



**Vielfalt.  
Weitergedacht.**



**DB Bahnbau Gruppe**



# DER **EI** EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT  
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

Euro 28,94 | September 2022

09 | 22

## **ICE 3neo –**

Neues Flottenmitglied  
im Hochgeschwindigkeitsverkehr

## **Schienenfahrzeuge –**

Schweißen an  
additiv gefertigten Bauteilen

## **Fahrtwegmonitoring –**

Fehlerdetektion mittels  
magnetischer Streuflussprüfung

## **Geotechnik –**

Automatisierte Auswertung  
von GPR-Messungen

## **Oberbaumaschinen –**

Alternative Energieversorgung  
und CO<sub>2</sub>-Reduktion

**Das große Messeheft  
zur InnoTrans**

HERAUSGEBER  
VERBAND DEUTSCHER  
EISENBAHN-INGENIEURE E.V.

**VDEI**

# 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](http://www.spitzke.com)

## » Speed – Ein Kernthema unserer Eisenbahnentwicklung «

Dipl.-Ing. Dr. techn. Jochen Holzfeind, EMBA,  
Managing Director, CTO, voestalpine Railway Systems



# Time2Market – Ein Schlüssel unserer Attraktivität

Aktueller denn je positioniert sich die Bahn als ein potenzielles Verkehrsmittel der Zukunft. Das Momentum der aktuellen Gegebenheiten, das Bekenntnis in Richtung umweltschonender Mobilität und die Sensibilisierung für nachhaltiges Ressourcenmanagement gibt der Bahn eine neue Chance. Der umweltschonende, effiziente und effektive Betrieb der Eisenbahn verschafft ihr eine gute Ausgangsposition. Der Vorteil bestehender Infrastruktur, die Effizienz des Stahl-auf-Stahl-Kontaktes, der Betrieb mit grüner Energie sowie die jahrhundertelange Erfahrung, im System sicher und pünktlich zu liefern, sprechen für die Bahn. Die Attraktivität gegenüber anderen Verkehrsmitteln wie Flugzeug, Automobil bzw. neuen alternativen Technologien muss sich die Bahn jedoch erst erhalten und mehr noch: Wir müssen sie weiter ausbauen und dürfen nicht im Sein verbleiben.

Unserer aller europäischen Innovationskraft haben wir es zu verdanken, dass europäische Ingenieurkunst weltweit gefragt und geschätzt ist. Das macht Europa stark und erfahren im Eisenbahnsektor. Nicht selten gelten die in Europa erarbeiteten Regelwerke und Technologien als Benchmark und Vorlage für Bahnen in anderen Teilen der Welt, z. B. Asien. Im globalen Wettbewerb ist dies immer wieder eine wichtige und wertvolle Komponente. Unsere Verantwortung ist es, auch zukünftig diese Innovationskraft zu fördern und zu fordern! Wir müssen uns den Freiraum gemeinsamer Entwicklungen schaffen und erlauben. Eine praxisnahe Forschung und Entwicklung liefert zielgerichtete Ergebnisse. Europäische Forschungsprogramme wie z. B. „Shift2Rail“ und auch dessen Nachfolgeprogramm „Europe's Rail“ adressieren die übergreifende Forschung im Sektor Bahn und bieten eine wertvolle Plattform zum technischen Austausch für Betreiber, Wissenschaft und Industrie.

Von der Idee bis zum Roll-out einer Infrastrukturentwicklung vergehen nicht selten zehn Jahre. Ein Großteil der Zeit wird durch notwendige und wichtige

Labor- und Felderprobungen eingenommen. Diesen Time2Market-Anteil müssen wir deutlich reduzieren, um wertvollen Entwicklungen die Chance einer schnellen, wertschöpfenden Wirkung zu ermöglichen. Heute schon im Einsatz befindliche Modellierungs- und Simulationsmethoden ermöglichen eine sehr konkrete physikalische Abbildung von Komponenten und Teilsystemen sowie deren Wechselwirkung aufgrund aufgebrachter Beanspruchungen. Ergebnisse aus diesen Simulationen sind aufgrund der klar definierbaren Bedingungen oft zuverlässiger als jahrelange Versuchsabschnitte unter nicht bekannten, nicht beeinflussbaren bzw. sich ändernden Randbedingungen.

Ein wesentlicher Vorteil der virtuellen Unterstützung ist der Zeitfaktor. Kumulierte Belastungen und Beanspruchungen können in wesentlich kürzerer Zeit aufgebracht und simuliert werden – die Zeitschiene läuft einfach schneller. Unterschiedliche Szenarien und Varianzen sind möglich und erhöhen damit die Aussagekraft der Ergebnisse deutlich. Abweichungen können durch virtuelle Sensoren überall im System exakt vermessen und kontinuierlich dokumentiert werden. Basierend darauf können Dimensionierungen und Konzeptionen von Komponenten und Systemen vorgenommen und optimiert werden.

Arbeiten wir so gemeinsam an der laufenden Weiterentwicklung des Systems Bahn mit dem Fokus auf dessen Wettbewerbsfähigkeit und Attraktivität.

EDITORIAL



Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Pospischil, Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Pandemie hat zwar das öffentliche Leben teilweise lahmgelegt, jedoch wurde die Entwicklungseuphorie der Hersteller und Zulieferer im Eisenbahnwesen nicht gebremst oder gar gebrochen. Daher ist es nun nach einigen Verschiebungen endlich wieder soweit: Die Eisenbahn-Fachwelt trifft sich wieder in Berlin zur größten Eisenbahnausstellung und -messe der Welt. Dass Berlin und damit Deutschland weiterhin Gastgeber dieser Messe ist, zeigt nicht nur die Stärke und Größe des Wirtschaftssektors Eisenbahn in Deutschland, sondern auch die bisherige Vorreiterrolle Deutschlands in der Welt der Bahnen. Diese Stellung dürfen wir jedoch nicht verlieren. Die Ergebnisse einer Verkehrspolitik mit drastischen Einsparmaßnahmen im Eisenbahnbereich der letzten Jahrzehnte sind uns in diesem Jahr deutlich gezeigt geworden. Ein Umdenken in Politik und Gesellschaft um 180 Grad muss konsequent (auch aus ökologischen Gründen) durchgezogen und unterstützt werden, um die wesentliche Rolle Deutschlands auch weiterhin ohne Zweifel auszufüllen.

Diese Ausgabe ist von ihren Themen genauso vielfältig aufgestellt wie die InnoTrans. Ich wünsche Ihnen daher eine informative Lektüre, einen spannenden Messeaufenthalt mit vielen neuen Kontakten, Eindrücken und Ideen und freue mich, Sie in Berlin begrüßen zu dürfen! Bleiben Sie gesund,  
Ihr



44



XX



119

**Vielfalt.  
Weitergedacht.**

**EI**  
**DER EISENBahn**  
**INGENIEUR**

INTERNATIONALE INGENIEURFIRMEN FÜR SCHIENENBAU & INFRA

09 | 22

**ICE-Züge**  
Neