wenn man die tatsächlichen Schlupf- und Antriebsverhältnisse der Umrichterloks genauer kennt.

Radsatzschwingungen verursachen eine oszillierende Beanspruchung des Rad/Schiene-Kontakts und es ist naheliegend, dass ein oszillierender Kontakt die Schiene wesentlich höher beansprucht als ein schlupfender Kontakt. Dieser Effekt lässt sich aber nur experimentell klären, nicht theoretisch.

Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist auch der Umstand, dass auf der Neubaustrecke Frankfurt-Köln mit reinem ICE-Verkehr Rollkontaktermüdung auftritt, obwohl die Antriebsleistung der dort eingesetzten ICE pro Radsatz lediglich 500 kW beträgt bei einer Achslast von 170 kN.

6. Schlussfolgerungen

Offensichtlich ist mit der jetzigen Antriebstechnik ein Maß der Schienenbeanspruchung erreicht, welches nicht überschritten werden sollte, denn das frühzeitige Fräsen bzw. Schleifen der Schienen kann nicht die Dauerlösung sein. Daher muss der Energieeintrag in die Schiene verringert werden, und dazu gibt es vor allem drei Ansätze: Erstens sollte die Motorspeisung verbessert werden, d.h. die Spannung ist besser zu glätten, zweitens ist der Schlupf auf das Mindestmaß zu verringern und drittens sollten die Schwingungen des Radsatzes gedämpft werden. Die wirksamste Methode dazu sind Einzelräder, was aber konstant sehr aufwendig ist. Eine andere Mög-

lichkeit wäre beispielsweise die Dämpfung mit einer Stange in der hohlgebohrten Radsatzwelle, welche nicht tordiert wird und durch Reibung dämpfend wirkt. •

Literatur

- [1] Tanvier, M.A.: Temperature rise due to slip between wheel and rail – an analytical solution for Hertzian contact. *Wear* 61 (1980), S.295-308.
- [2] Knotte, K., Liebelt, S.: Determination of temperatures for sliding contact with applications for wheel-rail systems. *Wear* 189 (1995), S.91-95.
- [3] Vo, K.D. et al: Comparisons of stress, heat and wear generated by AC versus DC locomotives under diverse operational conditions. *Wear* 328-329 (2015), S.186-196.
- [4] Fleiss, R.: Belastung der Schiene durch E-Loks. *El-Der Eisenbahningenieur*, Januar 2019, S.53-57.
- [5] Grundlagen des Festwalzens: www.ecoroll.de/verfahren/festwalzen.html.
- [6] Cannon, D.F., Pradier, H.: Rail Rolling Contact Fatigue Research by the European Rail Research Institute. *Wear* 191 (1996), S.1-13.
- [7] Haibach, E.: Betriebsfestigkeit. 2.Auflage Springer 2002.
- [8] Gebhard, S.: Untersuchung des Einflusses von Dreh-, Drehfräs-, Glattwalz- sowie Schleifprozessen auf das tribologische Einsatzverhalten von Stahl am Beispiel des Rad-Schiene-Kontakts. *Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum*. Berlin. Fraunhofer/TU Berlin.
- [9] Läßle, V.: Einführung in die Festigkeitslehre. 4.Auflage, SpringerVieweg 2016.
- [10] Christian-Albrechts-Universität zu Kiel: Grundpraktikum Materialwissenschaft. Druckfestigkeit.
- [11] Bargel, H.-J.: Werkstoffkunde. 12.Auflage, Springer-Vieweg 2018.
- [12] German, J.: Amerikanische Praxis bei Lokomotiven und Güterwagen. *ZEV Glasers Annalen* 107 (1983), S.237-249.
- [13] Magel, E. et al: Traction, forces, wheel climb and damage in high-speed railway operations. *Wear* 265 (2008) S.1446-1451.
- [14] Bieker, G. et al: Bremsscheibe als Tilger für Radsatz-Torsionsschwingungen. *ZEVrail* 138 (2014) 9 S.381-387.
- [15] Theyse, F.H.: Die Blitztemperaturhypothese nach Blok und ihre praktische Anwendung bei Zahnradern. *Schmieretechnik* 14 (1966) 1, S.22-28.

Summary

A contribution to the problem of rolling contact fatigue

Components subjected to extreme compression tension, such as the rail head, can be destroyed by shearing stress. This inevitably occurs at an angle of 45° to the compressive stress plane. If additional shearing stress is introduced by a slipping wheel, the direction of the total shear stress changes and cracks develop at an angle to the rail surface. When a crack grows towards the mid-point of the head, the direction changes towards the rail web because the vertical shear stress due to wheel load is then dominant.

RAILIMPACTS

— ETCS ■ ATO ■ FRMCS —

Digitalisierung des Schienenverkehrs

Rail Impacts – der neue, digitale Informationsdienst zum Thema Digitalisierung des Schienenverkehrs – bietet Ihnen stets aktuell und verlässlich einen Überblick über den Stand der relevanten Themen im zunehmend dynamischen Schienenverkehrsmarkt:



Erhältlich in deutscher und englischer Sprache

NEU!
Jetzt 4 Wochen testen

- **ETCS:** Das künftige Leit- und Signalsystem für den Schienenverkehr steht vor dem flächendeckenden Rollout in ganz Europa
- **ATO:** Automatisierung des Bahnbetriebs bis hin zum vollautomatischen und fahrerlosen Betrieb
- **CBTC:** Automatisierter Bahnbetrieb vor allem in Nahverkehrsnetzen
- **FRMCS:** Künftiger europäischer Standard für Funk- und Datenkommunikation im Schienenverkehr
- **Marktumfeld:** Politische und industrielle Rahmenbedingungen
- **Technologien:** Überblick über aktuelle Produkte und Services zur Digitalisierung des Schienenverkehrs sowie Aktivitäten in Forschung und Wissenschaft



Jetzt 4 Wochen kostenlos testen:

www.eurailpress.de/rail-impacts-probe-abo

Modulbasierte Systemtechnik liefert bedarfsgerechte Leistung für Zug und Infrastruktur

In modernen Zugsystemen sind intelligente Systeme nicht mehr wegzudenken. Auch steigt der Bedarf von Kommunikationslösungen für verschiedenste Aufgaben – sei es die Kommunikation zwischen Komponenten im Zug oder zwischen Zug und Infrastruktur. Um diese Aufgaben mit minimalem Investitionsaufwand erfüllen zu können, bietet sich die Nutzung von modulbasierter Systemtechnik an.



1. Einleitung

Für das Gelingen der Verkehrswende ist ein fortschrittlicher öffentlicher Nah- und Fernverkehr unabdingbar. Durch Digitalisierung ist eine signifikante Modernisierung und Effizienzsteigerung im Bahnverkehr möglich. Die Digitalisierung beginnt bei einzelnen Komponenten auf einem Zug und geht über Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur oder direkt zwischen Fahrzeugen, Ortungs- und Sensorik-Systemen zur Zugsteuerung, Informations- und Entertainmentsystemen zur Erhöhung des Fahrgastkomforts bis hin zu führerlosen Systemen.

Je nachdem, welche dieser Funktionen erfüllt werden soll, gibt es andere Anforderungen an das jeweilige System. Das können sicherheitsrelevante Vorgaben wie verschiedene Sicherheitsanforderungsstufen (SIL) sein. Es können aber auch Anforderungen in Bezug auf Rechenleistung, Speicher, kabelgebundene und kabellose Konnektivität sein.

Um durch Skaleneffekte Anschaffungs- und Wartungskosten minimal zu halten, ist es von Vorteil, möglichst die gleiche Systemplattform für möglichst viele Anwendungen in einem Zug, in einer Baureihe, aber auch über verschiedene Zug-Modelle und sogar in Wayside-Anlagen zu nutzen.



Dr.-Ing. Niklas Duda

Produktmanager bei der Heitec AG im Geschäftsgebiet Elektronik. Produktmanager für Systemplattformen mit Fokus auf den Bereich Transportation



1: Modulbasierte Systemtechnik für Züge

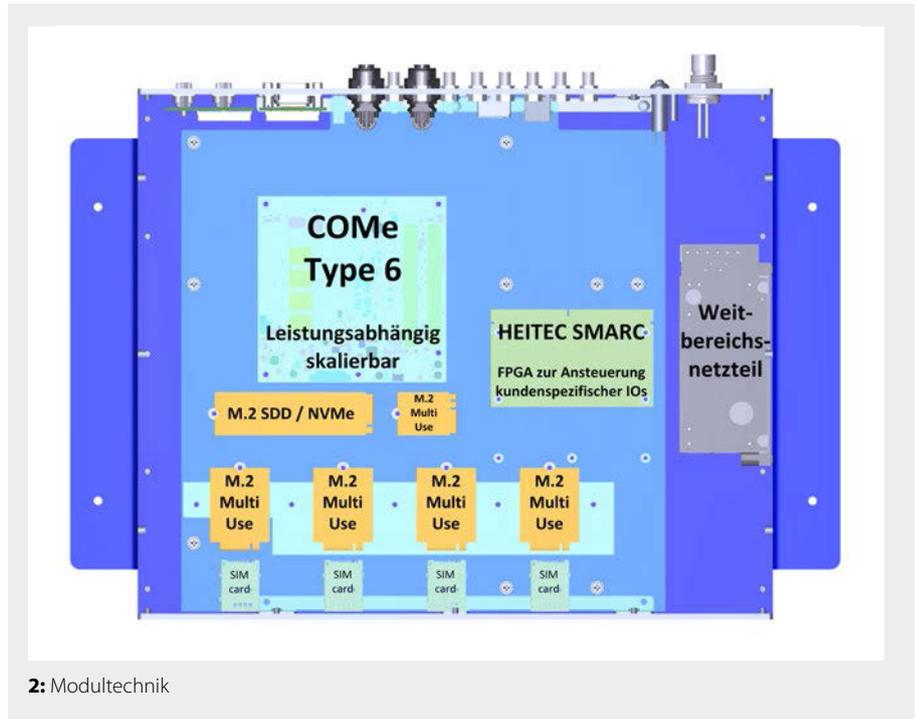
Durch die Verwendung eines einzigen Systems lässt sich die Anzahl der vorzuhaltenden Ersatzteile reduzieren und das Wartungspersonal muss nur auf ein System geschult werden. Nachteil ist, dass in diesem Fall das gewählte Standard-System für viele Anwendungen möglicherweise überdimensioniert ist und damit unnötige Kosten verursacht. Alternativ mehrere verschiedene Systeme einzusetzen, führt dazu, dass diese besser an ihre Aufgaben angepasst sind, aber eben auch, dass es wieder eine größere Systemvielfalt gibt, was Anschaffung und Wartung aufwendiger macht.

Eine Lösung, die die Vorteile beider Ansätze verbindet, ist die Verwendung einer modulbasierten Systemplattform. Dabei ist ein Grundgerüst des Systems immer

gleich, wodurch der Einkaufspreis und die Wartungskosten minimal gehalten werden. Gleichzeitig kann ein solches Gerät durch die Verwendung von optimal angepassten Modulen einfach auf genau die jeweilige Anforderung angepasst werden, ohne einen Funktions-Overhead zu haben. Zusätzlich ist so auch eine langfristige Investitionssicherheit gegeben, da bei einem in Zukunft geänderten Anforderungsprofil nicht das ganze System, sondern nur einzelne Module ausgetauscht werden können. Somit wird ein Upgrade signifikant günstiger als bei herkömmlichen Standardsystemen.

2. Umsetzung des Konzepts

Für eine modulbasierte Systemplattform ist es elementar, die passenden Modul-Technologien auszuwählen. Während die Verwendung von Modulen für Mobilfunk durch beispielsweise M.2-Schnittstellen bei vielen konventionellen Systemen verfügbar



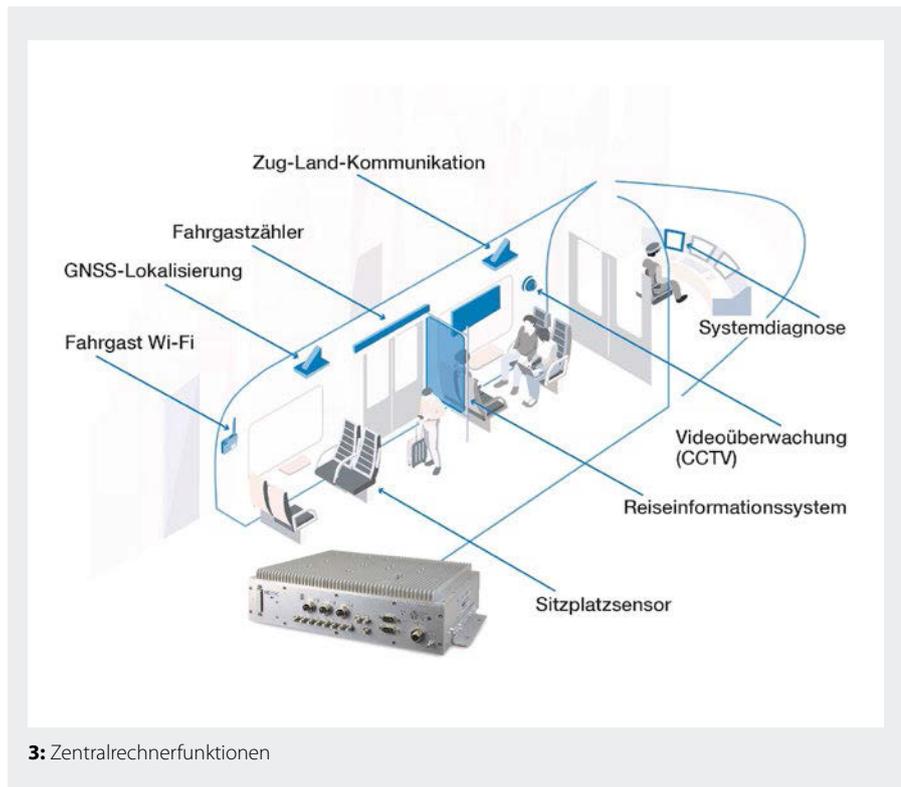
HIER PASSIERT NICHTS. AUSSER DER ZUG.

SIGNALSYSTEME
VON ZELISKO.

Besuchen Sie
uns auf der
INNOTRANS 2022
am **STAND 120**
in **HALLE 25!**



LÄSSIG, WEIL ZUVERLÄSSIG.
Mehr auf zelisko.com



agieren auf intern ausgelösten Events, aber auch auf externe Signale, ohne den Hauptprozessor dafür nutzen zu müssen.

3. Anwendungsbeispiel im Feld

Ein Beispiel für eine solche modulbasierte Systemplattform, die sämtliche der oben genannten offenen Standards intelligent kombiniert, ist das HeiSys der Firma HEITEC. Zertifiziert nach EN50155 wird dieses bereits in verschiedenen Ausbaustufen in Zügen eingesetzt, um dort als Zentralrechner diverse andere Komponenten zentral zu steuern und die Daten zusammenzuführen.

Dank der Modultechnik wird es in einer je nach Anwendung optimalen Ausbaustufe eingesetzt. Angefangen bei einer kostenoptimierten Version mit einem weniger leistungsfähigen Prozessor und drei LTE Modems bis zu einer Version mit einem leistungsfähigen Prozessor und vier 5G Mobilfunkmodems. Die Verwendung mehrerer Mobilfunkmodems hat in diesen Anwendungen den Vorteil, dass damit bestmögliche Netzabdeckung, Datenrate und Stabilität der Verbindung gewährleistet werden kann. Durch den modulbasierten Aufbau sind viele weitere Ausbaustufen und Varianten auch mit Fokus auf KI-basierte Bildverarbeitung, präzise Lokalisierung oder massive Speicherkapazität denkbar, um ein optimal angepasstes System für nahezu jeden Anwendungsfall zu erhalten. Diese flexible Variantenvielfalt ist ein großer Vorteil gegenüber herkömmlichen Systemen mit fest definierten Bauteilen oder nur minimalen Austauschmöglichkeiten. ●

Summary

Modul based system technology delivers demand-oriented performance for trains and infrastructure

In the course of the process of digitalizing rail transport, a large number of different requirements for electronic systems is occurring. In order to manage these requirements in a cost-optimized way, the use of module-based system technology is a good idea. This means that a uniform platform can be used which is nevertheless optimally adapted to the respective area of application and offers flexible update options at the same time.

ist, lässt sich dieses Konzept auch auf den Prozessor und andere Systembestandteile erweitern. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass diese auf etablierte Standards setzen, um eine möglichst große Skalierbarkeit über Performance und Funktion zu haben. Gleichzeitig ist dadurch eine gute Verfügbarkeit durch Multi-Source-Möglichkeiten gegeben, was gerade in der aktuellen Zeit mit einer weltweit angespannten Liefersituation ein enormer Vorteil ist.

Bei der Modularisierung der Prozessoreinheit ist der offene Industriestandard COM Express eine sinnvolle Wahl, da dieser nicht nur moderne Konnektivität und Zukunftssicherheit bietet, sondern auch ein gutes Beispiel für die genannte Multi-Source-Sicherheit ist. Bei der Verwendung eines solchen Moduls kann nicht nur die Leistungsfähigkeit über weite Bereiche skaliert werden, sondern bei der Modulauswahl auch auf mehrere Hersteller zurückgegriffen werden. Das schließt nicht nur Hersteller von COM Express-Modulen ein, sondern es lässt sich auch einfach zwischen Modulen mit Prozessoren verschiedener Hersteller wechseln. Dadurch lassen sich Systeme trotz Lieferschwierigkeiten bei einem Prozessorhersteller verlässlich aufbauen und auch Upgrades sind herstelleragnostisch durchführbar.

Um die Flexibilität, wie sie bei drahtlosen Verbindungen mithilfe verschiedener M.2-Module erreicht wird, auch bei der drahtgebundenen Konnektivität zu ermöglichen, wird zusätzlich auf den SMARC Standard zurückgegriffen.

Ähnlich wie bei dem COM Express-Standard ist auch auf einem SMARC-Modul ein Prozessor enthalten. Dieser ist in der Regel weniger leistungsfähig als der Prozessor auf einem COM Express-Modul, kann diesen allerdings unterstützen oder überwachen, um eine höhere Verfügbarkeit des Gesamtsystems durch Redundanz zu gewährleisten. Wird ein SMARC-Modul genutzt, das neben einem Prozessor auch über ein FPGA verfügt, können darüber sehr leicht anwendungsspezifische Anschlüsse, wie z.B. ein Impulszähler zur Bestimmung der Geschwindigkeit über die Umdrehungszahl der Räder, implementiert werden. Der große Vorteil eines FPGAs ist, dass dessen Hardware durch eine Art „Software“ rekonfiguriert werden kann und somit auch noch in Zukunft sehr einfach Änderungen an der Konnektivität ohne Austausch von Modulen möglich sind bzw. nur die physischen Anschlüsse an sich angepasst werden müssen. Außerdem ist ein solches FPGA-basiertes Modul echtzeitfähig und ermöglicht somit das schnelle Re-



Sehr geehrte Leserinnen und Leser!

Das Editorial der vorliegenden Ausgabe der ETR-Austria beginne ich mit einer Danksagung an den langjährigen Geschäftsführer der Wiener Linien, Herrn Direktor Dipl.-Ing. Günter Steinbauer, anlässlich seines im Herbst bevorstehenden Pensionsantrittes. Es ist mir dies nicht nur als Herausgeber der ETR-A ein großes Anliegen, sondern weil wir einander schon aus den Zeiten des Studiums kennen und seither, wengleich immer in unterschiedlichen Funktionen, kollegial und freundschaftlich verbunden sind.

Dabei erscheint der von ihm gemeinsam mit dem Nachhaltigkeitsbeauftragten seines Unternehmens verfasste Beitrag „Nachhaltigkeit bei den Wiener Linien“ wie ein Leitbild, das Günter Steinbauer seit mehr als zwanzig Jahren als Geschäftsführer gelebt hat und damit auch das ganze Unternehmen Wiener Linien prägen konnte. Aus der Sicht der ETR ist ihm dafür und insbesondere auch für seinen unermüdlichen Einsatz für die Veröffentlichung ungezählter Beiträge von Mitarbeitern seines Unternehmens zu danken. Geradezu vorbildlich – auch für die Stakeholder anderer großer Infrastruktur- und Verkehrsunternehmen - ist in diesem Zusammenhang sein unkomplizierter Umgang mit aktuellen Aufgabenstellungen und deren Bearbeitung im Unternehmen Wiener Linien.

Herzlichen Dank für Deine vielen interessanten Beiträge und „Glück Auf!“ für Deinen nächsten Lebensabschnitt!

Die zweite Arbeit befasst sich mit einer klassischen Aufgabe des Eisenbahnwesens,

der Lagesicherheit von Gleisen, im vorliegenden Fall bei Schmalspurbahnen, insbesondere bei durchgehend verschweißten Schienen. Da die Eisenbahnschwelle einen wesentlichen Einfluss auf die Stabilität des Gleises hat, wurde die Wirkung zusätzlicher Maßnahmen an der Schwelle unabhängig vom Konsolidierungsgrad des Schotters zur Vergrößerung des Querverschiebewiderstandes untersucht.

Der dritte Beitrag enthält die Beschreibung eines neuen Messverfahrens für die Bremskraftprüfung bei Schienenfahrzeugen, das ohne Manipulation am Bremssystem angewendet werden kann. Den Anlass zu dieser Entwicklung gaben zwei Bremsstände, die einmal zum Entrollen einer abgestellten Güterwagengruppe führten und zum anderen dieses beim Abstellen einer Triebwagengarnitur nur durch die Aufmerksamkeit des Triebfahrzeugführers verhindert werden konnte.

Viel Freude bei der Lektüre der Beiträge!

Mit den besten Grüßen aus Wien

Ihr

**Prof. Dr. techn.
Norbert Ostermann**

Univ.-Prof. i. R.

Wissenschaftlicher Leiter der ÖVG
Herausgeber ETR Austria

Inhalt

130 Kompakt

132 Nachhaltigkeit bei den Wiener Linien

Günter Steinbauer | Bruno Peretti

136 Verwerfungssichere durchgehend verschweißte Schmalspurgleise bei der Mariazellerbahn der Niederösterreich Bahnen (NÖVOG)

Ekkehard Steiner | Michael Krueger

144 Prototypen Entwicklung zur Bremsbelagkraft und Sohlenkraftmessung von Druckluftbremsen

Christian Gruböck | Walter Rieger | Gernot Theuermann

150 FSV Aktuell

Effiziente Fahrzeuglayouts in wenigen Klicks – neue Software

TrainOptimizer® | Das Layout von Schienenfahrzeugen hat einen wesentlichen Einfluss auf das Verhalten der Fahrgäste bei der Gepäckunterbringung, beim Fahrgastwechsel und bei der Sitzplatzwahl. Fehler in der Layoutplanung führen zu einer mangelhaften Verstaubarkeit des Gepäcks, zu deutlich längeren Fahrgastwechselzeiten und zu einem geringeren erzielbaren Sitzplatzauslastungsgrad. All dies führt neben umfangreichen betrieblichen Nachteilen, wie eine verlängerte Haltezeit mit daraus resultierenden Verspätungen oder einem höheren Energiebedarf sowie einer geringeren tatsächlich erzielbaren Auslastung auch zu Einschränkungen in der Fahrgastzufriedenheit und in Summe zu einer Ineffizienz, die sehr einfach zu vermeiden ist.

Die TU-Wien erforscht in Kooperation mit netwiss seit mittlerweile zwei Jahrzehnten akribisch das Verhalten und die Bedürfnisse von Fahrgästen bei Bahnreisen, insbesondere rund um den Fahrgastwechsel und bei der Gepäckunterbringung. In über 30 Forschungs-, Entwicklungs- und Consultingprojekten konnten im europäischen Raum bis dato Verhaltensdaten von über 400.000 Fahrgästen in über 100 verschiedenen Fahrzeuglayouts gesammelt werden. Zusätzlich wurden im August 2022 an fünf Tagen

mit über 60 Testpersonen in zehn verschiedenen Fahrzeugen umfangreiche Fahrgastwechseltests durchgeführt, deren Ergebnisse ebenso unmittelbar in die Software einfließen. Dieser umfangreiche Datenschatz erlaubt klare Aussagen zur Effizienzsteigerung von Fahrzeuglayouts.

Um diese Erkenntnisse einfach verfügbar zu machen, wurde durch netwiss in Kooperation mit der TU-Wien und IT-eXperience die Simulationssoftware TrainOptimizer® entwickelt. TrainOptimizer® ist ein einfach zu bedienendes Online-Tool, das ohne CAD- oder sonstige technische Kenntnisse den Usern erlaubt, in kurzer Zeit Fahrzeuglayouts zu erstellen und anhand vielfältiger, selbst wählbarer Kriterien evaluieren zu lassen, wobei unterschiedliche Layouts einfach untereinander verglichen werden können. Die Ergebnisse der Simulation sind verständliche Charts zur Fahrgastwechselzeit, zur Verstaubarkeit von Gepäck und zur tatsächlich erzielbaren Fahrzeugauslastung. Diese Erkenntnisse erlauben das rasche Herausfinden der effizientesten Layouts, die eine möglichst kurze Haltezeit, bestmögliche Gepäckunterbringung und eine tatsächliche Vollauslastung bei gleichzeitig hoher Zufriedenheit der Fahrgäste erlauben. Besuchen Sie uns auf der Innotrans in **Halle 5.1 / Stand 242**.



Einfache und rasche Layouterstellung

Ergebnisse: Leicht verständliche Charts

CO₂ optimierte Baustelle bei den Wiener Linien

Wiener Linien | Mit der Umsetzung einer CO₂ optimierten Baustelle nehmen die Wiener Linien eine Vorreiterrolle im Klimaschutz ein und berücksichtigen Aspekte der Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft. Mit der Implementierung gezielter Maßnahmen werden die CO₂-Emissionen auf einer Gleisbaustelle beim Landstraßer Gürtel auf ein Minimum gesenkt. Im Rahmen des Projekts werden innovative Technologien für die Emissionsreduktion und -substitution genutzt. Dabei setzt man auf organisatorische Maßnahmen und technologi-

sche Entwicklungen, z.B. elektrifizierte Baumaschinen/-geräte. Wo technisch bereits möglich wird Recycling-Beton eingesetzt. Der benötigte Strom stammt zu 100 % aus erneuerbaren Energieträgern. Zukünftig möchte man einen Schritt weiter gehen und Energie direkt vor Ort erzeugen. Ziel ist außerdem, Möglichkeiten einer universal anwendbaren Bilanzierungsmethode zur Erfassung aller CO₂-Emissionen auf einer Baustelle, welche auch bei zukünftigen Bauprojekten zur Anwendung kommen kann, zu erörtern.

Entwicklung multifunktionaler Tag-/Nachtzüge

Projekt TANA | Das F&E-Projekt Tag-/Nacht-Zug (TANA) wurde im Juni 2022 gestartet und wird durch das Bundesministerium für Klimaschutz unter Abwicklung der FFG in der Förderschiene Mobilität der Zukunft gefördert. Ein österreichisch-/schweizerisches Forschungsteam unter der Leitung der Firma netwiss OG aus Wien sucht nach Möglichkeiten, Nachtzüge sinnvoll auch im Tagverkehr einsetzen zu können, um deren Effizienz zu steigern. Mögliche Einsatzgebiete wären z. B. a) Langläufe mit erweiterter Zubringerfunktion oder b) Nachlauf für attraktive Direktverbindungen, welche auch einen teilweisen Einsatz im Tagverkehr bedingen oder c) generell ein Einsatz auf Tagumläufen. Neben der Zusammen-



setzung geeigneter Ausstattungselemente in den Fahrzeugen werden auch Serviceleistungen und passende Einsatzszenarien untersucht. Ziel ist, ein Gesamtpaket für Tag-/Nachtzüge zu entwickeln. Im Zentrum der Forschung und Entwicklung stehen dabei

immer die Fahrgäste und deren Anforderungen, deshalb sind sie auch in diverse Entwicklungsprozesse aktiv eingebunden.

Das Konsortium ist fachlich sehr breit aufgestellt und umfasst neben der Konsortialführung netwiss OG, die umfangreiches Know-how zum Thema Fahrgastverhalten und -bedürfnisse einbringt, mit der Siemens Mobility GmbH einen sehr erfahrenen Partner in der Entwicklung und Herstellung und mit der Molinari Rail GmbH umfangreiche Expertise im Re-Engineering und dem Umbau von Nachtzügen, mit Dr. Elisabeth Oberzaucher ein renommiertes Team aus Verhaltensforscherinnen, mit der Hilfgemeinschaft für Blinde und Sehschwache Österreichs eine ausgewiesene Expertise im Bereich der Barrierefreiheit, mit der FH St.Pölten, der FH JOANNEUM Graz und der ZHAW School of Engineering drei hochkarätige Hochschulpartner im Bereich der Mobilität und Bahnforschung aus Österreich und der Schweiz und mit der moodley industrial design GmbH exzellente Kompetenz im Design von Bahn Interiors.

Dieses interdisziplinäre Konsortium mit hoher Kompetenz im Bereich von Schienenfahrzeugen und dem Fokus auf den Faktor Mensch in allen Phasen einer Bahnreise lassen exzellente Konzepte für effiziente und fahrgastgerechte Nachtzüge mit Potenzial für den Einsatz im Tagverkehr erwarten, die trotz aller angestrebter Innovation die technische und ökonomische Machbarkeit garantieren. •

Überblick über die neuen bzw. geänderten RVE

FSV | In Österreich etablieren sich immer mehr die RVE – die Richtlinien und Vorschriften für das Eisenbahnwesen. Diese werden in paritätisch besetzten Arbeitsausschüssen erstellt und nach breiter Begutachtung und Qualitätsprüfung durch den Fachbeirat Schiene einer Veröffentlichung zugeführt. Der Bezug erfolgt als Einzelbezug oder in Form eines Abonnements. Folgend die Auflistung der neuen bzw. geänderten RVE seit der letzten ABO-Aussendung Version 06 im Juni 2020:

- RVE 01.01.11 „Bestimmungen für den EWR und die Türkei“ – März 2021
- RVE 01.03.11 „Gestaltung und Aufbau einer RVE“ – März 2021
- RVE 04.01.02 „Berechnung von Schienenverkehrslärmemissionen“ – Februar 2022
- RVE 04.03.02 „Pflegetechnik für ökologische Kompensationsflächen“ – März 2021
- RVE 04.04.02 „Manipulation von brennbaren Flüssigkeiten auf Eisenbahnanlagen“ – Februar 2022
- RVE 12.01.01 „Eisenbahn Infrastrukturplanung, Ziel- und Aufgabenbeschreibung“ – April 2021. •

Service ohne Wartezeit

Linsinger | Mit dem LINvision-Helm von Linsinger erhalten Maschinenbediener Echtzeitsupport per hybrider Realität und Audioanweisungen.

Es kann selbst mit einer Linsinger Maschine passieren. Plötzlich tritt ein Störfall auf und man braucht rasche Hilfe, um teure Schichtausfälle zu vermeiden. Bisher war es üblich, per Telefon Kontakt mit der Rufbereitschaft aufzunehmen. Im besten Fall kann hierbei schon eine entsprechende Lösung geliefert werden, im schlimmsten Fall aber muss ein Techniker entsandt werden und sich vor Ort dem Störfall widmen. Je nach Entfernung kann dies bis zu zwei Werktagen dauern. Eine stillstehende Maschine zieht jedoch auch immer Produktionsausfälle und damit Verluste nach sich. Wäre es nicht um einiges günstiger und schneller, wenn Unterbrechungen von den eigenen Mitarbeitern behoben werden könnten, auch ohne tiefgehende Kenntnisse der Maschine? So zumindest die Idee von Linsinger. Das Unternehmen hat einen Helm entwickelt, mit dessen Hilfe Techniker das Personal vor Ort audiovisuell bei Notfällen anleiten können – auf Wunsch sogar rund um die Uhr. Mit dem sogenannten



LINvision im Einsatz

LINvision-Helm können auch nicht speziell geschulte Arbeitskräfte des Kunden die Maschine wieder instand setzen, ganz ohne lange Anreisezeiten von Spezialisten. Kostspielige Schichtausfälle werden vermieden. Auch das Ausbilden von neuem Personal an der Maschine ist möglich. •

Nachhaltigkeit bei den Wiener Linien

Neben dem Angebot der klimafreundlichen Mobilität setzt das Wiener Verkehrsunternehmen vielfältige Schwerpunkte im Bereich Nachhaltigkeit.



Es sind herausfordernde Zeiten: Die Corona-Pandemie ist nicht vorbei, die Teuerung und die Auswirkungen der Klimakrise werden mehr und mehr spürbar. Auch die aktuelle geopolitische Situation lässt keinen Zweifel daran, dass die Energie- und Klimawende mit aller Entschlossenheit angegangen werden muss.

Österreich will bis 2040 klimaneutral werden, und auch Wien hat sich als Bundesland dieses ambitionierte Ziel gesetzt. Da kommt dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) eine besondere Rolle zu. Die Wiener Linien sind die Lösung für eine gute und nachhaltige Zukunft in der Stadt und deshalb ein zentraler Partner am Weg zur Verkehrswende.

Überblick über die Klimaschutzstrategie der Wiener Linien

Ausgangspunkt für alle Maßnahmen, die zum Thema Klimaschutz bei den Wiener

Linien laufen, ist die Strategie 2028 der Wiener Linien. Die mit dieser Strategie verknüpfte Balanced Scorecard der Wiener Linien wurde in diesem Zusammenhang um zwei wichtige Perspektiven erweitert, die den eigenen Ansprüchen und den Ansprüchen der Stadt Wien in Bezug auf die Smart City Rahmenstrategie gerecht werden sollen. In der Perspektive Nachhaltigkeit finden sich jene Ziele, die sich mit der Reduktion der eigenen Emissionen, der Bewusstseinsbildung der Mitarbeiter*innen und der Anpassung an den Klimawandel beschäftigen. Dabei spielt vor allem das Ziel der Stadt Wien eine große Rolle, bis 2040 CO₂-neutral zu werden. Die Wiener Linien sind bereits zu einem großen Teil elektrisch unterwegs, bemühen sich aber auch ihren verbleibenden Carbon Footprint zu reduzieren.

Die zweite neue Perspektive in der Balanced Scorecard ist die Verkehrswende. Die Ziele darin beschäftigen sich mit der



DI Günter Steinbauer

Geschäftsführer für den technisch-betrieblichen Bereich und Vorsitzender der Geschäftsführung der Wiener Linien. Seit 1982 ist Günter Steinbauer bei den Wiener Linien tätig
gf@wienerlinien.at

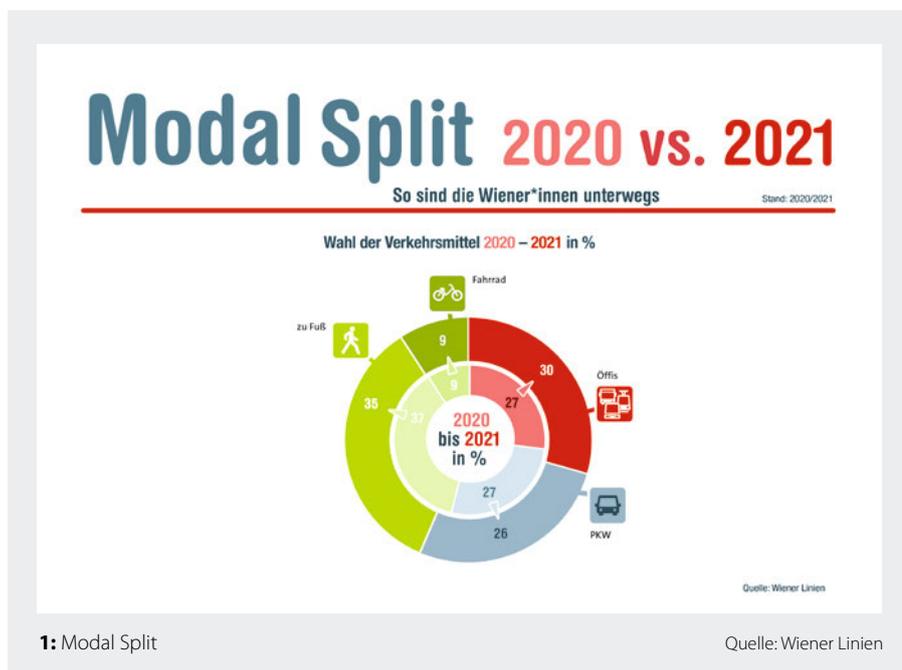


Bruno Peretti

Nachhaltigkeitsbeauftragter der Wiener Linien
bruno.peretti@wienerlinien.at

Verbesserung und Verdichtung des eigenen Angebotes. Das Angebot der Wiener Linien ist bereits sehr gut und wird, wie der Modal Split zeigt, auch gerne von den Wiener*innen angenommen. Damit das so bleibt, auch wenn die Stadt weiterwächst, müssen weitere Investitionen folgen. Deshalb hat das Unternehmen auch die Pendler*innen im Blick. Täglich pendeln über 200.000 Menschen nach Wien, der Großteil davon mit dem PKW. Um den Umstieg auf die Öffis so attraktiv wie möglich zu machen, wird etwa auch das Angebot über die Stadtgrenze hinaus ausgebaut, z. B. im Süden Wiens mit der Linie 72 von Simmering nach Schwechat.

Um ein besseres Gesamtangebot bieten zu können, wird ein besonderer Fokus auch auf die so genannte Mikromobilität gelegt. Die höherrangigen Verkehrsdienstleistungen sollen dadurch besser zugänglich gemacht werden. Davon erwartet man sich insgesamt eine Attraktivierung des ÖPNV, der als Netzwerkökonomie vor allem von einem dichten und gut ausgebauten Gesamtsystem profitiert. All diese BSC-Ziele agieren als Zielsystem zur Verwirklichung der Smart City Strategie der Stadt Wien, die



unter anderem eine Erhöhung des Modal Splits des erweiterten Umweltverbunds auf 85 Prozent bis 2030 vorsieht. Zum erweiterten Umweltverbund zählen neben dem ÖV auch Gehen, Radfahren und zusätzlich auch Sharing- und Pooling-Angebote.

Die CO₂-Emissionen sind im öffentlichen Verkehr vier- bis 15-fach geringer als im eigenen Pkw. Die Wiener Linien sind deshalb die erste Adresse für klimafreundliche Mobilität. Eine Zahl unterstreicht auch dieses große Potenzial: Seit 2017 besitzen in Wien mehr Menschen eine Jahreskarte bzw. ein Klimaticket als einen eigenen Pkw. Die Wiener Linien sorgen dafür, dass jeden Tag rund 2 Millionen Fahrgäste rasch, sicher und umweltfreundlich an ihr Ziel kommen. Auch der Öffi-Anteil im Modal Split steigt wieder. Im Vergleich zum Vorjahr kletterte der Anteil 2021 in der Stadt von 27 auf 30 Prozent. Zuvor hat der ÖPNV von 2019 auf 2020 wegen der Corona-Pandemie im Modal Split elf Prozentpunkte verloren. Rech-



2: So wird die U5-Station Elterleinplatz aussehen

TOGETHER
WE SHAPE
MOBILITY

Your **partner** for **smart, secure**
and **safe** software solutions
since **40 years.**

Meet us at InnoTrans in Berlin from
20-23 September 2022; hall 27, Booth 501



3: Bis Herbst stehen 3000 Räder an über 220 Stationen in ganz Wien zur Verfügung

net man die noch „normalen“ Monate im Jahr 2020, Jänner und Februar weg, waren 2021 wieder fast 20 Prozent mehr Fahrgäste mit den Wiener Linien unterwegs.

Carbon Footprint

Eine wichtige Zielgröße der Wiener Linien ist der Carbon Footprint: Er gibt darüber Auskunft, wie weit die Wiener Linien mit ihren Bemühungen schon sind und welche Hürden es noch gibt. Dafür haben die Wiener Linien 2020 das erste Mal für das Wirtschaftsjahr 2019 den Carbon Footprint erhoben. Als externer Partner war das Umweltbundesamt beteiligt. Ziel war es, 80 bis 90 Prozent der gesamten Emissionen des Unternehmens zu berücksichtigen. Es werden alle klimaschädlichen Gase erfasst und in CO₂-Äquivalenzemissionen umgerechnet. Der Carbon Footprint wird nach dem Standard des Greenhouse Gas Protocol erstellt. Die Besonderheit ist dabei die Einteilung der Emissionen in drei Scopes. Dabei werden auch direkte und indirekte Emissionen unterschieden. Diese Sichtweise deckt dabei vorgelagerte als auch nachgelagerte Emissionen ab. Das Unternehmen trifft somit die Verantwortung nicht nur für die Emissionen, die direkt im Unternehmen ausgestoßen werden, sondern auch für jene, die bei Zulieferern, Kunden und der Entsorgung entstehen. Dieser umfassende Blick schafft eine globale Sicht-

weise über die eigenen Emissionen von der Dieselerverbrennung bis zur Mobilität der Mitarbeiter*innen.

Schlagkräftiger Klimaschutz dank vieler Einzelprojekte

Mit dem Carbon Footprint ist somit die Ausgangslage für die Erfassung und Bewertung der eigenen Emissionen geschaffen. In einem weiteren Schritt wurden im Klimaschutzplan Projekte identifiziert, die einen Beitrag dazu leisten, den eigenen Carbon Footprint zu reduzieren und den Klimaschutz weiter voranzutreiben. Als eine Art „lebendes Dokument“ wird der Klimaschutzplan laufend um Maßnahmen ergänzt. Damit hat das Unternehmen die Übersicht, wie der Status quo beim Reduktionspfad aussieht und welche Maßnahmen noch gesetzt werden müssen, um das Klimaschutzziel bis 2040 zu erreichen.

Linienkreuz U2 x U5

Mit dem Linienkreuz U2xU5 startet das wichtigste Zukunftsprojekt im Wiener U-Bahnbau seit dem Spatenstich für die U1 vor fünfzig Jahren. Gleich zwei U-Bahn-Projekte werden dabei auf einmal realisiert. Für die wachsende Stadt Wien bietet das Linienkreuz Kapazität für 300 Millionen zusätzliche Fahrgäste pro Jahr und spart bis zu 75.000 Tonnen CO₂.

Nach dem Ausbau der U2 bis zur Seestadt wird die violette Linie in Richtung Süden verlängert. Die U2 bekommt in der 1. Baustufe ab der Station Rathaus einen neuen Süd-Ast bis zum Matzleinsdorfer Platz (2028) bzw. in der 2. Baustufe bis zum Wienerberg. Ab dem Rathaus wird die U2 künftig bei den Stationen Neubaugasse (U3), Pilgramgasse (U4), Reinprechtsdorfer Straße und Matzleinsdorfer Platz (2028) Halt machen. Die Planung für eine weitere Verlängerung über die Gußriegelstraße zum Wienerberg hat 2020 begonnen.

Die Linie U5 wird die erste vollautomatische U-Bahn-Linie Wiens sein. Die U5 wird nach Fertigstellung der ersten Baustufe ab 2026 die bestehenden U2-Stationen Karlsplatz, Museumsquartier, Volkstheater und Rathaus übernehmen und bis zum Frankplatz, im Universitätsviertel, fahren. In der 2. Baustufe wird die türkise Linie weiter nach Nordwesten verlängert, mit den neuen Stationen Arne-Karlssoon-Park, Michelbeuern-AKH und Elterleinplatz. Ebenfalls in dieser 2. Baustufe wird die U5 noch um eine Station bis nach Hernals verlängert, die Planungen dafür sind in Arbeit.

E-Kompetenzzentrum Siebenhirten

Auch bei der laufenden Modernisierung der Autobusflotte wird auf Energieeffizienz, niedrigste Emissionswerte, die deutliche Unterschreitung der Euro-6-Norm, Wirtschaftlichkeit und hohen Fahrgastkomfort geachtet. Mit einem weltweit einzigartigen Ladesystem werden bereits seit 2012 die beiden Linien 2A und 3A komplett elektrisch und damit abgasfrei betrieben. 150 Kilometer können die Busse mit einer Ladung zurücklegen. Umweltfreundliche Antriebstechnologien und ihre Weiterentwicklung stehen bei den Wiener Linien bei der Anschaffung von neuen Fahrzeugen im Fokus; im Süden Wiens entsteht zurzeit ein Kompetenzzentrum für E-Mobilität: In Siebenhirten bauen die Wiener Linien eine eigene E-Bus-Garage, wobei Energieeffizienz, eine ökologische Bauweise und die klimaaktiv-Kriterien groß geschrieben werden. Eine Photovoltaik-Anlage am Dach der Busgarage wird Strom zur Ladung der Busse produzieren, die Abwärme der Ladegeräte wird wiederum für das Beheizen der Aufenthaltsräume und des Werkstattegebäudes genutzt. 62 E-Busse werden ab 2023 nach und nach im Einsatz sein. Bei den 62 Batteriebusen rechnen die Wiener Linien mit Einsparungen von 2.500 t CO₂ pro Jahr.

Wasserstoffkompetenzzentrum Leopoldau

In Zusammenarbeit mit der Wien Energie und den Wiener Netzen entstand im Norden Wiens eine Wasserstoff-Tankstelle in der Busgarage Leopoldau. Dort werden künftig zehn Wasserstoffbusse betankt, die ab 2023 stufenweise auf der Linie 39A unterwegs sein sollen. An der Wasserstoff-Tankstelle kann in zwei Druckstufen, 350 und 700 bar, getankt werden. Dadurch ist sie für verschiedene Lkw- und Bus-Modelle geeignet. Der notwendige Wasserstoff wird durch erneuerbare Energie gewonnen. Für die zehn Busse wird mit Einsparungen von 525 t CO₂ pro Jahr gerechnet.

Ausbau der Photovoltaik-Anlagen

Mit einer Vielzahl an Stationen verfügen die Wiener Linien über eine breite Gebäudebasis für den groß angelegten Ausbau von Photovoltaik. In Kooperation mit der Wien Energie haben es sich die Wiener Linien zum Ziel gesetzt, bis 2025 mindestens 70.000 m² Dachfläche mit Solarpaneelen auszustatten und künftig bis zu 3500 MWh Sonnenstrom zu produzieren. Damit kann ein Großteil der Stationen autark betrieben werden. Mit diesem Ausbau können etwa 1000 t CO₂ pro Jahr eingespart werden.

WienMobil Rad

Seit April 2022 ist man bei den Wiener Linien auch auf zwei Rädern nachhaltig unterwegs: WienMobil Rad ist das neueste Angebot in der WienMobil-Familie. Die Wiener Linien verknüpfen bei den WienMobil Stationen ihr klassisches Angebot von U-Bahn, Bus und Bim mit flexiblem Sharing. Die WienMobil Stationen werden laufend in ganz Wien ausgebaut.

Das Leihradsystem ist bereits ein voller Erfolg: In nicht einmal drei Monaten wurden bereits 55.000 Fahrten unternommen. Fast die Hälfte der geplanten Stationen sind aktiv, bis zum Herbst wird das System wie geplant weiter ausgerollt. Im Vollausbau stehen 3000 Räder an über 220 Stationen in ganz Wien zur Verfügung. Die WienMobil Räder sind in allen 23 Wiener Bezirken rund um die Uhr, 7 Tage die Woche verfügbar.

Neben der Errichtung der Stationen wird auch die Bereitstellung der Räder und der Betrieb, inklusive Servicierung, Wartung und Verteilung der Räder, von der Firma nextbike übernommen. Bei WienMobil Rad kommt ein 7-gängiges Smartbike mit integriertem elektronischen Rahmenschloss zum Einsatz. Das Rad kann mittels GPS geortet und an fixen physischen als auch virtuellen Stationen ausgeborgt und zurückgegeben werden.

Ausblick

Es liegt auf der Hand, dass Nachhaltigkeit das Gebot der Stunde ist. Als ÖPNV-Unternehmen haben die Wiener Linien den Vorsprung, dass der Geschäftszweck an sich nachhaltig ist und die Kernleistung Teil der Lösung der Klimakrise ist. Das stärkt die Zukunftsrolle des Unternehmens massiv. Denn die städtische Mobilität ist einer der wichtigsten Stellschrauben, um die Klimakrise in den Griff zu bekommen und Menschen ein gutes Leben in der Stadt zu ermöglichen. Dafür treiben die Wiener Linien den Öffi-Ausbau genauso voran wie die Entwicklung neuer, klimaschonender Verkehrsangebote und die nachhaltige Ausrichtung des Unternehmens. ●

Summary

Sustainability at Wiener Linien

Wiener Linien is a key partner towards the transport turnaround and an important set screw for a sustainable future in the city. In addition to the offer of a climate-friendly mobility, Wiener Linien puts a focus on numerous strategical topics in sustainability. Here, an important factor is to continuously reduce the company's carbon footprint and to expand an alternative driving model as well as sharing offers.

Abwasserreinigung und Service – effizient und kostenbewusst

Sie haben Abwasser aus der Reinigung und Instandhaltung?

Wir liefern neben der kompletten Abwassertechnik auch die passenden Behandlungskemikalien und unterstützen Sie mit unserem Team beim Anlagenbetrieb. Sprechen Sie uns einfach an.



EnviroChemie GmbH · In den Leppsteinswiesen 9 · 64380 Rossdorf
Tel. 06154 6998-73 · www.envirochemie.com · info@envirochemie.com



Innovation für Wassertechnik

ENVIROCHEMIE

Verwerfungssichere durchgehend verschweißte Schmalspurgleise bei der Mariazellerbahn der Niederösterreich Bahnen (NÖVOG)

Die Eisenbahnschwelle hat einen wesentlichen Einfluss auf die Stabilität des Gleises. Durch zusätzliche Maßnahmen an der Schwelle kann unabhängig vom Konsolidierungsgrad des Schotters der Querverschiebewiderstand der Schwelle vergrößert werden. Bei der Schwellenherstellung aufgebrauchte und optimierte Besohlungen erhöhen nicht nur die Kontaktfläche, sondern vergrößern auch den Querverschiebewiderstand im Schotterbett.



1. Abstract

Ein durchgehend verschweißtes Gleis weist einen wesentlich höheren Fahrkomfort und deutlich geringere Erhaltungskosten auf. Es ist aber bei hohen Schienentemperaturen mit größeren Längskräften in der Schiene zu rechnen. Um die Gleislagestabilität zu gewährleisten, muss der Querverschiebewiderstand des Gleisrostes in ausreichender Größe vorhanden sein.

Der günstige Einfluss von Betonschwellen mit entsprechender Besohlung auf die Lagestabilität von durchgehend verschweißten Gleisen konnte gezeigt werden.

Der Querverschiebewiderstand der unterschiedlich ausgestatteten Betonschwellen wurde in Hinblick auf die Gleislagestabilität nach dem Einbau ohne Betriebsbelastung, nach 3 ½ Monaten Betrieb und nach einem Jahr Betriebsbelastung in situ gemessen.

2. Einleitung

Gebirgsbahnen wurden oft aus ökonomischen Gründen geländeangepasst trassiert. Dabei kamen auf Kosten der Entwurfsgeschwindigkeit sehr enge Halbmesser zur Anwendung. Eine Lagestabilität des Gleis-



Dipl.-Ing. Dr. techn. Ekkehard Steiner

Assistenzprofessor am Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Intelligente Verkehrssysteme / Eisenbahnwesen

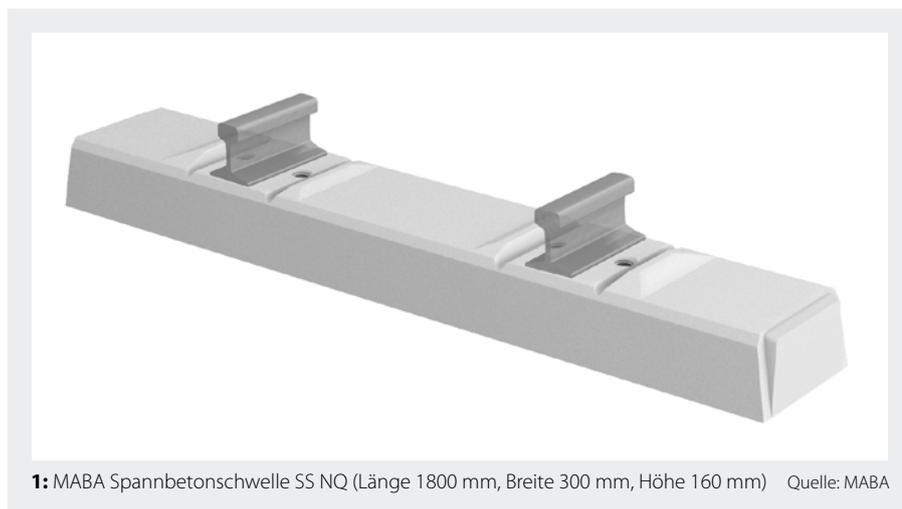
Universität Innsbruck, Fakultät für Technische Wissenschaften
ekkehard.steiner@uibk.ac.at



Dipl.-Ing. Michael Krueger

Leiter Infrastruktur Instandhaltung bei den Niederösterreich Bahnen St. Pölten

michael.krueger@niederösterreichbahnen.at



1: MABA Spannbetonschwelle SS NQ (Länge 1800 mm, Breite 300 mm, Höhe 160 mm) Quelle: MABA

ses konnte nur mit einem Stoßlückengleis erreicht werden. Durch die Herstellung von längsverschweißten Gleisen kann der Instandhaltungsaufwand verringert und der Fahrkomfort erhöht werden. Gegenüber Stoßlückengleisen erhöhen sich die temperaturbedingten Längskräfte in der Schiene, welche die Lagestabilität des Gleises bei hohen Schienentemperaturen gefährden können.

Unter der Wahrung der Stabilität des Gleises versucht man diesen doppelten Nutzen von längsverschweißten Gleisen auch bei Schmalspurbahnen wie bei der NÖVOG umzusetzen [1], [2], [3].



2: Versuchsbogen mit MABA Spannbetonschwellen SS NQ



3: Ausrüstung zur Messung des Querverschiebewiderstandes



4: Verschiebeeinheit mit Druckzylinder und Kraftmessdose



5: Lage der Versuchsschwellen im Bogen mit einer Besohlung von Müller und Getzner

Auf der Mariazellerbahn der Niederösterreichischen Bundesbahnen (NÖVOG) wurden Spannbetonschwellen SS NQ der Firma MABA eingebaut (Bild 1). Diese entsprechen in der Form modernen Holzersatzschwellen mit Winkelführungsbefestigung. Zusätzlich wurden diese ohne Besohlung und mit zwei verschiedenen Schwellenbesohlungen der Firma Müller M02 in Ethylen-Vinylacetat (EVA) mit einem statischen Bettungsmodul von $0,24 \text{ N/mm}^3$ (nach DBS 918 145-01) und der Firma Getzner SL-NG (F) in Polyurethan (PUR) mit einem statischen Bettungsmodul von $0,20 \text{ N/mm}^3$ (nach EN 16730, TC 3) ausgeführt. Diese Schwellen wurden auch mit Sicherungskappen (SIK) in einem engen Bogen im Zuge einer Gleisneulage eingebaut und in Hinblick des Querverschiebewiderstandes untersucht (Bild 2).

3. Querverschiebewiderstandsmessung an Einzelschwellen

3.1. Messverfahren und Messgrößen zur Bestimmung des Querverschiebewiderstandes (QVW)

Die von der Universität Innsbruck verwendete Messausrüstung besteht aus einer Einheit zur Aufbringung und Erfassung der Verschiebekraft bestehend aus einem Hyd-

raulikzylinder mit einer Kraftmessdose. Der Druck für den Hydraulikzylinder wird durch das Aggregat bereitgestellt (Bild 3). Mit dieser Messkette wurden schon viele Schwellentypen hinsichtlich des Querverschiebewiderstandes im Gleis in situ untersucht [4].

Im Bild 4 stützt sich der Druckzylinder mit der integrierten Kraftmessdose von der Schiene ab und verschiebt über den mit einer Schwellenschraube befestigten Winkel bei der Innenschiene die Betonschwelle.

Die horizontale Schwellenverschiebung wird mit einem Wegaufnehmer erfasst. Die Befestigungsbasis des Aufnehmers reicht weit über den bei der Schwellenverschiebung entstehenden Schotterkeil hinweg (Bild 3 im Vordergrund).

3.2. Messstellen

Der Versuchsbogen mit den neuen Betonschwellen befindet sich südlich des Bahnhofes



6: Lage der untersuchten Holzschwellen im Bahnhof Puchenstuben

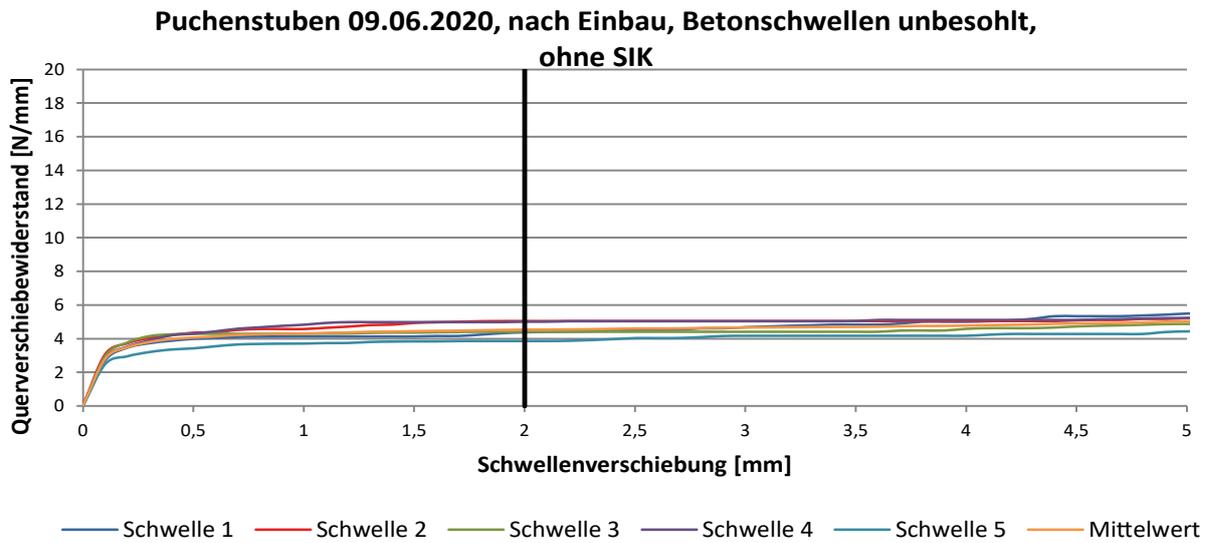


Diagramm 1: Erreichte Extremwerte des Querverschiebewiderstandes der Neulage bei unbesohnten Betonschwellen - Mittelwert bei 2 mm Verschiebeweg ist 4,53 N/mm

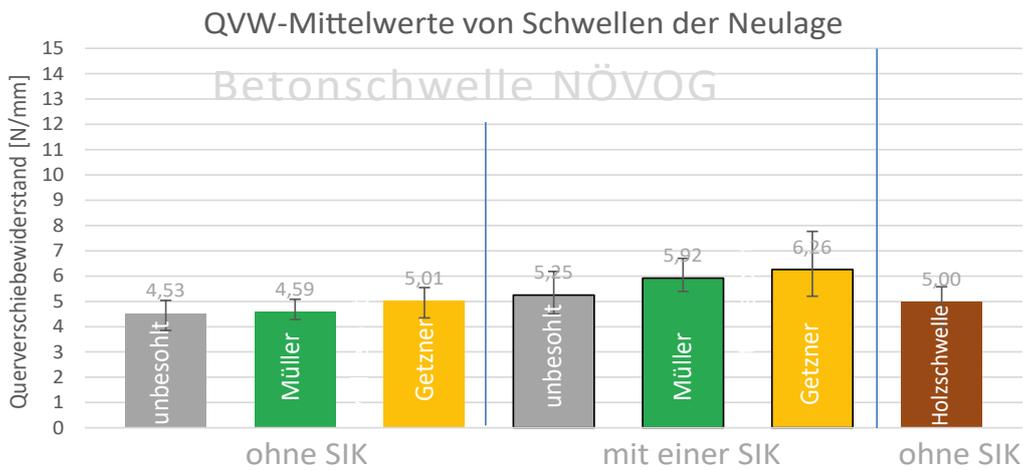


Diagramm 2: Querverschiebewiderstand der Neulage bei 2 mm Verschiebeweg (mit den Größtwerten und den Kleinstwerten)

Puchenstuben von km 61,145 bis km 61,226 (Bild 5 und 6). Der Bogen hat einen Halbmesser von R=89,0 m mit einer Überhöhung von D=60 mm. Die zulässige Geschwindigkeit beträgt in diesem Bereich 40 km/h.

Im Bogen wurde jede dritte Schwelle mit einer Sicherungskappe (SIK) ausgestattet. Bei den untersuchten Betonschwellen mit SIK und ohne SIK wurde in den Messbereichen jede dritte Schwelle verschoben. Der Schwellenabstand beträgt im Mittel 65 cm.

Die Vorkopfschotterstärke ist bei den neuen Betonschwellen ca. 30 cm. Die freie Schotterflanke ist im Abstand von 60 cm

bis 90 cm durch eine Stützkonstruktion aus Beton gehalten.

Bei den untersuchten Holzschwellen beträgt die Vorkopfschotterstärke ca. 60 cm bei einer unbehinderten Schotterböschung.

3.3. Neulage nach dem Einbau ohne Betriebsbelastung

Im Diagramm 1 sind als Beispiel die Maximalwerte des Querverschiebewiderstandes als Kraft-Wege-Linien der unbesohnten Betonschwellen, geteilt durch den Schwellenabstand, dargestellt. Diese Messung der

Neulage fand am 9. Juni 2020 statt. Das Gleis war oberflächlich von nächtlichen Niederschlägen abgetrocknet bei bedecktem Himmel und einer Lufttemperatur von ca. 14°C.

Der QVW-Wert ergibt sich bei einem Verschiebeweg von 2 mm zur Ausgangslage der Schwelle.

Die Wirkung der Sicherungskappen auf die Querverschiebewiderstandswerte ist bei 2 mm Verschiebeweg erkennbar (Diagramm 2).

Der Querverschiebewiderstand von alten Holzschwellen aus dem Jahr 2007 wurde im Bahnhof Puchenstuben gemessen.

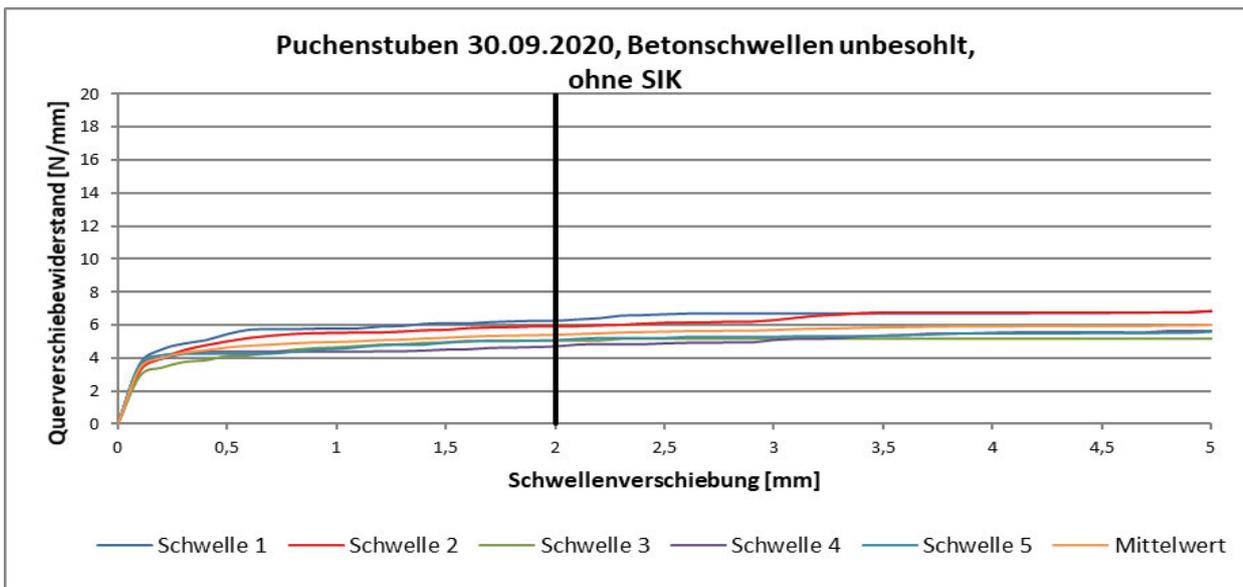


Diagramm 3: Erreichte Extremwerte des Querverschiebewiderstandes nach 3 ½ Monaten Betrieb bei unbesohlenen Betonschwellen – Mittelwert bei 2 mm Verschiebeweg ist 5,41 N/mm

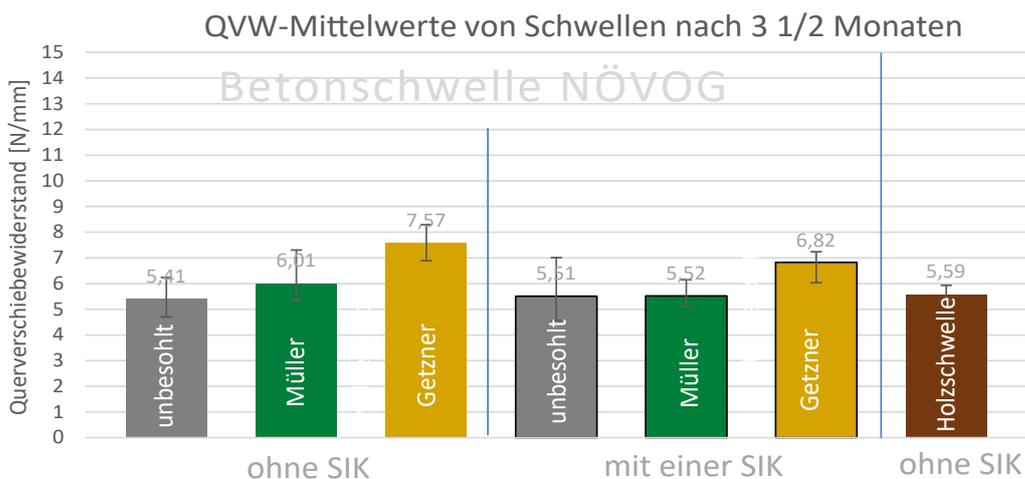


Diagramm 4: Querverschiebewiderstand nach 3 ½ Monaten Betrieb (mit den Größtwerten und den Kleinstwerten)

Das durchgehende Gleis mit den 13 Jahre alten Schwellen wurde durchgearbeitet. Durch eine größere Vorkopfschotterstärke und inzwischen eingearbeitete Schotterkontaktfläche haben die Holzschwellen trotz ihrem geringeren Gewicht Querverschiebewiderstandswerte in der gleichen Größenordnung wie die Betonschwellen.

3.4. Querverschiebewiderstand nach 3 ½ Monaten Betriebsbelastung

Nach 113 Tagen oder 3 ½ Monaten Betrieb wurde der Querverschiebewiderstand am

30. September 2020 erneut im Bereich von Puchenstuben gemessen. Die Streckenbelastung bei Puchenstuben beträgt in dieser Zeit ca. 150.000 Gesamtbruttotonnen (GBT). Nur Schwellen, welche bei der Neulagenmessung nicht verschoben wurden, sind für die Messung des QVW Wertes ausgewählt worden. Während der Messung gab es leichte Niederschläge bei einer Lufttemperatur von ca. 10°C.

Im Diagramm 3 sind als Beispiel die Maximalwerte des Querverschiebewiderstandes als Kraft-Wege Linien der unbesohlenen Betonschwellen, geteilt durch den

Schwellenabstand nach 3 ½ Monaten Betrieb dargestellt.

Die Konsolidierung des Gleises ist in den QVW-Werten erkennbar und der Einfluss der Besohlung zeigt sich noch deutlicher als bei der Neulage (Diagramm 4).

Die Wirkung der Sicherungskappen auf die Querverschiebewiderstandswerte ist bei 2 mm Verschiebeweg nicht mehr erkennbar, aber bei großem Verschiebeweg steigt er noch weiter an.

Der Querverschiebewiderstand von alten Holzschwellen aus dem Jahr 2007 wurde in dieser Messerie in der Geraden süd-

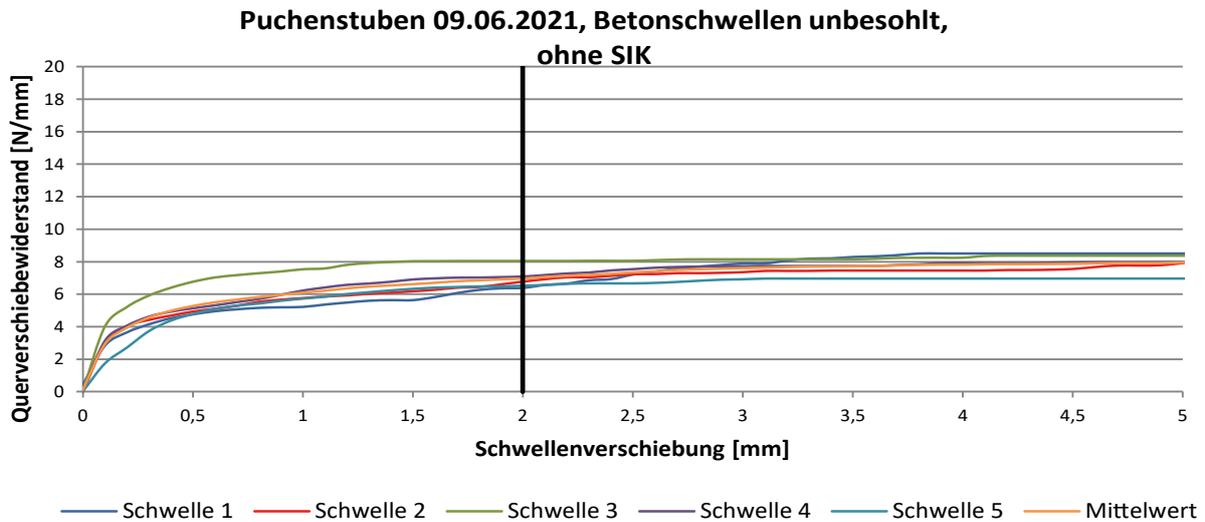


Diagramm 5: Erreichte Extremwerte des Querverschiebewiderstandes nach einem Jahr Betrieb bei unbesohnten Betonschwellen - Mittelwert bei 2 mm Verschiebeweg ist 6,96 N/mm

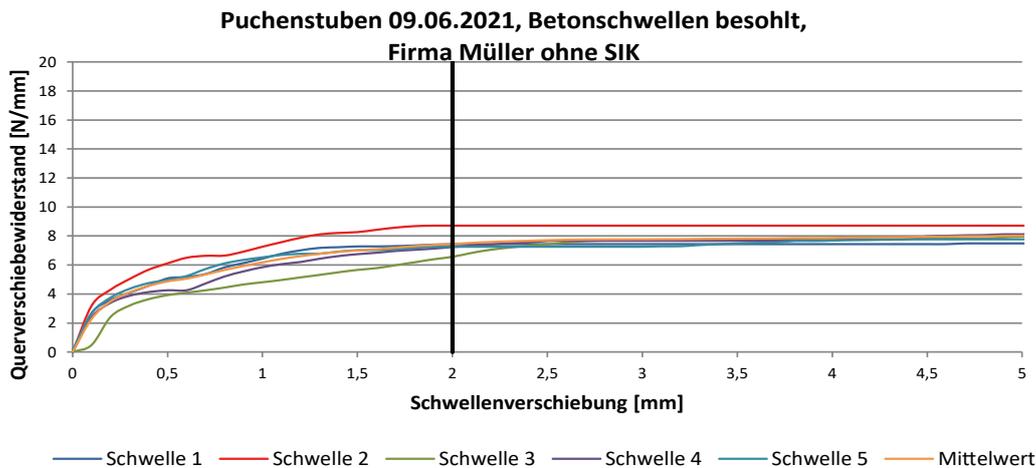


Diagramm 6: Erreichte Extremwerte des Querverschiebewiderstandes nach einem Jahr Betrieb bei unbesohnten Betonschwellen - Mittelwert bei 2 mm Verschiebeweg ist 7,44 N/mm

lich des Messbogens untersucht. Das Gleis mit den 13 Jahren alten Schwellen wurde im Zuge der Gleiserneuerung des Bogens durchgearbeitet.

3.5. Querverschiebewiderstand nach einem Jahr Betriebsbelastung

Genau nach einem Jahr Betrieb wurde der Querverschiebewiderstand am 9. Juni 2021 erneut gemessen. Die Streckenbelastung bei Puchenstuben beträgt in dieser Zeit ca. 500.000 GBT. Das Wetter während der Mes-

sungen war sommerlich mit Schienentemperaturen zwischen 23°C und 32°C.

In den Diagrammen 5, 6 und 7 sind die Maximalwerte der Kraft-Wege Linien der einzelnen Schwellen, geteilt durch den Schwellenabstand von Betonschwellen ohne Besohlung, mit Sohle der Firma Müller und mit Sohle der Firma Getzner dargestellt.

Im Vergleich mit den unbesohnten Betonschwellen haben die Schwellen mit der Sohle der Firma Müller um 7% höheren und die Schwellen mit der Sohle der Firma

Getzner um 58% höheren mittleren QVW Wert bei 2 mm Verschiebeweg (Diagramm 8). Die Betonschwellen mit Sicherungskappen haben bei einem Verschiebeweg von 2 mm größere QVW Werte als Schwellen ohne Sicherungskappen.

Der Querverschiebewiderstand der Holzschwellen wurde in dieser Messserie wieder in der Geraden südlich des Messbogens untersucht. Der mittlere QVW Wert der alten, durchgearbeiteten Holzschwellen ist nach einem Jahr Betrieb um 8% kleiner als bei den unbesohnten Betonschwellen.

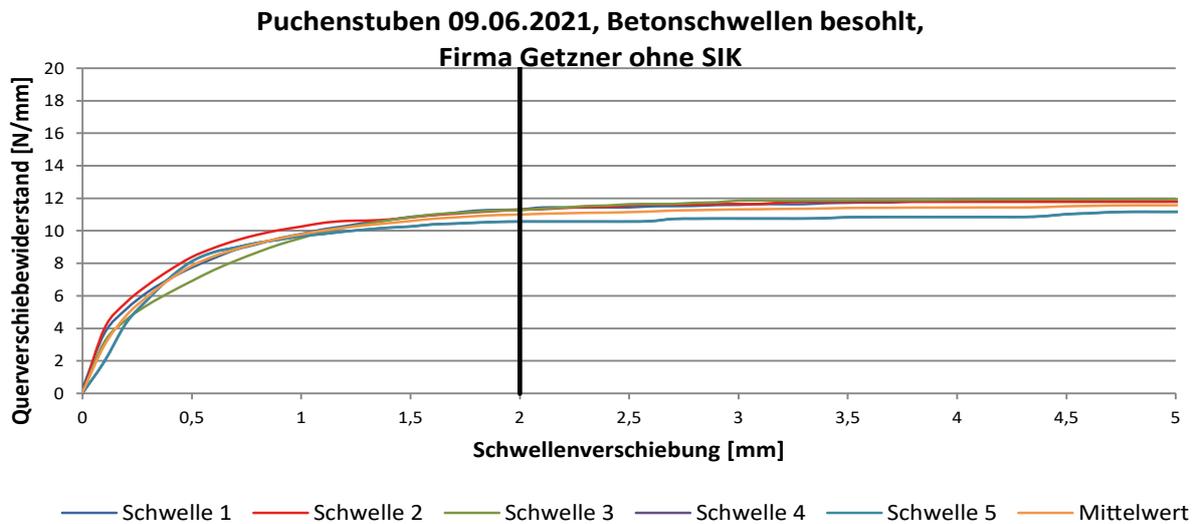


Diagramm 7: Erreichte Extremwerte des Querverschiebewiderstandes nach einem Jahr Betrieb bei unbesohnten Betonschwellen - Mittelwert bei 2 mm Verschiebeweg ist 11,00 N/mm

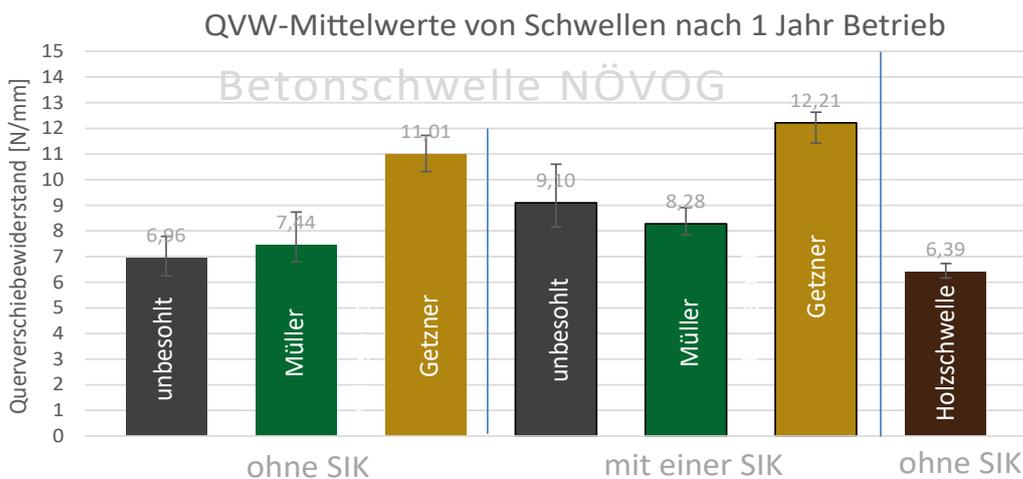


Diagramm 8: Querverschiebewiderstand nach 1 Jahr Betrieb (mit den Größtwerten und den Kleinstwerten)

3.6. Entwicklung des Querverschiebewiderstandes während einem Jahr Betrieb

Im Diagramm 9 sind die mittleren QVW Werte der Neulage mit Betonschwellen ohne Sohle, mit Müller Besohlung und mit Getzner Besohlung jeweils mit und ohne SIK im unkonsolidierten Zustand, nach einer Betriebsbelastung von 3 1/2 Monaten und nach 1 Jahr Betrieb dargestellt.

Als Vergleich wurde auch der QVW Wert von Holzschwellen aus dem Jahr 2007 bestimmt. Diese wurden durch die

Baumaßnahme im Anschluss der Neulage durchgearbeitet. Die Holzschwellen weisen trotz einer Durcharbeitung einen relativ zur Neulage großen QVW Wert auf. Eine Einarbeitung des Schotters in den letzten 13 Jahren an der Schwellensohle und ein größerer Vorkopfschotter können Ursache dafür sein. Außerdem wurden die Messungen der QVW Werte der Holzschwellen in der Geraden durchgeführt, wo keine Bogenatmung durch Temperaturänderungen stattfindet.

Die erwartete Steigerung des Querverschiebewiderstandes ist durch die Kon-

solidierung bei fast allen Schwellenkonfigurationen erkennbar. Die ursprünglich größeren 2 mm QVW Werte der Schwellen mit einer Sicherungskappe wurden durch die Konsolidierung der Schwellen ohne SIK fast erreicht bzw. sogar übertroffen.

Bei der Betrachtung von großen Verschiebewegen ist bei den Schwellen mit Sicherungskappen ein deutlicher Anstieg des Querverschiebewiderstandes auch nach dem 2 mm Kennwert vorhanden (Diagramm 10). Sicherungskappen stellen zusätzlichen Schutz gegen das

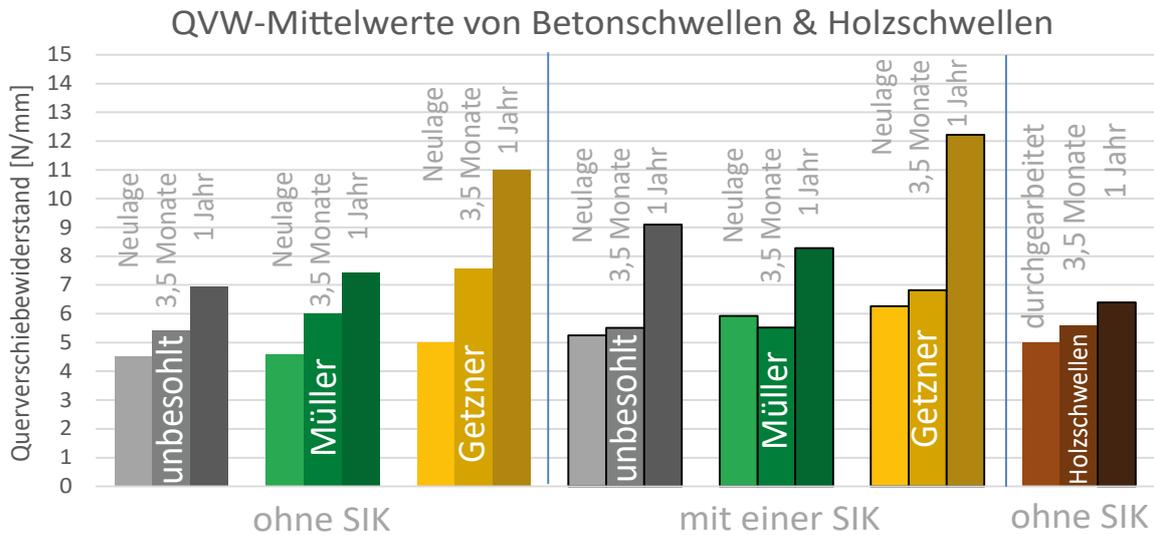


Diagramm 9: Mittelwerte des Querverschiebewiderstandes bei 2 mm Verschiebeweg von Betonschwellen bei Puchenstuben der Neulage, nach 3½ Monaten Betrieb (teilkonsolidiert) und nach einem Jahr Betrieb (konsolidiert) im Vergleich mit den bestehenden durchgearbeiteten Holzschwellen

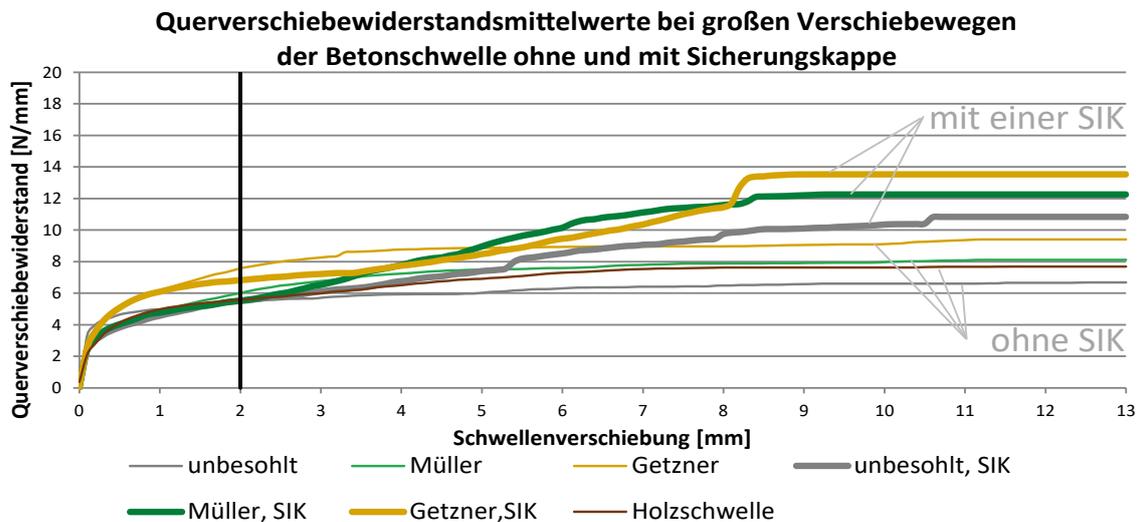


Diagramm 10: Querverschiebewiderstand nach 1 Jahr Betrieb der unterschiedlich ausgestatteten Betonschwellen (Maximalwertdiagramm)

Auftreten von größeren gefährlichen Verwerfungen dar.

3.7. Zusammenfassung

Der Querverschiebewiderstand QVW wurde bei einer Neulage in einem Bogen beim Bahnhof Puchenstuben auf der Mariazellerbahn von Betonschwellen bei verschiedenen Konsolidierungsgraden untersucht.

Dabei wurde die Wirkung von Besohlungen der Firma Müller und der Firma Getzner und der Einsatz von Sicherungskappen in Hinblick auf den QVW Wert gemessen.

Unmittelbar nach der Neulage weisen Betonschwellen mit einer Besohlung SL-NG 7 (F) von Getzner den größten mittleren QVW Wert von 5,0 N/mm Gleislänge bei einem Verschiebeweg von 2 mm auf. Eine Sicherungskappe erhöht diesen Wert

auf 6,2 N/mm. Mitgemessene 13 Jahre alte Holzschwellen in den Anschlussgeraden weisen nach der Stopfung einen relativ hohen QVW Wert von 5,0 N/mm Gleislänge auf.

Nach einem Jahr Betrieb (ca. 500.000 GBT) wurde eine Steigerung des Querverschiebewiderstandes durch die Konsolidierung bei allen Schwellenkonfigurationen erreicht. Der größte mittlere QVW Wert von 12,2 N/mm (mit einer SIK)

und 11,0N/mm (ohne SIK) bei 2 mm Verschiebung der Schwellen wurde bei Betonschwellen mit Besohlungen der Firma Getzner erreicht. Die Besohlung von Getzner ist eine gezielte Entwicklung, um die Gleisstabilität in horizontaler Richtung durch spezifische Eigenschaften zu erhöhen (große Kontaktflächenerhöhung in Verbindung mit optimalen elastoplastischen Materialeigenschaften).

Schwellen mit Sicherungskappen haben bei größeren Verschiebewegen einen noch höheren Querverschiebewiderstand und bieten dadurch eine Sicherheitsreserve gegen große Verwerfungen. ●

Literatur

- [1] S. Rangosch: „Lagestabilität lückenloser Meter-spurgleise in kleinen Bogenradien“, Dissertation ETH Nr. 11322, Schriftenreihe des IVT Nr. 108, Zürich, 1995.
- [2] B. Knoll: „Die Möglichkeit einer Gleisverwerfung bei Schmalspurbahnen in engen Bögen“ Dissertation an der Technischen Universität Wien Fakultät für Bauingenieurwesen, 1998.
- [3] B. Bopp: „Das Verhalten von lückenlos verschweißten Gleisen (LVG) in engen Radien der Meterspur“, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, 2014.
- [4] Pospischil, Ferdinand; Steiner, Ekkehard; Knoll, Bernhard; Prager, Günter: „Gleislagestabilität auf Bergstrecken – Untersuchung der Querverschiebewiderstände“ ETR-Eisenbahntechnische Rundschau, 6/2015, S. 94-97.

Summary

Warp-resistant continuously welded narrow-gauge tracks at the railway Mariazell of Niederösterreich Bahnen (NÖVOG)

Railway sleepers have a considerable influence on the stability of the track. Additional measures on the sleeper can increase the transverse displacement resistance of the sleeper, regardless of the degree of consolidation of the ballast. Optimized soling applied during sleeper manufacture not only increases the contact area, but also increases the transverse displacement resistance in the ballast bed.

Formt Zukunft.

Lärmschutz (fast) ohne Wände.

Leube

Die „niedrige Wand“ ist eine niedrige Lärmschutzwand, die speziell für sensible Einsatzgebiete entwickelt wurde. Sie kann näher an der Lärmquelle errichtet werden als herkömmliche Lärmschutzwände und wirkt somit unmittelbar dort, wo der wesentliche Lärm des Bahnverkehrs entsteht - direkt an der Schiene.

**Vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin:
+43 6542 / 80 400**

InnoTrans
Halle 26
Stand 395

www.leube.eu

Prototypen Entwicklung zur Bremsbelagskraft und Sohlenkraftmessung von Druckluftbremsen

Bei den Bremsprüfungen von Schienenfahrzeugen im Zuge der planmäßigen Instandhaltung wird der Bremszylinderdruck gemessen. Der Wirkungsgrad des Bremsgestänges wird dabei nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2019 von ÖBB Train Tech ein Aufruf zu einem Forschungsprojekt gestartet. Die Herausforderung besteht in der Einhaltung verschiedener Rahmenbedingungen, zum Beispiel erfolgt die Messung an neuen und abgenutzten Bremscheiben bzw. Radscheiben, muss ohne Ausbau der Bremsbeläge und Sohlen im Zuge einer planmäßigen Instandhaltung der Fahrzeuge an bis zu 24 Messstellen gleichzeitig möglich sein, die Messwerte müssen dabei kabellos an ein Messgerät übertragen werden und die übermittelten Messwerte in einer Datenbank gespeichert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Manipulationszeiten für den Messaufbau und die Messung im wirtschaftlich vertretbaren Rahmen bleiben und sie bei der jährlichen planmäßigen Instandhaltung (Zeitfenster < 4 Stunden) durchführbar ist. In der vorliegenden Arbeit wird die Umsetzung erläutert und über den Stand der Arbeiten berichtet.



1. Einleitung

Bereits im Jahr 2002 war die Bremskraftmessung an scheinengebremsten Schienenfahrzeugen Thema einer Projektarbeit des „Technologischen Gewerbemuseums“ (TGM, 1010 Wien). In dieser Projektarbeit war eine von drei Lösungsansätzen die Verwendung von Folien mit Piezokristallen. Zu dem damaligen Zeitpunkt konnten nur Folien mit einer Dicke von mindestens 6 mm produziert werden und die Umsetzung wurde daher ad acta gelegt. Vor drei Jahren gab es zwei Bremsanstände, die einmal zum Entrollen einer abgestellten Güterwagengruppe führten und zum anderen beim Abstellen einer Triebwagengarnitur das Entrollen nur durch die Aufmerksamkeit des Triebfahrzeugführers verhindert werden konnte. Bei der Güterwagengruppe war der schlechte Wirkungsgrad des Bremsgestänges Ursache der Entrollung, beim Triebwagen ein schlecht eingestellter Bodenzug, der zu einer verminderten Bremswirkung der Feststellbremse führte.

Durch die beiden Vorfälle gab es nun die Forderung, eine Messmethode zu entwickeln, die ohne Manipulation am Bremssystem diese Bremskräfte ermitteln konnte.

2. Idee

Um die im Jahr 2002 bereits ermittelte Folien-Messmethode umzusetzen, wurde im Jahr 2019 von ÖBB Train Tech ein Forschungsauftrag ausgeschrieben. Dieser Forschungsauftrag hatte das Ziel, einen Partner aus der Industrie zu finden, mit dem einerseits gemeinsam ein Prototyp entwickelt wird und andererseits dieser Prototyp bis zur Serienreife gelangt.

Als Kern dieser Ausschreibung wurde dabei definiert, dass der Prototyp für die Kraftmessung von Druckluftbremsen (Bremscheibe/Klotzbremse) und Handbremsen in Schienenfahrzeugen zu entwickeln ist. Die Messung muss dabei an neuen und abgenutzten Bremscheiben bzw. Radscheiben und ohne Ausbau der Bremsbeläge und Sohlen im Zuge einer planmäßigen



Ing. Christian Gruböck

Seit 1990 bei der Österreichischen Bundesbahn; seit 2005 im Bereich Engineering als Kompetenzzentrum für Bremssysteme, Fachbereichsleiter „Mechan. Komp. & Systeme“ ÖBB Technische Services GmbH, A-Wien
christian.gruboeck@oebb.at



Dipl.-Ing. Walter Rieger

CEO der Firma NET-Automation GmbH, A-Zeltweg
walter.rieger@net-automation.at

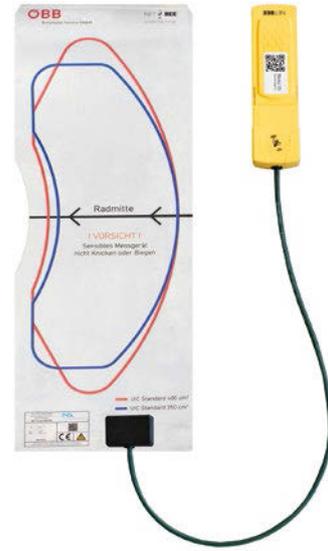


Ing. Gernot Theuermann

CTO bei der NET-Automation GmbH, A-Zeltweg
gernot.theuermann@net-automation.at



1: Sensorwagen (Ersteller Fa. NET-Automation GmbH)



2: Folie mit Sensor (Ersteller Fa. NET-Automation GmbH)

ßigen Instandhaltung der Fahrzeuge an bis zu 24 Messstellen gleichzeitig möglich sein. Die Messwerte sind dabei kabellos (z.B. WLAN) an ein Messgerät zu übertragen und die übermittelten Messwerte sind in einer Datenbank zu speichern. Ein Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Manipulationszeiten für den Messaufbau und die Messung gelegt, die im wirtschaftlich vertretbaren Rahmen bleiben müssen und bei einer planmäßigen Instandhaltung (Zeitfenster < 4 Stunden), die jährlich stattfindet, durchführbar sein sollen. Als bester Kandidat wurde die Firma NET-Automation GmbH und ihre Sensortechnologie NETBEE aus der Steiermark (Zeltweg) aus mehreren Bietern ausgewählt. Die Firma NET-Automation hat bereits Erfahrung mit Kraftmessungen an den Schneidwerkzeugen im Bereich von Tunnelbohrmaschinen gesammelt und konnte mit weiteren Innovationen überzeugen.

3. Grundlagen

Als Ausgangslage für die Umsetzung wurden zuerst die unterschiedlichsten Cluster gebildet. So wurden die Fahrzeuge zuerst in die Prüfmethode Druckluftbremse und Feststellbremse (Parkbremse) unterteilt. Eine weitere Unterscheidung wurde bei der Art der Bremsgestänge durchgeführt; hier wurde zwischen einer Scheibenbremse (Wellenbremscheibe, Radbremscheibe) und der Klotzbremse unterschieden. Weitere

Unterteilungen wurden durch die verschiedenen Baugrößen und Bauformen, sowohl der Bremsbeläge als auch Bremssohlen, notwendig. Diese unterschiedlichen Anforderungen an das Messsystem und die Tatsache, dass die Messung an neuen und abgenutzten Bremscheiben/Bremsbelägen bzw. Rädern/Bremssohlen durchführbar sein muss, führte früh zur Entwicklung von 2 verschiedenen Messfoliensätzen. Ein Folienatz für Bremscheibe und Bremsbelag, der andere für Rad und Bremssohle.

4. Entwicklung

Im Fokus stand die Entwicklung einer maximal genauen und zuverlässigen Messmethode, die gleichzeitig einfach im Handling sein sollte und Einsparungen bei der Instandhaltung bringt. Mit dem System sollten bis zu 24 Messstellen für Bremsen und eine zusätzliche Messstelle für den Bremsdruck in einem Messzyklus zeitsynchronisiert gemessen werden.

Die Messfolie, die von NET-Automation unter Laborbedingungen entwickelt wurde, bildet das Kernstück des Messverfahrens. Die Dünnschichtfolien müssen innerhalb eines Spaltes von 0,5 mm positionierbar sein und den Bremsdruck auf einer Fläche von bis zu 500 cm² erfassen. Es folgte eine Erprobung der Folie unter Realbedingungen am Fahrzeug und Optimierungstätigkeiten, sodass die gewünschten Ergebnisse erreicht wurden.

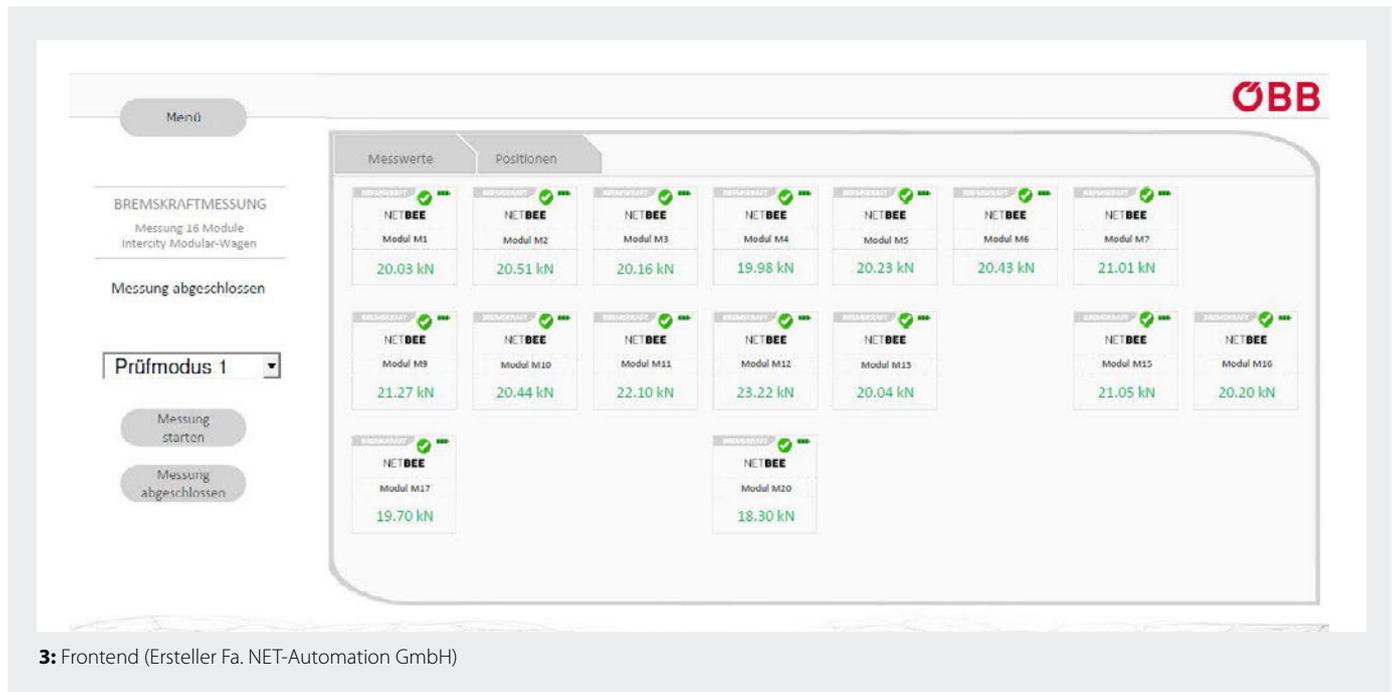
Die Messmethode wurde mittels anderer Messsysteme validiert.

4.1. Kalibriervorrichtung

Die Firma NET-Automation hat eine Kalibriereinrichtung konstruiert, um Folientests durchführen zu können. Eine durch einen Frequenzumrichter gesteuerte Hydraulikpumpe drückt dabei einen Stempel nach unten und mittels einer Kraftmessdose werden die aufgebrachten Kräfte ermittelt. Über ein Display wird die Kalibrierung, Validierung und Start/Stop der Messung gesteuert. Die Folien werden in kalibriertem Zustand an den jeweiligen Betreiber ausgeliefert und können sofort eingesetzt werden. Der Betreiber erhält zur Sicherstellung der Funktionalität der Messsensorik ebenfalls eine Kalibriervorrichtung.

4.2. Erprobung der Folien am Fahrzeug

Der erste Objekttest des Bremskraftprüfsystems in der Praxis fand am 17.11.2020 in der ÖBB Servicestelle Wien Floridsdorf an der S-Bahn Garnitur 4020.266 statt. Um bei diesem Test erste Erkenntnisse über die Genauigkeit der Folienmessung zu bekommen, wurde eine Referenzmessung mit 3 Druckmessdosen, die anstelle des Bremsbelages mittels eines Adapters eingebaut wurden, auf einer Achse (nur Scheibenbremse) durchgeführt. Die Messergebnisse warfen einige Fragen



auf, wie z.B.: Warum liefern die Folien ca. 20% höhere Kräfte oder warum steigt die Bremskraft bei der zweiten Messung um ca. 2% an. Diese Fragen wurden gemeinsam erörtert und führten dazu, dass die ursprüngliche Validierungsvorrichtung (zur Funktionsprüfung der Folien vor und nach jeder Fahrzeugprüfung) in den Prüfablauf integriert wurde. Bei diesem Test wurde auch der Prüfwagen genauer begutachtet. Durch die Validierungsvorrichtung der Wagengröße und des Wagengewichtes wurde auch hier eine Vielzahl an Vorschlägen zur Verbesserung der Einsatztauglichkeit im Bahnbetrieb gemacht, die in einem neuen verkleinerten und leichteren Prüfwagen mündeten. Mit diesen neuen Erkenntnissen wurden in der ÖBB Servicestelle Graz am 25.3.2021 am Dieseltriebwagen 5022.001 und am Wendezugsteuerwagen 80-73 002 die Tests wiederholt. Bei dieser Testreihe konnten bereits sehr gute Wiederholgenauigkeiten der jeweiligen Messsensoren erzielt werden, ein Vergleich der einzelnen Messergebnisse unter den Sensoren konnte jedoch nicht durchgeführt werden, weil wegen eines Programmierfehlers nur zwei Sensoren Messergebnisse lieferten. Daher wurden am 14.4.2021 die Tests wiederholt. Es wurden die Tests an den gleichen Fahrzeugtypen (Dieseltriebwagen 5022.053 und Wendezugsteuerwagen 80-73 025) wiederholt. Diesmal konnten Kreuztests mit den Folien durchgeführt werden. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt jedoch, dass die Messgenauigkeit je-

der Folie zwar innerhalb von < 2,5% oder 0,2kN lag, es zwischen den Folien jedoch eine Abweichung von bis zu 20% oder 2kN gab. Diese Abweichungen mussten natürlich analysiert werden. Die Folien wurden auf der Kalibriereinrichtung in dem Messbereich (10kN) geprüft und lieferten exakt die gleichen Abweichungen. Da diese Abweichungen mit Korrekturfaktoren leicht in den Griff zu bekommen sind, werden die Serienfolien nun vor der Auslieferung richtig kalibriert.

5. Komponenten und Ablauf der neuartigen Messmethode

5.1. Sensorwagen

Um das Handling im Zuge der Instandhaltung einfach zu gestalten, ist das gesamte Messsystem in einen Sensorwagen (Bild 1) eingebunden. Dieser verfügt über einen WLAN-Router und eine selbstaufrollende Kabeltrommel zur Spannungsversorgung in der Parkposition. Während dieser werden die Akkus der NETBEE Sensormodule automatisch mittels drahtloser Lademöglichkeit aufgeladen. So können die autarken Module rund 24 Stunden in Verwendung sein. Ausgefräste Bereiche ermöglichen einen sicheren Transport und eine geordnete Lagerung der Kraftmesssysteme. Die NETBEE Systeme sind mit ihrer modularen und hochflexiblen Bauweise ideal als Sensor- und Übertragungstechnologie einsetzbar (Bild 2).

5.2. Ablauf des Prüf- und Messvorgangs

Im Sensorwagen ist der tragbare Tablet PC „Surface Go 2“ mit vorinstallierter App integriert. In dieser webbasierten Cloud-Anwendung findet der Empfang, die Auswertung, die Zwischenspeicherung und die Anzeige der Messergebnisse statt. Wenn der Tablet PC eingeschaltet wird, meldet sich der Benutzer mittels Benutzername und Passwort an. Über die Schaltfläche „Neue Messung“ wird ein neuer Messauftrag gestartet. Im Menü „Messvorbereitung“ werden zuerst die Auftragsnummer, der Fahrzeugtyp und der zugeordnete Sensorwagen ausgewählt. Auf einer Übersichtsseite werden alle Messmodule mit Modultyp (Bremskraft/Druckmessung), Verbindungsstatus (verbunden/nicht verbunden), Akkustand, Modulnummer und dem Messwert angezeigt (Bild 3).

Der Bediener startet die Verifizierung und die App stellt die Verbindung zu den 25 im Sensorwagen vorhandenen Messmodulen her – 24 Module zur Messung der Bremskraft und ein Modul zur Messung der Druckluftversorgung der Bremse. Sobald alle Module verbunden sind, startet die Verifizierung. Ist diese erfolgreich durchgeführt, werden die Module an der korrekten Stelle positioniert. Zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Anbringung ist an der Sensorik ein roter (darf nicht sichtbar sein) und grüner Bereich (muss sichtbar sein) vorhanden. Nach der Positionierung beginnt die selbsterklärende gestaltete Be-

4: Messdaten (Ersteller Fa. NET-Automation GmbH)

Zeitpunkt	Modul	Verifizierung1	gemessen	Verifizierung2	Sollwert	Betriebsgrenzmaß	Werksgrenzmaß	Verschleiß
27.05.2021 10:55:49	Modul 01	0.3 kN	6.010 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:50	Modul 02	0.3 kN	4.960 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:52	Modul 06	0.3 kN	7.170 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:53	Modul 07	0.3 kN	4.890 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:53	Modul 08	0.3 kN	3.190 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:55	Modul 10	0.3 kN	11.820 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:56	Modul 11	0.3 kN	6.160 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:57	Modul 13	0.3 kN	4.780 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:55:58	Modul 14	0.3 kN	0.360 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:56:00	Modul 15	0.3 kN	2.630 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:56:01	Modul 17	0.3 kN	5.178 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:56:02	Modul 18	0.3 kN	6.040 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:56:03	Modul 21	0.3 kN	3.600 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:56:04	Modul 22	0.3 kN	5.200 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm
27.05.2021 10:56:06	Modul 23	0.3 kN	2.990 kN	0.35 kN	5 kN	-3 % / +3 %	-5 % / +5 %	1 mm

nutzerführung am Tablet PC. Es folgt die Auswahl der Fahrzeugtype, der Bremsbauart, des Bremsmodus (z. B. Handbremse) und es ergeben sich daraus die Werks- und Betriebsgrenzmaße und der Sollwert des Bremsdruckes. Parallel dazu findet eine Plausibilitätsprüfung der Druckluftversorgung der Bremse statt. Nach dem Anlegen

der Bremse startet eine fünfminütige Verifizierung, im Zuge derer die Funktionalität aller Module zur Erfassung der Bremskräfte sichergestellt wird. Nach positiver Verifizierung werden die Messdaten in einem 5-Sekunden-Zyklus angezeigt und es besteht die Möglichkeit, eventuelle Fehler betreffend der Bremseinstellungen zu beheben.

Die Daten können grafisch in Form eines Diagrammes zum Zeit- und Kraftverlauf abgerufen werden. Im Anschluss startet der Bediener über den Tablet PC den Messvorgang, der für die 25 Messstellen ca. 1 bis 1,5 Stunden in Anspruch nimmt. Über die Statusinformation wird der Bediener durch den Messvorgang geleitet. Als erster

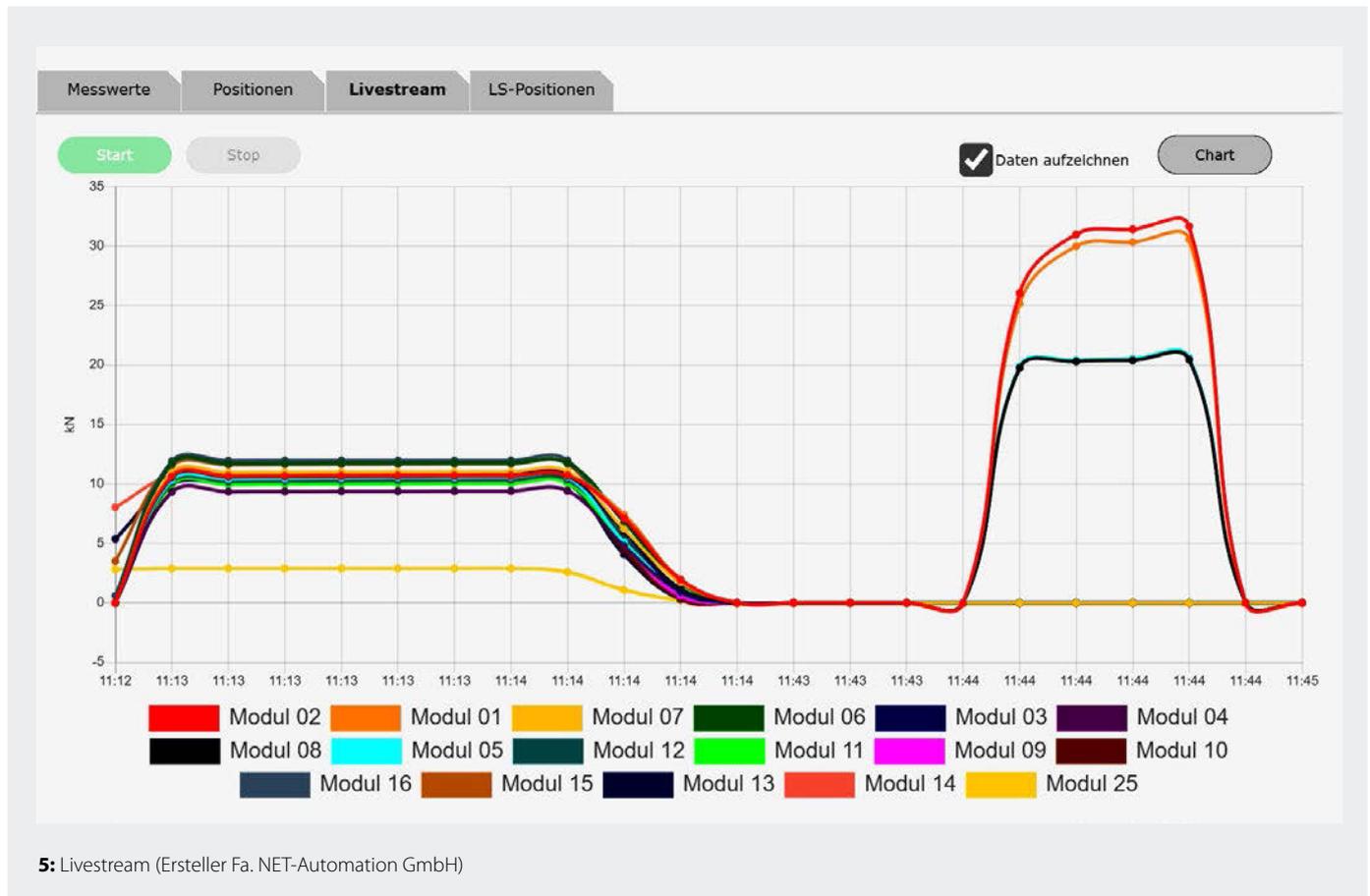
Eurailpress Archiv

- 35.000 Beiträge
- laufende Aktualisierung
- individuelle Suchoptionen
- Volltextsuche
- Sofort-Download

Abonnenten erhalten bis zu **50% Rabatt**

Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

www.eurailpress.de/fachartikel



5: Livestream (Ersteller Fa. NET-Automation GmbH)

Schritt erscheint der Status „Bremsen betätigen“. Die von der Folie gemessenen elektronischen Signale werden in Kräfte skaliert und an die Sendeeinheit weitergeleitet. Die Daten aller Module werden drahtlos an den Tablet PC als zentrale Empfangseinheit gesandt und visualisiert. Das System erstellt einen End-Prüfbericht, der Daten zum Auftrag, die Positionen der Kraftmesssysteme und weitere Details wie den Fahrzeugtyp enthält. Es startet nun ein zweiter Verifizierungsvorgang am Tablet PC, für den die Bremse nochmals betätigt wird. Entsprechen die Messergebnisse der definierten Vorgabe, ist der Messvorgang erfolgreich abgeschlossen. Das Prüfprotokoll für diesen Messvorgang wird gespeichert und freigegeben. Über die Schaltfläche „Drucken“ kann ein PDF erstellt oder der Prüfbericht ausgedruckt werden. Sämtliche Daten können auch als CSV-Dokument gespeichert werden.

5.3. Super-Admin Verwaltung im Backend

Das Backend dient der zentralen Benutzerverwaltung und der Konfiguration grundsätzlicher Parameter. Der Fokus lag

auf einer selbsterklärenden und benutzerfreundlichen Gestaltung. Es besteht aus folgenden Menüpunkten, die grundsätzlich adaptier- bzw. erweiterbar sind:

- 1) **Hardware:** Eine Übersicht über sämtliche NETBEE Sensormodule mit Seriennummer, IP-Adresse und Zuordnung zum jeweiligen Sensorwagen
- 2) **Benutzer:** Hier können Benutzer erstellt, bearbeitet, aktiviert und deaktiviert werden
- 3) **Konfiguration:** Dieser Menüpunkt dient der Verwaltung der Fahrzeugreihen. Eine Fahrzeugreihe kann erstellt oder importiert und mit den erforderlichen Einstellungen versehen werden. Diese besteht aus einer Bezeichnung wie Railjet, der Bremsbauart wie Scheiben oder Klotzbremse und dem Belagsmaterial und -typ. Des Weiteren werden die prozentualen Grenzmaße, die Sollwerte und der Verschleiß der Brems Scheibe hinterlegt (Bild 4)
- 4) **Sensorwagen:** Es folgt die Zuordnung und die Verwaltung der Module, die im jeweiligen Sensorwagen zum Einsatz kommen

- 5) **Messungen:** Unter diesem Menüpunkt ist eine Auflistung sämtlicher durchgeführter Messungen und ein Daten Livestream verfügbar. Bei den durchgeführten Messungen werden der Zeitpunkt, die Auftragsnummer, die Fahrzeugnummer, der Messmodus (Handbremse/Betriebsbremse) und der Status der Messung erfasst (vollständig/unvollständig). Die Detailwerte der ersten und zweiten Verifizierung, die Sollwerte und Grenzmaße und der Verschleißzustand der Brems Scheibe sind ersichtlich. Im Daten Livestream kann der Benutzer den Test in Echtzeit verfolgen und erhält ein Kraft-Zeit Diagramm. (Bild 5)

6. Ergebnisse und Fazit

Die Sicherheit im Schienenverkehr ist nicht nur ein Qualitätsmerkmal, sie kann Schäden verhindern und nicht zuletzt Menschenleben retten. Als Ergebnis des Forschungsauftrages sollte ein Prototyp, bestehend aus Sensorfolien, Verstärkerbeschaltung, Datenübertragungseinheit, Empfangseinheit und Kalibriervorrichtung vorliegen. Dieses Ziel konnte vollumfäng-

lich von der ausführenden Firma NET-Automation erreicht werden. Die wesentliche Neuheit ist die Kraftmessung mittels Dünnschichtfolie direkt zwischen Belag und Scheibe bzw. Klotz und Rad. Der neuartige Sensor erfasst die Messdaten unverfälscht auf engstem Raum über die gesamte Fläche der Bremsklötze direkt an der Messstelle. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Reibungskräfte des Bremsgestänges verursacht durch Schwergängigkeit mitberücksichtigt werden können. Die Anwendung der drahtlosen Übertragungstechnologien erhöht die Usability des Systems. Das Sensormodul sowie die Übertragungseinheit werden direkt an der Messstelle positioniert und die aufbereiteten Messdaten an eine Empfangseinheit zur Weiterverarbeitung übertragen. Der Tablet PC fungiert als HMI und steuert den gesamten Messvorgang an bis zu 25 Messpunkten gleichzeitig. Ein weiterer Vorteil besteht in der verkürzten Prüfdauer, welche innerhalb von 1 bis 1,5 Stunden realisiert werden kann. Schienenfahrzeuge jeden Typs können

mithilfe dieser Messmethode wesentlich ökonomischer und genauer auf ihre Bremsleistung überprüft und ggf. bei der Bremsnachgearbeitet werden. Die Positionierung des Messsystems erfolgt innerhalb kürzester Zeit und die Messung erfolgt an allen Messstellen gleichzeitig. Der Sensorwagen ermöglicht eine komfortable, aber auch sichere Handhabung des Systems im Werkstättenbereich. Abschließend noch ein Punkt, der in den nächsten Jahren immer wichtiger wird: Wenn der Betreiber die Messdaten kontinuierlich aufnimmt, können diese für die zustandsorientierte Instandhaltung (CBM, Condition-based Maintenance) oder die vorausschauende Instandhaltung (PdM, Predictive Maintenance) herangezogen werden. •

Literatur

[1] Maturaprojekt 2002_2003_Schienenfahrzeugbau: „Bremskraftmessung an scheibengebremsten Schienenfahrzeugen“ von Hr. Raffael Braunsteiner, Alexander Krautschneider und Artur Kurkowski

Summary

Prototype for brake pad force and brake block force measurement of compressed air brakes

The brake cylinder pressure is measured during the brake tests of rail vehicles in the course of scheduled maintenance. The efficiency of the brake rigging is not taken into account. For this reason, ÖBB Train Tech launched a call for a research project in 2019.

The challenge lies in complying with various framework conditions, such as the measurement being carried out on new and worn brake disks or wheel disks, must be possible without removing the brake pads and brake blocks, in the course of scheduled maintenance of the vehicles at up to 24 measuring points simultaneously, be transmitted wirelessly to a measuring device and the transmitted measured values are stored in a database. It must be ensured that the manipulation times for the measurement setup and the measurement remain within the economically justifiable framework and can be carried out during the annual scheduled maintenance (time window < 4 hours). The present work explains the implementation and reports on the status of the work.

Mehr als 90 Jahre Fachwissen zu Technik und Management moderner Bahnen



Bewerben Sie Ihre Dienstleistung oder Ihr Produkt in den Rubriken

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

Anzeigenschluss:
25.10.2022

Buchen Sie jetzt

➔ **Ihren Firmeneintrag**

➔ **Ihr Businessprofil**

➔ **Ihre Anzeige**



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

**Eurail
press**

Sehr geehrte/r Leserin, Leser!

Wir sind sehr froh, dass im 1. Halbjahr 2022 unsere großen Veranstaltungen, wie der FSV-Verkehrstag, und auch wichtige Messen, an denen wir teilnahmen, ohne Einschränkungen stattfinden konnten. Man konnte vielfach die Erleichterungen erkennen, dass ohne Maßnahmen die direkten persönlichen Kontakte zwischen Kolleginnen und Kollegen, Projektpartnerinnen und Projektpartnern wieder gepflegt werden konnten. In der FSV wurde vor dem Sommer nun auch beschlossen, verstärkt auf die Klimathematik einzugehen. Dies bezieht sich hauptsächlich auf die Kernkompetenz der FSV, technische Richtlinien zu erarbeiten und zu überarbeiten. Alle Richtlinien (RVS, RVE) werden demnächst einem Klimacheck unterzogen. Die zur FSV zugehörige Monitoringgruppe „Klimaübereinkommen und Verkehr“ hat eine Systematik entwickelt, die zum Screening der bestehenden und neuen RVS und RVE genutzt werden soll. Da Richtlinien in den verschiedensten Bereichen des Verkehrswesens Prozesse beeinflussen, werden die Richtlinien danach geprüft, inwieweit ein Einfluss auf Treibhausgas-Emissionen (THG-E) besteht. Wenn beim Klimacheck einzelner Richtlinien eine Erhöhung der THG-E erkennbar ist, dann wird eine Überarbeitung dieser Richtlinie erforderlich werden. Die FSV ist ambitioniert und motiviert, ihren Beitrag zur Reduktion der Klimaerwärmung zu leisten.



Dipl.-Ing. Martin Car
Generalsekretär der FSV

Erkenntnisse aus Messungen am dynamischen Gleisstabilisator

Bei Gleisen mit Schotteroberbau ist es notwendig, die Soll-Lage des Gleises durch Heben, Richten und Stopfen in regelmäßigen zeitlichen Abständen wiederherzustellen [1]. Durch den Stopfprozess wird der statische Querverschiebewiderstand der Einzelschwellen (QVW) und somit auch die Verwerfungssicherheit des Gleises reduziert, bzw. ist in manchen Fällen (z.B. bei Abschnitten mit hohen Streckenlasten oder Zuggeschwindigkeiten) ein erhöhtes Entgleisungsrisiko gegeben [1, 2]. Dementsprechend sind nach einem Stopfvorgang Langsamfahrstellen anzuordnen, bis der Gleisschotter aufgrund der Verkehrslasten ausreichend verdichtet und der QVW wieder gegeben ist [1]. Diese Langsamfahrstellen können vermieden werden, indem im Anschluss an den Stopfvorgang eine Verdichtung des Gleisschotters mit dem dynamischen Gleisstabilisator (DGS) oder Vorkopf- und Zwischenfachverdichtern erfolgt [1].

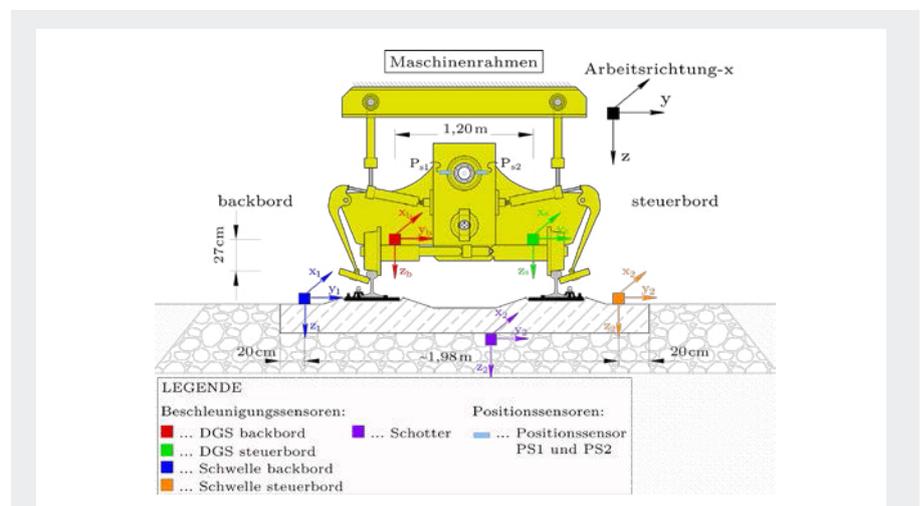
Ob bzw. wie erfolgreich der Verdichtungsprozess ist, kann derzeit nur mit zeitaufwendigen statischen QVW-Versuchen an Einzelschwellen überprüft werden. Im Hinblick auf die im Erd- und Dammbau übliche Flächendeckende Dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK) bei dynamischen Walzen erscheint die Entwicklung eines ähnlichen Systems für den dynamischen Gleisstabilisator sinnvoll. Um beurteilen zu können, ob tatsächlich ein



Dipl.-Ing.
Manuel Dafert
manuel.dafert@
tuwien.ac.at

verdichtungszustandsabhängiges Bewegungsverhalten des DGS vorliegt, welches Voraussetzung für die Entwicklung eines objektiven, arbeitsintegrierten und flächendeckenden Messsystems zur Beurteilung der Schotterverdichtung ist, wurde von der Fa. Plasser & Theurer in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geotechnik (Forschungsbereich Grundbau,- Boden und Felsmechanik) der TU Wien ein Forschungsprojekt initiiert.

Der DGS stellt einen horizontalen Richtschwinger dar, wobei die erzeugten Schwingungen über die Schiene in die Schwelle und über diese in den Schotter eingeleitet werden, was wiederum die Verdichtung des Gleisschotters bewirkt. Damit beobachtete Änderungen im Bewegungsverhalten von DGS und Schwelle klar einem veränderten Verdichtungszustand des Gleisschotters zugeordnet werden können,



1: Messtechnische Ausrüstung am DGS und einer ausgewählten Schwelle

sind einerseits konstante Prozessparameter (im konkreten Fall handelte es sich um die Auflast aus den hydraulischen Auflastzylindern, die Erregerfrequenz, die Fahrgeschwindigkeit und die Erregeramplitude) und andererseits Überfahrten auf dichtem und lockerem Schotter, bei ansonsten gleichen Untergrundbedingungen notwendig.

Dies wurde durch folgenden Versuchsablauf auf einem definierten Abschnitt eines Nebengleises der ÖBB realisiert:

1. DGS auf unbehandeltem Gleis (Messung der Ausgangssituation)
2. Stopfen des Gleises
3. DGS auf frisch gestopftem Gleis
4. DGS auf gestopftem und stabilisiertem Gleis
5. DGS über Einzelschwelle mit Frequenzrampe
6. DGS nach Frequenzrampe

Während aller Überfahrten mit dem DGS wurden die Prozessparameter konstant gehalten. In Bild 1 ist das versuchsbegleitende Messkonzept zur Erfassung des Bewegungsverhaltens des dynamischen Interaktionssystems zwischen DGS, Schwelle und Gleisschotter dargestellt.

Neben den erhobenen Beschleunigungsmessdaten wurden für die weitere Analyse auch die Schwinggeschwindigkeiten und Schwingwege des DGS bzw. der Schwelle benötigt. Diese wurden mittels numerischer Integration im Zeitbereich ermittelt, wobei tiefe (Stör-)Frequenzen vor jedem Integrationsschritt durch Anwendung eines Hochpassfilters entfernt wurden. Nach einem Vergleich verschiedener Filter und Grenzfrequenzen wurde ein Butterworth-Filter 6. Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 9 Hz gewählt.

Anhand der gemessenen Beschleunigungen und den daraus ermittelten Schwinggeschwindigkeits- und Schwingwegverläufen wurden für jede Überfahrt des DGS folgende Kenngrößen ermittelt:

- Beschleunigungs-, Schwinggeschwindigkeits- und Schwingwegamplituden in Horizontal- und Vertikalrichtung
- Bewegungsfigur in der Ebene der dominanten Bewegungsrichtungen (Horizontal- und Vertikalverschiebung für den Zeitraum von jeweils zehn Unwuchtdrehungen)
- Vertikale Lage des dynamischen Rotationszentrums (Momentanpol) des DGS und der Schwelle

Zusätzlich wurde anhand der Frequenzvariation am Stand der Amplitudenfrequenzgang für den DGS und die instrumentierte Schwelle ermittelt. Durch eine Betrachtung der Phasendifferenz zwischen Erregerkraft (Unwuchtschwingung) und der horizontalen Schwellenbeschleunigung konnte eine messtechnische Möglichkeit zur Bestimmung der Transversalwellenlänge und (aufgrund der bekannten Erregerfrequenz) somit der Transversalwellengeschwindigkeit des Gleisrosts aufgezeigt werden. Da im Zuge der Versuche keine Weginformation (z. B. mittels GPS-Signal) erhoben wurde, wurde dieser Ansatz im Zuge der Diplomarbeit allerdings nicht detaillierter untersucht.

Im Zuge eines Vergleichs der jeweiligen Kenngrößen für die Überfahrten auf dichtem (initiale Überfahrt), aufgelockertem (nach Stopfen) und einmalig verdichtetem Schotter konnten verdichtungsabhängige Kenngrößen identifiziert werden. Hierbei wurden die horizontalen Verschiebungsamplituden des DGS und der Schwelle, die vertikalen Beschleunigungsamplituden des DGS und die vertikale Lage des dynamischen Rotationszentrums der Schwelle sowie die Bewegungsfigur des DGS in der Ebene der dominanten Bewegungsrichtungen vom Verdichtungszustand des Schotters beeinflusst. Die Entwicklung der horizontalen Verschiebungsamplituden der Schwelle stimmt insbesondere gut mit der bekannten Abhängigkeit des QVW vom Verdichtungszustand des Gleisschotters überein (geringere Verschiebungsamplituden bei dichtem Schotter, bei üblicherweise höherem QVW). Dieses Verhalten beeinflusst ebenfalls die vertikale Lage des dynamischen Rotationszentrums der Schwelle, welches bei dichtem Schotter weniger weit von der Messebene entfernt liegt als bei lockerem Schotter.

Die ermittelten Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Bewegungsverhalten von Schwelle und DGS vom Verdichtungszustand des Gleisschotters abhängt. Eine Weiterentwicklung des DGS vom reinen Verdichtungsgerät zu einem Verdichtungs- und Messgerät mit der Fähigkeit zur flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle erscheint daher (nach einer dynamischen Entkoppelung vom Maschinenrahmen) erfolgsversprechend. Die entsprechenden Grundlagen sollen in einem derzeit laufenden Folgeprojekt zwischen der Fa. Plasser & Theurer und der TU Wien erarbeitet werden.

Literatur

- [1] B. Lichtberger, Handbuch Gleis: Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit, Eurailpress, 2010.
 [2] W. Glawischnig und R. Klaus, „Dynamischer Gleisstabilisator. Festigkeit durch Vibration.“, Fa. Plasser & Theurer, 1976.

Veranstaltungen und Seminare

FSV-Tagungen:

Brückenprüfer - Erfahrungsaustausch
 29.09.2022
 Rainers Hotel Vienna, 1100 Wien

FSV-Preis:

17.11.2022
 Riverbox, 1020 Wien

FSV-Schulung:

Brückeninspektoren - Basislehrgang
 03.-05.10.2022
 FSV, 1040 Wien

FSV-Seminar:

LB-VI Version 6, Basisseminar
 12.-13.09.2022
 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!**

DB Systemtechnik „Live“ auf der InnoTrans 2022

Im CityCube und auf dem Freigelände im Fokus: Lösungen zu ETCS sowie Modernisierung und Instandhaltung von Schienenfahrzeugen und Infrastruktur.



Reparatur durch Reverse-Engineering: Erzeugen von 3D-Konstruktionsmodellen aus physisch vorhandenen Bauteilen durch 3D-Scan
Quelle: DB ST, Martin Loibl

„Sehen wir uns auf der InnoTrans?“ Diese Frage hörte man in den vergangenen Wochen häufig und sie wurde meist in virtuellen Treffen gestellt.

Für viele Firmen im Bahnsektor war die Antwort auf diese Frage einfach, auch für die DB Systemtechnik. Die Präsenz auf der weltweiten Leitmesse für Bahntechnik ist gesetzt, denn sie bietet die einmalige Chance zum weltweiten Austausch mit technischen Experten*innen und Entscheidungsträger*innen im Bahnsektor.

Viele Expert*innen der DB Systemtechnik werden die Berliner Messe besuchen und sich über die neuesten technischen Entwicklungen informieren. Darüber hinaus ist der Engineering-, Prüf- und Instandhaltungsdienstleister auf dem DB-Messestand vertreten sowie mit einem eigenen Stand auf dem Freigelände.

Die dort vorgestellten innovativen Themen sind jedoch nicht nur Projekte für die Zukunft. Viele davon sind umsetzungsreif und können vom 20. bis 23.9. erlebt werden.

CityCube / Stand 410

Im Zentrum des CityCube stellen Mitarbeitende der DB Systemtechnik moderne Technologien vor, die die Modernisierung, den Umbau und die Reparatur von Schienenfahrzeugen erleichtern. So kann z.B. eine VR-Brille live getestet werden. Damit lassen sich Interieur-Konzepte erarbeiten oder die Instandhaltbarkeit von Fahrzeugen untersuchen und optimieren.

Am Beispiel einer roten 3D-Bugnase eines Zuges im Maßstab 1:5 wird gezeigt, dass schwierige Reparaturen auch dann

möglich sind, wenn keine Konstruktionszeichnung vorliegt.

Freigelände / Stand 0 650

Im Freigelände liegt der Schwerpunkt auf digitalen Lösungen, die dazu beitragen, Zeit und Kosten in allen Bereichen der Bahn zu senken.

Spezialisten für Robotik zeigen am Beispiel eines Laufroboters, wie bei der Graffiti-Entfernung anstrengende körperliche Tätigkeiten automatisiert werden können.

Experten für Engineering und Instandhaltungstechnik präsentieren einen ganzheitlichen Ansatz zum Monitoring und damit zur vorausschauenden Instandhaltung von Schienenfahrzeugen und Schieneninfrastrukturen. Unter dem Stichwort



CTM-Technik zum Monitoring der Gleisgeometrie
Quelle: DB ST, Dr. Klaus Ulrich Wolter

„Continuous Monitoring“ wird neueste Sensorik vorgestellt und insbesondere die Integration der damit verbundenen Monitoring-Technik sowie die Varianten zur Datenübertragung an Land inklusive Analyse und Interpretation der erhobenen Daten.

Prüf-Experten stellen ein mobiles Prüfgerät vor, mit dem Gleitschutzprüfungen direkt am Fahrzeug durchgeführt werden können.

Mit der Einführung von ETCS soll mehr Verkehr auf die Schiene verlagert werden, ohne dass die Infrastruktur erweitert werden muss. Neufahrzeuge müssen mit ETCS beschafft werden, Bestandsfahrzeuge müssen nachgerüstet werden. Die DB Systemtechnik stellt ihr Wissen bei der Umrüstung von Schienenfahrzeugen auf ETCS vor. Die Besucher erhalten dabei von den Fahrzeugspezialisten der DB Systemtechnik Einblicke in relevante Themen wie



ETCS-Balisen

Quelle: DB, Frank Kniestedt

Spezifikation, Einbau-Engineering, Sicherheitsnachweise, Zulassung und technische Betreuung. So gelingt auch bei älteren Schienenfahrzeugbaureihen die Umstellung auf ETCS-Betrieb.

Gegenüber das DB-Zuglabor

Direkt neben dem Stand der DB Systemtechnik präsentieren wir gemeinsam mit dem Technik-Ressort der Deutschen Bahn das „advanced TrainLab“ (aTL). Mitarbeitende von DB, DB Systemtechnik und ihre Kooperationspartner diskutieren mit ihren Besuchern im DB-Zuglabor neueste Technologien, die im aTL erprobt werden.

Gemeinsam mit ZF stellt die DB Systemtechnik dort auch ihre neue Entwicklung in der kabellosen und batteriebetriebenen Sensorik vor. Die Technik bietet einen kostengünstigen Einstieg ins Monitoring und damit in die Digitalisierung der Instandhaltung.

Besucher: Herzlich willkommen! ●



aTL auf der Neubaustrecke Ulm-Wendlingen

Quelle: Jannik Walter

Digital und noch präziser – das neue Messgerät für Raddurchmesser (EWF 5572.19)

Für Hersteller, Betreiber und Instandhalter von Schienenfahrzeugen und Schieneninfrastrukturen sind Eisenbahn-Werkstätten-Fertigungsmittel (EWF) unersetzlicher Bestandteil in der täglichen Arbeit.

Mit ihrer Hilfe werden Konformitätsprüfungen im Betrieb durchgeführt und festgestellt, ob die Betriebsmaße noch eingehalten werden oder ob Fertigungs- und Instandhaltungsziele im Einzelfall erreicht wurden.

Dass diese genauen, werkstattdauglichen und langlebigen Messgeräte einen perfekten Kompromiss zwischen Voldigitalisierung und Handhabbarkeit darstellen, zeigt die neueste Entwicklung der DB Systemtechnik am Beispiel des Messgerätes 5572.19.

Das Messgerät zur Ermittlung des Messkreisdurchmessers gibt es in bekannter, handlicher, elektronischer Form nun noch präziser. Das Messergebnis wird mit

dreifach höherer Genauigkeit ermittelt und unmittelbar angezeigt. Damit ist das Messgerät in einem wesentlich breiteren Anwendungsspektrum einsetzbar, da die erweiterte Messunsicherheit entsprechend verringert wurde. Es ist für den Einsatz an ein- und ausgebauten Vollrädern geeignet sowie an Radreifen und bereiften Rädern einsetzbar. Mehr Infos unter www.db-systemtechnik.de/ewf.



Quelle: DB ST, Martin Loibl



KONTAKT DB Systemtechnik GmbH | Alfred Hechenberger | Tel.: +49 89 1308 3441 | alfred.hechenberger@deutschebahn.com

Messen | Kongresse | Konferenzen

14. - 15.09.2022	Gießen (D)	9. Kongress Infrastruktur digital planen und bauen 4.0	www.bim-kongress.de
20. - 23.09.2022	Berlin (D)	InnoTrans 2022	https://www.innotrans.de/
11. - 13.10.2022	Hamburg (D)	Fachseminar F3/2022 „Logistik mit der Eisenbahn – Logistikketten im 21. Jahrhundert“	https://dmg-bahn.de
10. - 11.11.2022	Wien (A)	4. ÖVG-Kongress: Fahrstromanlagen	https://www.oevg.at/veranstaltungen/events/2022/4-oevg-kongress-fahrstromanlagen/
14.11.2022	Frankfurt am Main (D)	Innovationspreis der deutschen Mobilitätswirtschaft	https://innovationspreis-mobilitaet.de/
14. -15. 11.2022	Frankfurt am Main (D)	Deutscher Mobilitätskongress	https://deutscher-mobilitaetskongress.de/

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

Zukunft gestalten: der VDB-Nachwuchspreis „Clean Mobility Award“

Menschen verbinden, Klima schützen, Mobilität neu denken - die nächste Generation der Bahnindustrie entwirft den klimaneutralen Schienenverkehr von morgen. Zukunft gestalten - genau darum geht es bei dem VDB-Nachwuchspreis.

Der Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e.V. verleiht im Rahmen der InnoTrans 2022 zum dritten Mal den Nachwuchspreis „Clean Mobility Award“. Ausgezeichnet werden drei junge AkademikerInnen, deren innovative wissenschaftliche Arbeit einen herausragenden Beitrag zu mehr Klimaschutz und mehr Kundenerlebnis auf der Schiene leistet. „Nie stand Mobilität so im Zentrum der zentralen Zukunftsaufgaben unserer Gesellschaft. Wie kommen Fahrspaß, Wirtschaft und Klimaschutz unter einen Hut? Ganz klar: über die Schiene. Die nächste Generation an Mobilitätsgestalterinnen und Bahnpionieren ist für unsere Industrie enorm wichtig. Deshalb freut sich der VDB, auch in diesem Jahr wieder drei großartige Arbeiten prämiieren zu können“, so Pauline Maître, VDB-Leiterin Public Affairs und Verbandssprecherin. Drei Studierende wurden ausgezeichnet und zur Weltleitmesse InnoTrans nach Berlin eingeladen:



Eva Maria Zimmermann,
Technische Universität Berlin

„Im deutschen Schienenpersonennahverkehr (SPNV) werden noch ca. 36 % der Verkehrsleistung mit Dieseltriebzügen oder -loks erbracht. Während Elektrifizierung langwierig und teuer ist, zeigen Machbarkeitsstudien, dass alternative Antriebe eine umweltfreundliche Alternative zu Dieseltriebzügen sein können. Dabei hat jeder Antrieb ein unterschiedliches optimales Einsatzgebiet. Um herauszufinden,

wie groß das Potential der verschiedenen Antriebsarten in Deutschland ist, habe ich im Rahmen meiner Masterarbeit ein Excel-Modell entwickelt. Dieses identifiziert über die Lebenszykluskosten, welche der dieselbetriebenen Nahverkehrslinien in Deutschland sich für welchen Antrieb eignen. Dadurch, dass das Modell mit zahlreichen Variablen arbeitet, konnten verschiedene Szenarien entwickelt und eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden. Zwar ersetzt das Modell keine Detailbetrachtungen, jedoch konnte dadurch aufgezeigt werden, welche Faktoren die Systemscheidung für eine Antriebsart am stärksten beeinflussen und in welchen Bereichen weitere Forschung besonders wichtig ist.

Insgesamt wurde ein hohes Potential für alternative Antriebe festgestellt. Der Dieselantrieb ist in allen Szenarien nur noch eine Randerscheinung. Die Anteile der restlichen Antriebe (Elektrotriebzug, Batterietriebzug, Brennstoffzellentriebzug) variieren in den verschiedenen Szenarien jedoch stark, je nachdem welche Kosten beispielsweise für die Strecken elektrifizierung, den Austausch von Akkus und für Wasserstoff angenommen werden. Meine Masterarbeit zeigt, dass der Ersatz von Dieseltriebzügen durch alternative Antriebe oder teilweise auch die Vollelektrifizierung einer Linie über die Lebensdauer gesehen i.d.R. wirtschaftlich ist. Die Umstellung aller Diesellinien in Deutschland auf elektrifizierten Betrieb wäre folglich nicht nur ein wichtiger Schritt, um den SPNV klimaneutral zu machen, sondern auch wirtschaftlich.“



Stefan Sutter,
FH Aachen

„Um den Anteil des Schienengüterverkehrs am Modal Split von derzeit lediglich 18 %

signifikant zu erhöhen, spielt die Steigerung der Produktivität und Kapazität von Güterzügen eine zentrale Rolle. Ein wesentlicher Verlust an Produktivität ist dabei die Bremsprobe bei Güterzügen. In mehreren Prüfgängen entlang des Zuges muss, bis heute unverändert, ein Mensch jede Bremse des Zuges einzeln vor der Abfahrt prüfen. Mehr als eine Stunde Zeitaufwand benötigt eine volle Bremsprobe und damit zu lange, um in Zeiten von steigenden Liefergeschwindigkeiten konkurrenzfähig zum Individualverkehr zu sein. Grundlage für eine automatisiert ausgeführte Bremsprobe muss die Ausstattung von Güterwagen mit einer Intelligenz sein, die derzeit flächendeckend nicht vorhanden ist. Mit dem Forschungsprojekt „Güterwagen 4.0“ möchte die Fachhochschule Aachen die Entwicklung eines Gesamtkonzepts für einen modernen Güterwagen durch wissenschaftlich-technische Grundlagenforschung erzielen.

Basierend auf dieser Plattform wurde durch die Forschungsgruppe ein Konzept für eine Automatische Bremsprobe entwickelt und im Rahmen der Abschlussarbeit ausgearbeitet. Die Intelligenz sowie eine informationstechnische Vernetzung der Wagen untereinander ermöglichen im Zusammenspiel mit der sensorischen Erfassung Statusinformationen zum Zustand des Bremssystems des gesamten Zuges. Dafür reicht der Bremszylinderdruck als eine maßgebliche Messgröße aus, um zuverlässige Aussagen zum Löse- und Anliegezustand der Bremsbeläge treffen zu können. Durch eine Auswertung von Unfallberichten, bei denen eine Bremsprobe in einem Wirkzusammenhang zu einem Zwischenfall stand, konnten darüber hinaus die wesentlichen Anforderungen bestimmt werden, um auch den Grundsatz der gleichwertigen Sicherheit einhalten zu können. Im Ergebnis steht somit ein neues Konzept einer Automatischen Bremsprobe, die eine deutlich schnellere Abfertigung von Güterzügen ermöglicht und zur Produktivitätssteigerung beitragen kann.“



Jun Shan Yang,
Technische Universität Berlin

„Mit der Entwicklung und der Markteinführung (moderner) batteriebetriebener Schienenfahrzeuge zur Stärkung des lokal emissionsfreien Schienenverkehrs in Deutschland stellt sich die Frage nach Optimierungsmöglichkeiten sowohl im Betrieb dieser Fahrzeuge als auch bei der Planung zukünftiger Bahn- und Ladeinfra-

struktur. Die Untersuchung der Integration und des Betriebs von Latentwärmespeichern (LWS) in einem batterieelektrischen Schienenfahrzeug zeigt Potentiale auf, um sowohl die Energieeffizienz des Batteriebetriebs als auch den Komfort für die Fahrgäste zu erhöhen: In kalten Wintermonaten kann in Deutschland die Heizenergie über 30% der Batteriekapazität beanspruchen. Die Traktionsbatterien sollen jedoch primär für die Traktionsenergie, d. h. zum Fahren, verwendet werden.

Mit der Betrachtung, Wärme latent während der Nachladung der Traktionsbatterien zu speichern und auf oberleitungsfreien Strecken einzusetzen, werden die Traktionsbatterien entlastet. Die Untersuchung, die auf dem Batterietriebzug von Alstom basiert, ergab, dass dadurch nicht nur eine Erhöhung der Batterielebensdauer und somit eine effizientere Nutzung von

Ressourcen möglich ist, sondern auch eine längere, lokal emissionsfreie Fahrt ohne zusätzliche Nachladeinfrastruktur. Durch die Entkopplung des Heizbedarfs von den Traktionsbatterien und damit einer direkteren Nutzung der Energie wird stets gewährleistet, genügend Heizenergie in den Fahrgasträumen zur Verfügung zu stellen. Neben der Machbarkeit verschiedener Anwendungsfälle werden auch Einsatzszenarien wie der Aus- und Wiedereinbau der Wärmespeicher während eines Jahres sowie der Stand der Technik beleuchtet. Die Entwicklung der latenten Wärmespeicher erfolgt im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. und ist dem Technologiereifegrad TRL von 3-4 zuzuordnen (Stand 2021). Während dieser Entwicklung gibt es bereits einige Testanwendungen, beispielsweise im Bussektor, welche ebenso das Potential des Einsatzes von LWS aufzeigen.“ •

Für Ihre Werbeplanung – die kommenden Ausgaben im Überblick

THEMEN

10/2022

- Betriebskonzepte und Digitalisierung
- Fahrplanerstellung, Störfallmanagement
- Stadtbahn international
- Grenzüberschreitender Verkehr
- Mit ETR-Swiss 2/2022

Erscheinungstermin: **14.10.2022**
Anzeigenschluss: **09.09.2022**
Druckunterlagenschluss: **19.09.2022**

11/2022

- Sicherheit / Safety and Security / IT für Bahnen
- Integraler Taktfahrplan
- Lokal emissionsfreier Betrieb
- Logistik auf der Schiene
- Mit Jahreskalender 2023

Erscheinungstermin: **15.11.2022**
Anzeigenschluss: **12.10.2022**
Druckunterlagenschluss: **19.10.2022**

Sächsische Bahntechnologieunternehmen mit dem SET4FUTURE Innovation Award geehrt

Auszeichnung | Zum dritten Mal rief SET4FUTURE – das Innovationscluster für smarte Lösungen auf der Schiene – den SET4FUTURE Innovation Award aus. Gesucht waren innovative Produkte und Lösungen, die ein Aushängeschild für die Bahntechnik der Zukunft sind und ihren Beitrag zur Verkehrswende leisten. Die diesjährigen Preisträger Photon Meissener Technologies GmbH und CG Rail GmbH wurden auf dem Sommerfest des Bahnindustrievereins Rail.S e. V., Träger des Innovationsclusters SET4FUTURE, in Chemnitz ausgezeichnet. Rail.S-Geschäftsstellenleiter Dirk-Ulrich-Krüger: „Ich freue mich, dass auch dieses Jahr unser Netzwerk wieder tolle Innovationen hervorgebracht hat, die auf eines der großen Gemeinschaftsprojekte unserer Zeit – die Verkehrswende – einzahlen. Modernisierung und Reaktivierung von Bahnstrecken sowie Effizienzsteigerung im Fahrbetrieb sind wichtige Stellschrauben, um die Verkehrswende zu beschleunigen. Hier setzen die zurecht preisgekrönten Innovationen an.“



Preisträger SET4FUTURE Innovation Award 2022 vor dem Sächsischen Landtag

Neue Schaltschrank-Generation für Stellwerke

Erster Preisträger des SET4FUTURE Innovation Award 2022 ist das Unternehmen Photon Meissener Technologies GmbH, das mit ihrem Produkt RailCabPhoton – kurz RCP – die neue Generation von Außen-schranken im digitalisierten Gleisfeld der Zukunft entwickelt hat. RCP ist das erste von der Deutschen Bahn zertifizierte Produkt dieser Art und kommt u. a. bei Digitalen Stellwerken zum Einsatz. Durch RCP kommt kostengünstig die gesamte notwendige Stellwerkstechnik zukünftig bahntauglich direkt an die Gleise. Kosten- und planintensive Betonschalhäuser und -stellwerke werden damit abgelöst. „RailCabPhoton ist eine intelligente, kostengünstige und vor allem auch eine schnelle Umsetzungsvariante für die Initiative Digitale Schiene Deutschland. Diese Lösung kann und wird die Modernisierung und Reaktivierung von Bahnstrecken erheblich beschleunigen“, begründet Juror und Rail.S-Beirat Michael Fohrer die Wahl des Preisträgers aus Meißen.

Innovative Leichtbau-Pantographen-Plattform

Der zweite Preisträger des SET4FUTURE Innovation Awards ist im Bereich Leichtbau zu Hause. Das Dresdner Engineering-Unternehmen CG Rail GmbH überzeugte die vierköpfige Fachjury aus Industrie und Forschung mit einer innovativen Leichtbau-Pantographen-Plattform, die aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) in nur einem Prozessschritt mittels Harzinfusion hergestellt wird. Im Vergleich zur metallischen Referenz-Schweißkonstruktion aus Aluminium ist sie um mehr als 30 Prozent leichter, bis zu 20 Prozent günstiger und verbessert die Schalldämmung sowie Fahrdynamik des Schienenfahrzeuges.

„Leichtbau findet heutzutage vielfältig Anwendung im Fahrzeugbau. Die Vorteile liegen auf der Hand: Massereduktion und damit einhergehende Energieeinsparung sowie ein einfacherer Herstellungsprozess als bei herkömmlichen Schweißkonstruk-

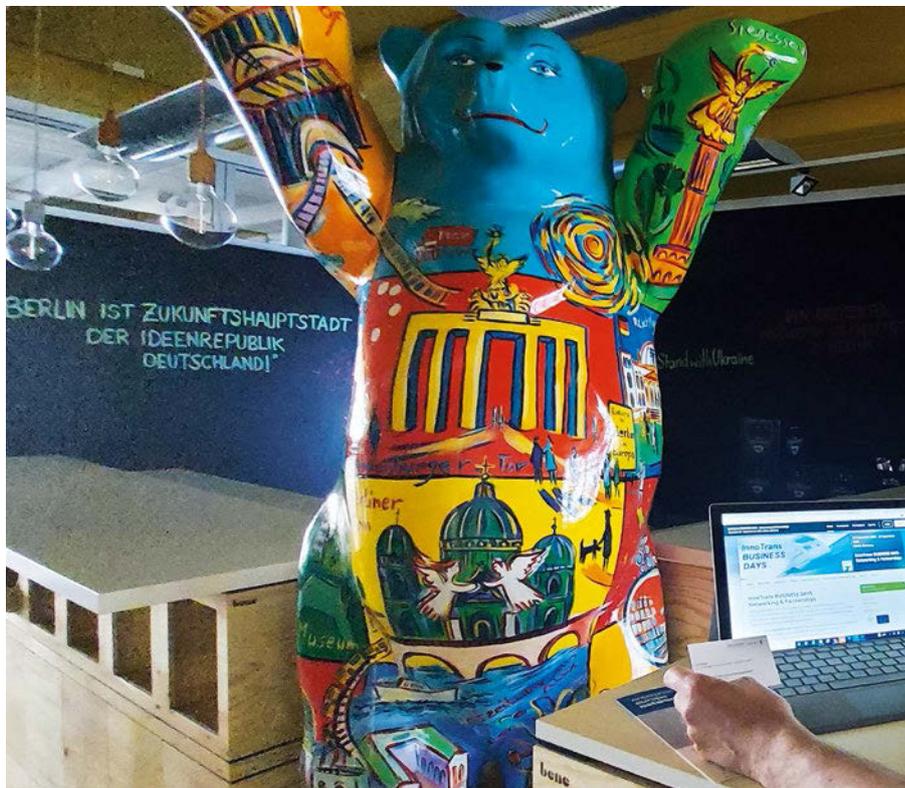
tionen“, erklärt Juror Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf, Seniorprofessor an der Professur für Verkehrssicherungstechnik an der TU Dresden und wissenschaftlicher Leiter am CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik.

ERCI Innovation Award auf der InnoTrans

Die Preisträger des SET4FUTURE Innovation Awards haben sich automatisch für den europäischen Wettbewerb ERCI Innovation Award qualifiziert. Bereits zum achten Mal ist die europäische Bahnclusterinitiative ERCI auf der Suche nach innovativen Produkten, Technologien, Lösungen und Geschäftsmodellen aus der Bahnindustrie. Über 30 Unternehmen aus ganz Europa haben sich beworben. Die Preisverleihung zum ERCI Innovation Award wird im Rahmen der InnoTrans am 21. September 2022 am Stand des Clusters Verkehr | Mobilität | Logistik Berlin-Brandenburg (CityCube B / Stand 215) ausgerichtet. (uh) ●

20.-23. September 2022: InnoTrans BUSINESS DAYS – Seien Sie dabei!

B2B Matchmaking | Das lange Warten ist vorbei: Im Rahmen der InnoTrans vom 20. bis 23. September 2022 finden die InnoTrans BUSINESS DAYS statt. Diese sind ein kostenloses Angebot des Enterprise Europe Network (EEN) Berlin-Brandenburg in Kooperation mit der Wirtschaftsförderung Land Brandenburg und Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie. Unterstützt werden sie vom Cluster Verkehr, Mobilität und Logistik Berlin-Brandenburg sowie von der European Railway Clusters Initiative (ERCI). Das Programm ist dreigeteilt: Persönliche 1:1-BUSINESS MEETINGS mit internationalen Kontakten aus Forschung, Innovation und Wirtschaft können wieder vor Ort auf dem Messegelände in Berlin oder auch virtuell gebucht und durchgeführt werden. BUSINESS SESSIONS bieten ein Forum für die Präsentation von Innovationen im Bahnsektor, u. a. aus den Bereichen alternative Antriebe, Datenmanagement, vorausschauende Instandhaltung, 3D-Druck und kombinierter Verkehr. Weitere Highlights sind: die Vorstellung von Testfeldern für Innovationen der Schienenverkehrstechnik in der Hauptstadtregion, die Verleihung der ERCI Innovation Awards, die RAILTALKS und das Luncheon des Netzwerks „Women in Mobility“. Nicht zuletzt ermöglichen thematische BUSINESS



InnoTrans BUSINESS DAYS auf dem Gemeinschaftsstand der Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg

Quelle: © Berlin Partner/zim

TOUREN über das Messegelände gezielte Treffen mit relevanten Ausstellern. Aktuelle Informationen sowie die Möglichkeit zur

Registrierung zu den InnoTrans BUSINESS DAYS finden Sie unter: <https://innotrans-business-days.b2match.io/>.

Zeppelin Power Systems zeigt Cat Motor C13B und digitale Lösungen

InnoTrans | In Halle 2.2 an Stand 530 wird der Cat Motor C13B der EU-Abgasstufe V für Schienenfahrzeuge zu sehen sein. Dieser kann mit 100 % hydriertem Pflanzenöl (HVO) betrieben werden. Das Expertenteam informiert zudem über das Produktportfolio, Serviceleistungen und digitale Lösungen des Unternehmens. Im Fokus des Messeauftritts von Zeppelin steht der C13B mit einer Nennleistung von 340-430 kW bei einer Nenndrehzahl von 1800-2100/min. In allen vier erhältlichen Leistungsstufen bleibt der Motor eins-zu-eins derselbe. Die Leistung wird lediglich per Software eingestellt. Ent-



Der neue Cat C13B kann mit 100 % hydriertem Pflanzenöl (HVO) betrieben werden

sprechend einfach gestaltet sich die Integration der Anbaukomponenten und Schnittstellen in das bestehende System. Diese erfolgt unkompliziert per Plug-and-Play. Der C13B weist im Vergleich zu seinem Vorgängermodell eine erhöhte Leistung bei gleichzeitig verringerter Größe auf. Er bietet eine Leistungsdichte von 34 kW/l und ist dahingehend konzipiert, die Installationskosten für den Kunden zu senken, während die Betriebszeit maximiert wird. Die Spitzenleistung hat sich verglichen mit dem Vorgängermodell um bis zu 20% erhöht und das Gewicht des Motorpakets um 32% reduziert. (uh) ●

Nach fünf Jahren Pause gebündelte Bahnindustrie in Münster

Quelle: Plasser & Theurer



iaf 2022 | Technologieführer Plasser & Theurer war einmal mehr größter Aussteller einer iaf. 19 Maschinen auf den Gleisen direkt am Messegelände und ein weiterer Technologieträger ganz in der Nähe im erläuterten Demonstrationseinsatz – das ist unerreich.

Zudem waren weitere Komponenten, Kooperationen und Konzepte zu erleben. Der Messeauftritt stand unter der verbindenden Überschrift „future track technology – NOW“: neue Lösungen mit konkreten Antworten auf aktuelle Bedürfnisse des Marktes. Heute schon für morgen.

Ein Beispiel ist der neue Unimat 09-8x4/4S BR Dynamic E³. Die längste Instandhaltungsmaschine der ganzen Messe zeigt auf, was modular, vollelektrisch und mit nur fünf Bedienern möglich ist: integrierte Schotterbewirtschaftung und Schotterverteilung, integrierter Dynamischer Gleisstabilisator und nur mehr eine, hochattraktiv ausgestattete Stopfkabine mit neuem Ansatz im Bedienkonzept. Acht wesentliche Innovationen sind in dieser Maschine verbaut. Vom Aufmessen bis zum Nachmessen erledigt sie sämtliche Arbeiten und liefert eine sofort nutzbare Strecke. Inzwischen im Realeinsatz, erweist sie sich als ideal für kurze Bauabschnitte in knappen Sperrpausen. ●

Pilotzug der DB Cargo mit automatischer Bremsprobe hat operativen Parallelbetrieb aufgenommen

PJM | Im Juli hat die DB Cargo im Rahmen des Projekts AmaBPro einen Pilotzug mit dem automatisierten Bremsprobe-System von PJM ausgestattet und den operativen Parallelbetrieb bei der Mitteldeutschen Eisenbahn GmbH (MEG) aufgenommen. AmaBPro ist Teil des vom BMDV geförderten Programms Zukunft Schienengüterverkehr. Als Projektpartner ist auch die TU Berlin (Institut für Land- und Seeverkehr, Fachgebiet Schienenfahrzeuge) an Bord.

Die Technologie stammt von PJM und gilt seit dem positiven Gutachten vom TÜV als europäisches Referenzsystem. Die automatisierte Bremsprobe erfüllt sämtliche technische und formale Kriterien sowie sicherheitsrelevante Vorgaben. Der nächste Schritt des zugelassenen Systems ist die Ausrollung. Das Bremsprobe-

System ist auch für weitere Automatisierungsschritte konzipiert. Dank der energieautarken und leistungsstarken Stromversorgung und dem lokalen Funksystem ist das System jetzt verfügbar und für Bestandswagen wie auch Neuwagen flexibel einsetzbar. Durch den modularen Aufbau ist die Kompatibilität mit der zukünftigen DAK sichergestellt. Je nach Auslastung wird die Bremsprobe 4–6 Mal täglich bzw. rund 1800 Mal im Jahr automatisiert durchgeführt werden. Die Zeitersparnis bei einem 400m langen Güterzug beträgt rund 2 x 35 Minuten und der Vorgang kann alleine vom Lokführer oder Wagenmeister durchgeführt werden. Die automatische Bremsprobe ist eine Innovation der Entwicklungsgemeinschaft von der SBB Cargo, PJM und Rail Cargo Austria. ●

Quelle: PJM



Das automatisierte Bremsprobe-System ist mit einem Pilotzug der DB Cargo in Betrieb. Die Übergabe fand bei der MEG in Schkopau statt

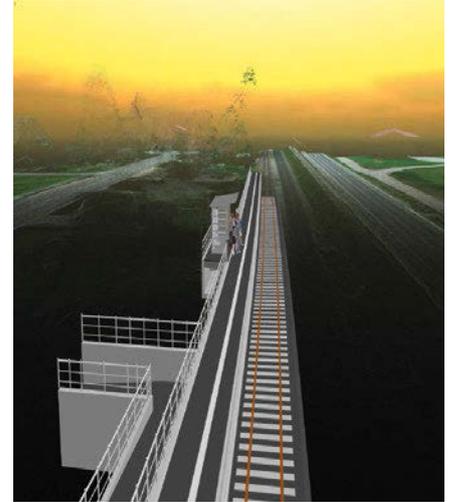
Bahnplanung mit card_1

InnoTrans 2022 | Die IB&T Software GmbH präsentiert vom 20.-23. September 2022 ihre Lösungen zur schienengebundenen Infrastrukturplanung auf der InnoTrans in Berlin. Auf dem Messestand 774 in Halle 5.2 erhalten die Besucher umfangreiche Einblicke in die Bahnplanung mit card_1 und DESITE BIM sowie in die Version 10 der Softwarelösung. Die Kundenberater und Experten zeigen in Produktdemos, wie sich mit dem BIM Bahnkörper ein- und zweigleisige Strecken mit BIM-gerechter Attributierung erzeugen lassen. Ebenfalls BIM-konform ist das neue Modul Bahnsteiggenerator, das die Bahnsteigmodellierung in card_1 auf Basis von CardScript mit Dynamo Anbindung an AUTODESK Revit® ermöglicht. Am 21. September 2022 von 11:30 bis 12:30

Uhr stellt die IB&T Software GmbH gemeinsam mit der WSP Infrastructure Engineering GmbH vor, wie die Zusammenarbeit mit card_1 und ProSig® in der Leit- und Sicherungstechnik funktioniert. Der Vortrag findet in Halle 27, Beta, 6-7 statt.

„Die InnoTrans ist eine wichtige Leitmesse für die Bahnplanung. Unsere Softwarelösung card_1 deckt zahlreiche Bereiche, wie die Bahnvermessung, die Signalplanung mit ProSig® oder die Punktwolkenverarbeitung, ab“ so Uwe Hüttner, Geschäftsführer der IB&T Software GmbH.

Mitaussteller sind Thinkproject Deutschland GmbH mit EPLASS CDE, die G&W Software AG mit California Pro und die IB&T Tochterfirma GEO DIGITAL GmbH mit GEOPAC für ELITECAD. (uh) ●



Mit dem neuen card_1 Bahnsteiggenerator lassen sich Bahnsteige BIM-konform planen

IVU zeigt IT für Verkehr und Umwelt

InnoTrans | Integrierte Bahnleitstelle, alternative Antriebe, weltweit führende Optimierungsalgorithmen – IVU Traffic Technologies präsentiert die Neuheiten der Komplettlösung IVU.suite für alle Prozesse von Bus- und Bahnunternehmen in Halle 2.1, Stand 630.

Bahnkunden erwarten schnelle und konsistente Fahrgastinformation, die sie umstandslos jederzeit einsehen können. Das europäische Eisenbahnnetz ist stark ausgelastet, Modernisierungen an der Infrastruktur bedeuten Baustellen und kurzfristige Störungen. So entstehen zahlreiche, kurzfristige Änderungen am Fahrplan. Um den Fahrgästen dennoch zuverlässige Fahrgastinformationen bereitstellen zu können, lie-

fert die IVU mit der neuen Bahnleitstelle von IVU.rail eine integrierte Standardlösung mit einem durchgängig digitalen Workflow – von der Fahrplanung über das Störungsmanagement bis hin zur Fahrgastinformation. Neben dem umfangreichen Hintergrundsystem profitieren Eisenbahnverkehrsunternehmen auch von neuen Features wie einer Kartendarstellung der Fahrzeugpositionen oder Informationen zu deren Zustand.

Ob elektrisch oder mit Wasserstoff – die IVU.suite bildet alle Prozesse und Anforderungen rund um den Einsatz von alternativen Antrieben bei Bussen und Bahnen ab. Dabei verbindet das System effizient Planung, Einsatz und Betrieb von gemischten Flotten miteinander. Von batteriebetrie-

benen Elektrobussen und Eisenbahnen bis hin zu Wasserstoffflotten – alle Funktionen stehen in einer einzigen Oberfläche bereit. So lassen sich mithilfe der integrierten Komponenten beispielsweise Verbrauchs- und Reichweiten-Prognosen erstellen oder alle Ladeprozesse mit dem Last-, Lade- und Betriebshofmanagement steuern.

Umläufe und Dienste effizient planen – damit können Betreiber große Einsparungen erzielen. Um das zu erreichen, setzt die IVU auf ihre Optimierungsalgorithmen und auf die integrierten Automatisierungswerkzeuge der IVU.suite. Auch bei effizienten Kalkulationen und Szenarien für Angebote zu Verkehrsausschreibungen unterstützen die Optimierer der IVU.suite. (uh) ●

Innovationen durch Ingenieurdienstleistungen und Wissenstransfer

Teoresi | Teoresi, Ingenieurdienstleister mit Hauptsitz in Turin, baut seine Präsenz in Deutschland aus. Seit 2021 gibt es die Teoresi GmbH mit Sitz in München. Geschäftsführer ist Daniel Comarella. Der Fokus von Teoresi im Bahnbereich liegt bei Onboard Units und Train Communication Management Systems (TCMS). Das Unternehmen ist seit 30 Jahren am Markt, mit Beratung und Entwicklung für kritische Infrastruktura-

ren und Transport und Verkehr, hier stark in der Autoindustrie. Als Dienstleister sieht es seine Stärke darin, sein Know-How aus den zwei starken Technik- und Verkehrsstandorten München und Turin in die Projekte von Kunden einzubringen, in kürzester Zeit Projektteams für Produktentwicklungen zusammenstellen zu können und so die Innovationsgeschwindigkeit beschleunigen zu können. Dazu zählt auch das autonome

Fahren, an dem Teoresi für Kunden arbeitet. Durch die Digitalisierung vertiefen sich die Möglichkeiten des Technologietransfers. Sowohl Verteidigung, Luft- und Raumfahrt als auch Schienenverkehr seien sicherheitsrelevante Anwendungen, meint das Unternehmen. In jüngster Zeit gelte dies aufgrund der autonomen Fahrzeuge auch für die Autoindustrie. Die Branchen inspirierten sich mit Blick auf Technologie gegenseitig. (uh) ●

INSERENTEN

August Storm GmbH & Co. KG, Spelle.....	34
Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH, Berlin.....	17
BPR Dr. Schäpertöns Consult, München.....	43
CN-Consult GmbH, Mittenaar.....	59
Currenta GmbH & Co. OHG, Eisenbahn Köln-Mülheim-Leverkusen, Leverkusen.....	38
DB Netz AG, Berlin.....	33
DVV Media Group GmbH, Hamburg.....	13, 49, 74, 75, 125, 117, 147, 149, 155
EAO GmbH, Essen.....	39
EIFFAGE Infra-Rail GmbH, Herne.....	19
Electro Static Technology, An ITW company, Mechanic Falls.....	79
ENVIRO-CHEMIE Abwassertechnik GmbH, Roßdorf.....	135
evorail, London.....	65
FELA Management AG, Diessenhofen.....	23
FRÄNKISCHE INDUSTRIAL PIPES GmbH & Co. KG, Königsberg.....	32
Furrer + Frey AG, Bern.....	69
G. ZWIEHOFF GmbH, Rosenheim.....	35
Gimota AG, Geroldswi.....	99
HARTING Deutschland, Minden.....	93
Infoteam Software AG, Bubenreuth.....	133
JUMO GmbH & Co.KG, Fulda.....	115
Kontron Transportation GmbH, Wien.....	123
KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG, Tittmoning.....	26
Kugel- & Rollenlagerwerk, Leipzig.....	44
Kunze GmbH, Bruckmühl.....	20
Lenord, Bauer & Co. GmbH, Oberhausen.....	42
Leube Betonteile GmbH & Co KG, Maishofen.....	143
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, Lindenberg.....	7
Molinari Rail AG, Winterthur.....	119
ÖBB Technisch. Service GmbH,Wien.....	95
Pintsch GmbH, Dinslaken.....	57
Plasser & Theurer GmbH Export, Wien.....	U1
Rail Power Systems GmbH, München.....	21
SAB Bröckskes GmbH & Co.KG, Viersen.....	48
Schaeffler Technologies, Schweinfurt.....	11
Schaltbau GmbH, München.....	24
Schrey & Veit GmbH, Sprendlingen.....	83
Schweerbau GmbH & Co.KG, Stadthagen.....	25
SEALABLE Solutions GmbH, Waltershausen.....	27
Signon Deutschland GmbH, Berlin.....	109
SPITZKE SE, Großbeeren.....	U2
Stadler Rail Management AG, Bussnang.....	U3
Stäubli Electrical Connectors GmbH, Weil am Rhein.....	85
Teckentrup GmbH & Co.KG, Herscheid.....	30
Toshiba Railway Europe GmbH, Kiel.....	87
tracking-rail GmbH, Leverkusen.....	40
Vössing Ingenieurgesellschaft mbH, Düsseldorf.....	45
VOSSLOH AG, Werdohl.....	U4
Vossloh Locomotives GmbH, Kiel.....	118
VTEC GmbH Dortmund, Dortmund.....	28
WAGO GmbH & Co.KG, Minden.....	9
Dr. techn. Josef Zelisko Fabrik für Elektrotechnik und Maschinenbau Gesellschaft m.B.H., Mödling.....	127

Dieser Ausgabe liegen Beilagen der GRT Global Rail Academy and Media GmbH, Hamburg und DVV Media Group GmbH, Hamburg bei.
Wir bitten um freundliche Beachtung.

ETR

EISENBAHNTHECHNISCHE RUNDSCHAU

ETR – Eisenbahntechnische Rundschau erscheint in 2022 im 71. Jahrgang, ISSN 0013 – 2845 | Internet: www.eurailpress.de/etr

HERAUSGEBER

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

Gerald Hörster, Präsident des Eisenbahn-Bundesamtes, Bonn

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

Dr. Ben Möbius, Hauptgeschäftsführer Verband der Bahnindustrie in
Deutschland e.V. (VDB), Berlin

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

Prof. Dr.-Ing. Corinna Salander, Leiterin des Deutschen Zentrums für
Schienenverkehrsforschung (DZSF) beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA),
Dresden und Bonn

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

Prof. Dr. techn. Norbert Ostermann, Univ.-Prof. i.R., Wissenschaftlicher
Leiter der ÖVG, Herausgeber ETR Austria

Prof. Dr.-Ing. Thomas Sauter-Servaes, Mobilitätsforscher &
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

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

DI Dr. Angela Berger, Geschäftsführerin Verband der Bahnindustrie,
AT-Wien

Jens Bergmann, Vorstand Infrastrukturplanung und -projekte, DB Netz
AG, Frankfurt a. M.

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

Dipl.-Ing. Nils Dube, Leiter Engineering (Head of Engineering), DB
Systemtechnik GmbH, München

Johann Dumser, Director of Marketing and Communications, Plasser &
Theurer, AT-Wien

Dr.-Ing. Gunther Ellwanger, Vorsitzender der Gesellschaft
für Rationale Verkehrspolitik, Hinterzarten

Johannes Emmelheinz, Siemens Mobility GmbH, SMO CS, Erlangen

Dipl.-Ing. Judith Engel, MBA, MSc, MSc
Vorstandin, ÖBB-Infrastruktur AG, AT-Wien

Carsten Fischer, Site Engineering Director, Alstom Transport
Deutschland GmbH, Salzgitter

Dr. Heiko Fischer, Senior Advisor to the Executive Board at VTG AG und
Vorstandsvorsitzende der Wagon Keepers (UIP)

Dr.-Ing. Julian Franzen, Westfälische Lokomotiv Fabrik, Reuschling
GmbH & Co. KG, Hattingen

Dr. Gert Fregien, TENSOR, Mannheim

Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein, Lehrstuhl Verkehrswegebau,
Technische Universität München

Nicole Friedrich, Vorsitzende der Geschäftsführung der DB
Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Frankfurt a. M.

Jan Furnivall, Chief Operating Officer, Vossloh AG, Werdohl

Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld, Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik am
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dr.-Ing. Stefan Gutschling, Geschäftsführer Fachverband Elektrobahnen und
Elektronikindustrie e.V., Frankfurt a. M.

Dipl.-Ing. Roland Heinrich, 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. Bärbel Jäger, Abteilungsleiterin im Institut für Verkehrssystemtechnik
des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.), Braunschweig

Dr. Sven Jenne, Director Engineering & Development
Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, Oberhausen

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kleemann, München

Dr.-Ing. Dieter Klumpp, Mannheim

Dr.-Ing. Günter Köhler, Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH, Bochum
Dipl.-Ing. Markus Köppel, Abteilungspräsident Infrastruktur, Eisenbahn-
Bundesamt, Bonn

Harald Krefz, Geschäftsleitung Hamburg Port Authority, Hamburg

Jens-Günter Lang, Vorstand Ressort Technik, Hamburger Hochbahn AG

Dr. Martin Lange, SEGULA Technologies, München

Maria Leenen, Geschäftsführende Gesellschafterin,
SCI Verkehr, Hamburg, Köln und Berlin

Dr. Manfred Lerch, Hagenmüller Lerch 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, Chief Engineer TALENT 3 Battery EMU
Region Central / Eastern Europe and CIS – Mainline, Metros and Systems,
Alstom, Henningsdorf

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin, Institut für Eisenbahn- und
Verkehrswesen, Universität Stuttgart

Prof. Dr. Birgit Milius, TU Berlin, Leitung Fachgebiet Bahnbetrieb und
Infrastruktur

Prof. Dr.-Ing. Peter Mnich, TU Berlin

Dipl. El. Ing. HTL/MSc Michele Molinari, CEO, Molinari
Rail AG, CH-Winterthur

Dr. Sigrid Nikutta, Vorstand Güterverkehr der Deutschen Bahn AG und
Vorstandsvorsitzende der DB Cargo AG

Prof. Dr.-Ing. Andreas Oetting, Leiter Fachgebiet Bahnsysteme/
Bahntechnik, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht, Institut für Eisenbahnwesen
und Verkehrrsicherung der Technischen Universität
Carolo-Wilhelmina, Braunschweig

Prof. Dr. Raphael Pfaff, FH Aachen

Prof. Dr. Ronald Pörner, Ordentlicher Professor für
Betriebswirtschaftslehre an der HTW Berlin sowie Inhaber der Strategie |
Marketing | Mobilitätsberatung | in Berlin

Univ.-Prof. Dr.techn. Ferdinand Pospischil, M.Sc., Institutsleiter,
Technische Universität Graz, AT-Graz

Prof. Knut Ringat, Geschäftsführer Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH,
Hofheim am Taunus

Dipl.-Ing. Volker Rupprecht, Abteilungspräsident Fahrzeuge und
Betrieb, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

Veit Salzmann, Geschäftsführer Hessische Landesbahn GmbH (HLB),
Frankfurt a. M.

PD Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder, Chief Executive Officer (CEO)
und Mitglied der Geschäftsführung ESE Engineering und Software-
Entwicklung, Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler, Lehrstuhl und Institut
für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme, RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer, Institut für Verkehrswesen,
Eisenbahnbau und -betrieb, Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Siegmann, Wennigsen

Dipl.-Ing. Volker Sparmann, Vorsitzender des Vorstandes HOLM e.V.,
Frankfurt a. M.

Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan, Technische Universität Dresden, Fakultät
Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Elektrische Bahnen

Dipl.-Ing. Günter Steinbauer, Vorsitzender der Geschäftsführung,
Wiener Linien, AT-Wien

Dr.-Ing. Karsten Steinhoff, Geschäftsführer Betrieb & Technik, BeNEX
GmbH, Hamburg

Prof. Sebastian Stichel, KTH Royal Institute of Technology, School of
Engineering Sciences, Stockholm, Schweden

Detlev K. Suchanek, Geschäftsführer GRT Global Rail Academy and
Media GmbH/Publisher PMC Media

Dipl.-Ing. (BA) Dominik Veit, Thales Deutschland GmbH, Transportation
Systems, Ditzingen

Niko Warbanoff, Vorsitzender der Geschäftsführung,
DB Engineering & Consulting GmbH, Berlin

Dipl.-Ing. Henri Werdel, Directeur Gestion Infrastructure, Société
Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL), L-Luxembourg

Franziska Zbinden, Leitung Kompetenz-Center Wechselwirkung
Fahrzeug-Fahrgew, SBB AG, CH-Bern

KOOPERATIONSPARTNER



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.dvmedia.com · www.eurailpress.com

Geschäftsführer

Martin Weber

Verlagsleitung

Manuel Bosch

+49 40 23714-155 | manuel.bosch@dvmedia.com

Redaktion

Chefredaktion

Dipl.-Volksw. Ursula Hahn (uh)

+49 6203 6619620 | ursula.hahn@dvmedia.com

Redaktionsteam

Dipl.-Ing. Wolfgang Feldwisch

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Jänsch

Dipl.-Ing. agr. Dagmar Rees (Redakteurin, dr)

dagmar.rees@dvmedia.com

Anzeigen

Anzeigenleitung Eurailpress

Silke Härtel (verantwortl.)

+49 40 23714-227 | silke.haertel@dvmedia.com

Anzeigenverkauf

Tim Feindt

+49 40 23714-220 | tim.feindt@dvmedia.com

Anzeigentechnik

Sabriyani Harun

+49 40 23714-263 | sabriyani.harun@dvmedia.com

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 58 vom 1. Januar 2022.

Vertrieb

Leiter Marketing & Vertrieb

Markus Kukuk

+49 40 23714-291 | markus.kukuk@dvmedia.com

Unternehmenslizenzen Digital/Print

lizenzen@dvmedia.com

Leser- und Abonnentenservice

Tel. +49 40 23714-260 | Fax +49 40 23714-243

kundenservice@dvmedia.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 Kün-
digung 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 personenbe-
zogene Nutzerlizenzierung) weiterzugeben.

Zusätzliche digitale Abonnements

Bezug auf Anfrage, gültig ist die Vertriebspreisliste
vom 01.01.2022.

Bezugsgebühren

Abonnement: Inland jährlich 314 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt.
| Ausland mit VAT-Nr. jährlich 351 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: 34,40 EUR inkl. MwSt.

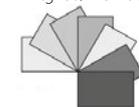
Layout: DVV Media Group / Matias Becker

Druck: Silber Druck oHG, 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 Thomas Preslmayr



Foto: FH St. Pölten

Thomas Preslmayr, Fachverantwortlicher Projektmanagement und Organisation Studienbetrieb, FH St. Pölten

✉ Mailen Sie mir Ihre Meinung
Jakob.Leissing@fhstp.ac.at

Bis zu 50 % mehr Bahnfahrergäste möglich, wenn der Ticketkauf einfacher wäre

Wie einfach sind grenzüberschreitende Bahnbuchungen in einem Europa, das auf Klimaschutz setzt? Zu kompliziert, meint Thomas Preslmayr vom Department Bahntechnologie und Mobilität der FH St. Pölten.



1 Sie sagen, dass in Europa weit mehr Fahrgäste bei grenzüberschreitenden Bahnfahrten möglich wären, wenn der Fahrkartenkauf einfacher wäre. Warum?

Unsere Studie hat gezeigt, dass ein Drittel der Kundinnen und Kunden an der Buchung internationaler Bahntickets scheitert. Gegenüber heute könnten funktionierende Ticketingsysteme ein Potenzial von bis zu 50 % mehr internationalen Bahnfahrergästen bedeuten.

2 Woran scheiterten die Buchungsversuche?

Für die Studie mussten 76 Probandinnen und Probanden 46 europäische Reiserouten mehrfach buchen – mal mit der Bahn, mal mit dem Flugzeug. Die Wahl des verwendeten Ticketshops stand den Teilnehmenden dabei frei. 20 europäische Ticketshops wurden in der Studie getestet. Von 152 Buchungen sind beim Flugzeug nur 5 am Buchungsprozess gescheitert – bei der Bahn jedoch 50. Das bedeutet eine 10-mal höhere Misserfolgsquote bei Bahnbuchungen im Vergleich zu Flugbuchungen. Die meisten Flugbuchungen waren dabei in 5 bis 10 Minuten abgeschlossen, die meisten Bahnbuchungen erst nach 15 bis 30 Minuten.

3 Woran liegt es, dass internationale Bahnbuchungen augenblicklich so kompliziert sind?

Die Gründe sind fehlende verbindliche Standards und nationale Besonderheiten in der Tariflandschaft. Teils veraltete Vertriebs- und Reservierungssysteme, unterschiedliche Tarifsystematiken und Tickets mit oder ohne Zugbindung erschweren das länderübergreifende Buchen. Für die Buchung internationaler Bahnfahrkarten sind heute Geduld, Fachwissen oder Hilfestellungen nötig. Darum bevorzugen Reisende trotz guter Verbindungen im Schienenverkehr oft doch aus Einfachheitsgründen das Flugzeug.

4 Gibt es Verbindungen, die einfach buchbar sind?

Grundsätzlich gilt, dass alle Direktverbindungen ab Österreich oder auch Umsteigeverbindungen von Österreich nach Deutschland gut buchbar sind. Schwierigkeiten bereiteten Umsteigeverbindungen in alle anderen Länder. Eine Häufung von Buchungsproblemen ist zu Zielen nach Süd- beziehungsweise Osteuropa zu sehen. Die Studienteilnehmenden nahmen Bahnbuchungen aber auch positiv in

Hinsicht auf Preistransparenz wahr, da im Gegensatz zu Flugbuchungen keine versteckten Gebühren auftreten. Internationale Bahnreisen wurden also als günstig wahrgenommen.

5 Der Internationale Eisenbahnverband setzt sich für den einheitlichen Standard OSDM ein. Was ist Ihre Einschätzung?

Der internationale Eisenbahnverband (UIC) hat einen gemeinsamen Standard entwickelt, der grenzüberschreitende Bahnbuchungen erleichtert. Einige Bahnen wie die ÖBB-Personenverkehr AG versuchen, die Situation proaktiv zu verbessern. ÖBB-Personenverkehr hat als eine der ersten Bahnen den neuen Standard OSDM implementiert. Damit lässt sich jetzt problemlos eine Fahrkarte von Wien nach Rom für eine untertags Fahrt, mit Umsteigen in Venedig, kaufen. Dies über einen Ticketshop zu buchen hatte davor in der Studie noch niemand geschafft. Auch die EU hat die Dringlichkeit des Problems erkannt und arbeitet an einer umfassenden, europaweiten Lösung. Die derzeitigen Verbesserungen sind nämlich leider nach wie vor Flickwerk, weil die Umsetzung freiwillig ist.

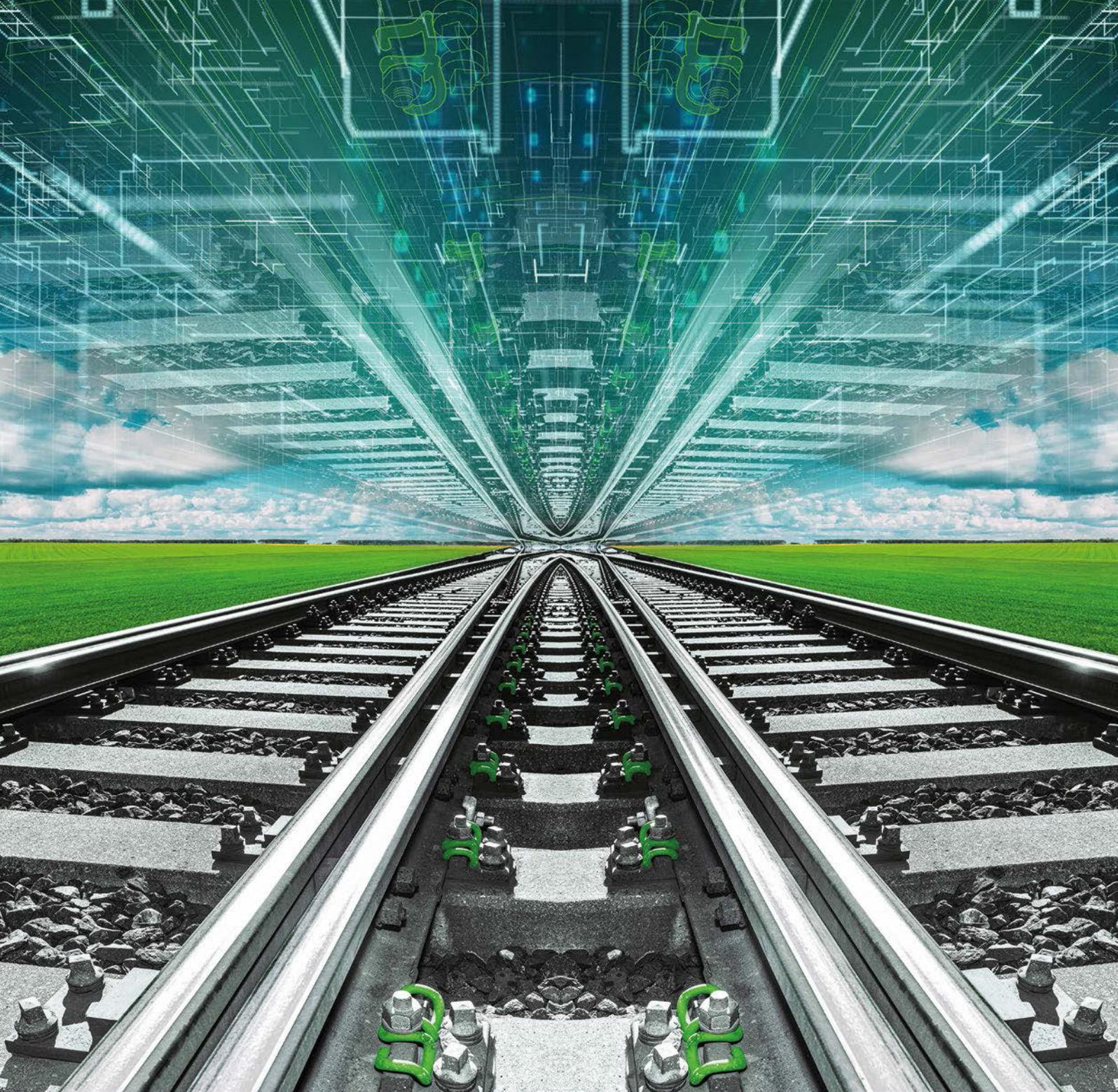


GROSSER BAHNHOF FÜR DIE ZUKUNFT DER MOBILITÄT

Eisenbahnen schonen das Klima. Seit 80 Jahren baut Stadler deswegen Bahnfahrzeuge, welche den Schienenverkehr attraktiver, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger machen. Damit sich noch mehr Fahrgäste für die Bahn entscheiden. Damit noch mehr Güter auf die Bahn gelangen. Damit die Verkehrswende gelingt.

Auf der InnoTrans 2022 zeigen wir Ihnen die Technologien, die schon heute massgeblich dazu beitragen: Digitale Vernetzung von Zügen und Strecken, nachhaltige Elektro-, Batterie- oder Wasserstoffantriebe. Kurz gesagt: Fahrzeuge mit maximalen Komfort. Wir bereiten der Zukunft der Mobilität einen grossen Bahnhof. Besuchen Sie uns und erfahren Sie mehr auf der InnoTrans 2022.

www.stadlerrail.com



enabling green mobility

Als ein weltweit führendes Bahntechnikunternehmen mit dem Fokus auf Bahninfrastruktur bereiten wir den Weg für zuverlässige, sichere und bedarfsgerechte Mobilität mit null Emissionen. Überzeugen Sie sich von unserer Expertise unter vossloh-topic-lounge.com.

Besuchen Sie uns:

InnoTrans | Berlin, 20. – 23. September 2022

Halle 26, Stand 975

vossloh-innotrans.com

vossloh
enabling green mobility



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

unter unserer **neuen Verlagsmarke TrackoMedia** finden Sie ab sofort alle Publikationen, die bisher bei PMC Media publiziert wurden. Damit ist der verlegerische Bereich unter dem Dach der GRT Global Rail Trust noch sichtbarer in den Themengebieten **Schieneverkehr und Bahntechnologie**.

Wir freuen uns, Ihnen in unserem neuen Flyer Herbst/Winter 2022/23 unsere Neuerscheinungen und einen Auszug aus unserem Verlagsprogramm zu präsentieren. Wir spezialisieren uns weiter auf die **Schiene mit allem was dazugehört, von ÖPNV bis Güterverkehr, von der Technik bis zur Betriebswirtschaft – eben das gesamte System Bahn**.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Stöbern!

Herzlichst,
Ihr Detlev Suchanek (Publisher)

Handbuch Erdbauwerke der Bahnen Planen, Bemessen, Bauen, Instandhalten, Ertüchtigen

NEU

Die überarbeitete und erweiterte Neuauflage des „Handbuch Erdbauwerke der Bahnen“ liefert eine **ganzheitliche Betrachtung des Tragsystems Oberbau – Unterbau – Untergrund** und berücksichtigt die aktuelle Fassung des Handbuch Ril 836 mit Stand 2022. Es ist eine **praxisorientierte Handlungsempfehlung und ein Nachschlagewerk** für alle am Neubau, dem Ausbau, der Ertüchtigung und der Instandhaltung von Eisenbahnstrecken beteiligten Fachleute.

3. überarbeitete und erweiterte Auflage Juli 2022, Hrsg. Claus Göbel, Klaus Lieberenz, Ulrike Weisemann, 750 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-244-5, Print mit E-Book Inside € 89,-*
www.trackoedia.com/erdbauwerke



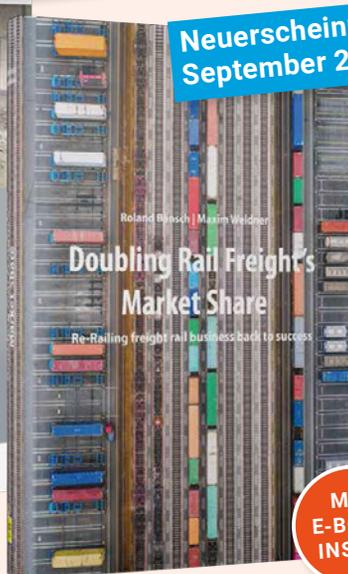
MIT
E-BOOK
INSIDE

! NEUERSCHEINUNGEN

Neuerscheinung
Oktober 2022



Neuerscheinung
September 2022



MIT
E-BOOK
INSIDE

Doubling Rail Freight's Market Share Re-Railing freight rail business back to success

Wie der Schienengüterverkehr **nennenswerte Marktanteile (zurück-)gewinnen** kann, zeigt dieses neue Buch. Das vorgeschlagene Paket skizziert einen **Weg zu nachhaltiger Wettbewerbsfähigkeit, der Möglichkeit eines stark erweiterten Schienengüterverkehrs** und einer noch dynamischeren Zukunft.

1. Auflage Sep. 2022, Autoren: Roland Bänsch, Maxim Weidner, ca. 150 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-252-0, Print mit E-Book Inside € 49,-*
www.trackoedia.com/rfmarket

Infrastrukturprojekte 2022 Bauen für die Starke Schiene

Zum siebten Mal gibt die Deutsche Bahn einen Einblick in die Investitionen zur Stärkung der Schiene. In Wort und Bild werden **ausgewählte Neubauprojekte der Deutschen Bahn** dokumentiert.

1. Auflage Okt. 2022, Hrsg. DB Netz AG, ISBN 978-3-96245-253-7, ca. 120 Seiten, Hardcover, Print € 39,-*

Diesen und weitere Titel aus der Medienpartnerschaft zwischen TrackoMedia und der Deutschen Bahn finden Sie unter www.trackoedia.com/dbbuch

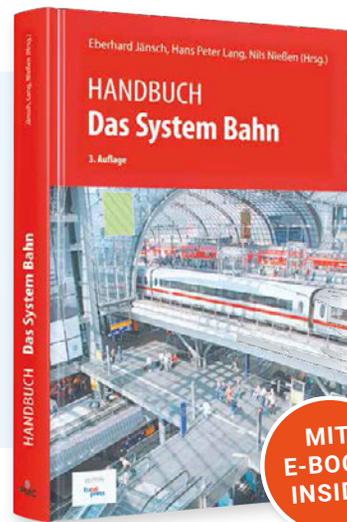
* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

Handbuch Das System Bahn

Die 3. Auflage des „Handbuch Das System Bahn“ in der **grundlegenden Neufassung** informiert mit einer **ganzheitlichen Systembetrachtung** durch erfahrene Fachexperten. Zu den aktuellen Themen gehören **neue EU-Richtlinien** und Planungsabläufe, **Building Information Modeling**, **Schienerfahrzeuge**, **Fahrzeug-Instandhaltung**, **Sicherheit im Bahnbetrieb** und **HGV-Systeme**.

3. Auflage 2021, Hrsg. Eberhard Jänsch, Hans Peter Lang, Nils Nießen,
800 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-224-7, Print mit E-Book Inside € 99,-*
www.trackomedia.com/systembahn

 **HIER BESTELLEN:**
www.trackomedia.com



**MIT
E-BOOK
INSIDE**



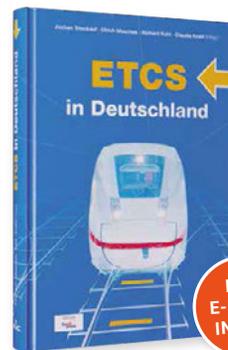
**GRUND-
LAGENWERK**

**MIT
E-BOOK
INSIDE**



**GRUND-
LAGENWERK**

**MIT
E-BOOK
INSIDE**



**MIT
E-BOOK
INSIDE**

Handbuch Eisenbahnbrücken

Die wichtigsten Kriterien für die **Erarbeitung und Beurteilung eines Brückenentwurfs**. Besondere **Schwerpunkte: Oberbau und die Ausrüstung auf Brücken**.

2. Auflage 2017, Autoren: Tristan Mölter, Rolf H. Pfeifer, Michael Fiedler, 752 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-154-7, Print mit E-Book Inside € 96,-*
www.trackomedia.com/eisenbahnbruecken

Auch erhältlich als:

E-Book only **Einzelkapitel**

Handbuch Entwerfen von Bahnanlagen

Alle notwendigen Informationen und Tipps zu **Linienführung, Oberbau, Eisenbahnbrückenbau, Erdbau, Tunnelbau, Bahnübergängen, Containerterminals, Schall- und Erschütterungsschutz** und weiteren Themen.

3. Auflage 2015, Autoren: Hartmut Freystein, Martin Muncke, Peter Schollmeier, 816 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-040-3, Print mit E-Book Inside € 99,90*
www.trackomedia.com/bahnanlagen

Auch erhältlich als:

E-Book only **Einzelkapitel**

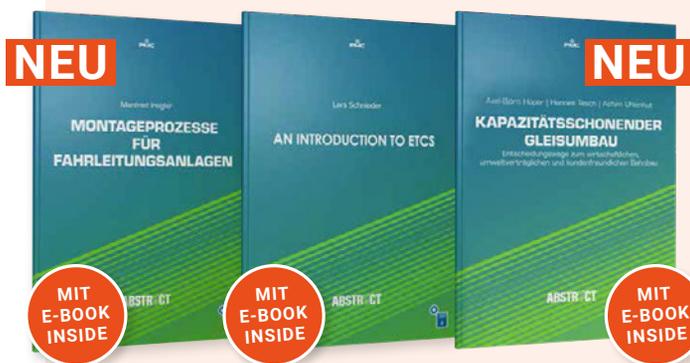
ETCS in Deutschland

Ein **umfassender Einblick in das European Train Control System** allgemein sowie dessen Realisierung in Deutschland: von den europäischen Spezifikationen über die deutschen Lastenhefte bis zur Planung von ETCS.

1. Auflage 2020, Hrsg. Jochen Trinckauf, Ulrich Maschek, Richard Kahl, Claudia Krahl, 424 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-219-3, Print mit E-Book Inside € 79,-*
www.trackomedia.com/etcsdeutschland

Kurz – Prägnant – Praxisnah

ABSTRACT: Die kompakte Buchreihe



Kapazitätsschonender Gleisumbau

Entscheidungswege zum wirtschaftlichen, umweltverträglichen und kundenfreundlichen Bahnbau

1. Auflage Sep. 2022, Autoren: Axel-Björn Hüper, Hannes Tesch, Achim Uhlenhut, ca. 80 Seiten, Paperback, ISBN 978-3-96245-251-3, Print mit E-Book Inside € 39,-*
www.trackomedia.com/gleisumbau

An Introduction to ETCS

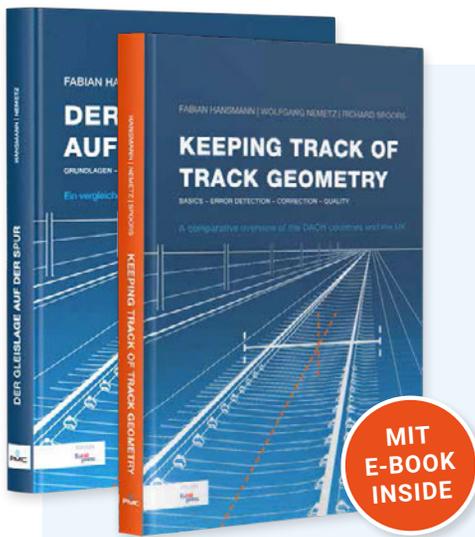
1. Auflage 2020, Autor: Lars Schnieder, 88 Seiten, Paperback, ISBN 978-3-96245-218-6, Print mit E-Book Inside € 29,-*
www.trackomedia.com/introetcs

Montageprozesse für Fahrleitungsanlagen

1. Auflage 2022, Autor: Manfred Irsigler, 217 Seiten, Paperback, ISBN 978-3-96245-240-7, Print mit E-Book Inside € 39,-*
www.trackomedia.com/montagefahrleitung

Zum Teil auch erhältlich als: **E-Book only**

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand



Keeping Track of Track Geometry

Basics – Error Detection – Correction – Quality:

A comparative overview of the DACH countries and the UK

Keeping Track of Track Geometry liefert Ihnen einen **tiefen Einblick in den gesamten Stopfprozess unter Berücksichtigung der einschlägigen Regelwerke.**

1. Auflage 2021, Autoren: Fabian Hansmann, Wolfgang Nemetz, Richard Spoor, 224 Seiten, Hardcover, Sprache: Englisch, ISBN 978-3-96245-225-4, Print mit E-Book Inside € 59,-*
www.trackoedia.com/trackgeometry
 Die **deutschsprachige Ausgabe „Der Gleislage auf der Spur“** erhalten Sie ebenfalls für € 59,-*.
Mehr Infos: www.trackoedia.com/gleislage
Jetzt auch auf japanisch lieferbar! Mehr Infos: www.trackoedia.com/trackgeometryjap

Zum Teil auch erhältlich als: **E-Book only**



Grundwissen Personenverkehr und Mobilität

Prozesse der betrieblichen und **betriebswirtschaftlichen Leistungsplanung und Leistungserstellung** in Unternehmen des ÖPNV.

1. Auflage 2021, Hrsg. VDV Akademie (Michael Weber-Wernz), 432 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-238-4, Print mit E-Book Inside € 79,-*
www.trackoedia.com/personenverkehr

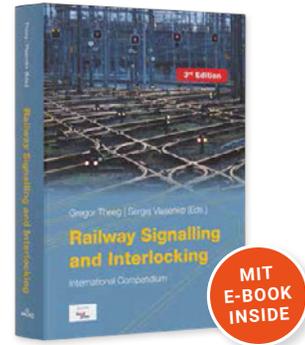


Handbuch Schienenfahrzeuge

Das Buch liefert das **komplette Systemwissen über Schienenfahrzeuge.** Mit Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik, Fahrzeugkonzepten, Auslegungsrahmen für Fahrzeuge und vielem mehr.

1. Auflage 2014, Hrsg. Christian Schindler, 576 Seiten, Hardcover, Sprache: Englisch, ISBN 978-3-96245-052-6, Print UVP € 59,-*
www.trackoedia.com/schienenfahrzeuge

Auch erhältlich als:
E-Book only Einzelkapitel



Railway Signalling and Interlocking International Compendium

Grundlagen und heutige Situation der internationalen Eisenbahnsignaltechnik und Zugsicherungssysteme.

3. Auflage 2019, Hrsg. Gregor Theeg, Sergej Vlasenko, 552 Seiten, Hardcover, Sprache: Englisch, ISBN 978-3-96245-169-1, Print mit E-Book Inside € 79,-*
www.trackoedia.com/signalling

Auch erhältlich als:
E-Book only

Weitere Aktivitäten in der GRT-Gruppe

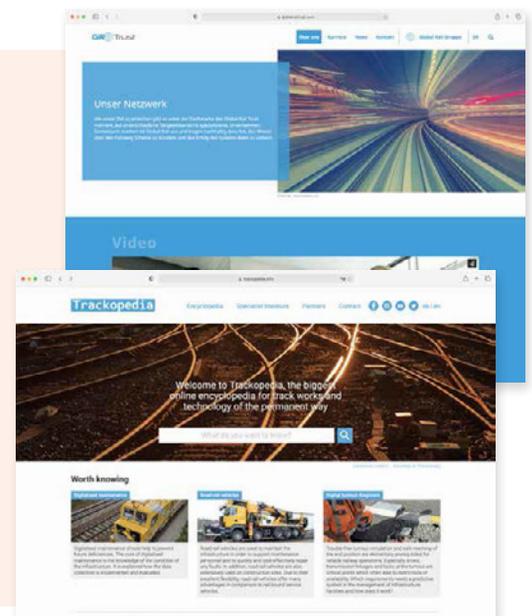
Die Global Rail Trust Gruppe treibt den Erfolg des Systems Bahn durch Wissensvermittlung und Beratungsleistungen voran. **Wir fördern Wachstum und Innovation von lokalen, regionalen und globalen Bahninfrastrukturbetreibern.** In Zusammenarbeit mit Originalherstellern, Lieferanten, Baufirmen und Infrastrukturbetreibern sichern, bündeln und vermitteln wir relevantes Fachwissen zur Innovation und Weiterentwicklung eines nachhaltigen, weltweiten Bahnsystems.

www.globalrailtrust.com

Das **Online Portal Trackopedia** bietet lexikonartig umfangreiches und fundiertes Wissen zu den Themen Gleisbau und Fahrwegtechnologie.

Das **komplett kostenlose** Portal kann auf **deutsch und auf englisch** genutzt werden.

www.trackopedia.com



* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO)

Die 6. Auflage des Kommentars zur Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung ist das **wichtigste Regelwerk für die Sicherheit und Ordnung des Eisenbahnbetriebs.**

6. Auflage 2020, Hrsg. Klaus-Dieter Wittenberg, Alexander von Lüpke, Frank Zwanziger, Horst-Peter Heinrichs, 576 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-220-9, Print mit E-Book Inside € 89,-*
www.trackomedia.com/ebokommentar



MIT E-BOOK INSIDE



MIT E-BOOK INSIDE

Kompodium Schienenfahrzeuginstandhaltung

Technologien, Methoden und Prozesse der modernen Instandhaltungstechnik von Schienenfahrzeugen

1. Auflage 2019, Autor: Wolfgang Rösch, 80 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-197-4, Print mit E-Book Inside € 42,-*
Auch auf Englisch erhältlich.
www.trackomedia.com/fahrzeuginstand



MIT E-BOOK INSIDE

Optimisation of Mechanised Maintenance Management

Optimierungsvorschläge für die Instandhaltung der Infrastruktur

1. Auflage 2019, Autor: Leon Zaayman, 280 Seiten, Hardcover, Sprache: Englisch, ISBN 978-3-96245-165-3, Print mit E-Book Inside € 68,-*
www.trackomedia.com/optimisation-maintenance

Auch erhältlich als:
E-Book only



E-BOOK ZUM DOWN-LOAD

Rolling Stock in the Railway System

Die derzeit **umfassendste Beschreibung der gesamten Schienenfahrzeugtechnik**: vom Bau bis zum Betrieb, von der historischen Entwicklung bis zum aktuellen Stand der Technik.

1. Auflage 2020, Hrsg. Éric Fontanel, Reinhard Christeller, gesamt 1516 Seiten, Sprache: Englisch, Gesamtwerk in 3 Bänden, Einzelbände erhältlich als E-Books zu je € 69,-*
www.trackomedia.com/rollingstock

Unsere E-Books

Trackomedia E-Books sind Bücher in digitaler Form. Sie liefern Nutzern eines Endgeräts mit PDF-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion.

MIT E-BOOK INSIDE

E-BOOK ZUM DOWN-LOAD

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand
 Solange der Vorrat reicht

Alle unsere Bücher erhalten Sie auch über den Buchhandel.

HIER BESTELLEN:
www.trackomedia.com

BESTELLSCHEIN

 Firma/Name, Vorname

 Straße/Nr./PLZ/Ort/Land

 E-Mailadresse

 Telefon/Fax

Ich bestelle hiermit folgende Buchtitel:

Expl.	Buchtitel	ISBN	Preis*

* Die Buchpreise gelten inkl. MwSt, zzgl. Versandkosten.

Coupon einsenden oder faxen an: +49 40 228679-503
 GRT Global Rail Academy and Media GmbH | Trackomedia
 Kundenservice | D-74590 Blaufelden
 Telefon:+49 7953 718-9092 | E-Mail: office@trackomedia.com

 Datum

 Unterschrift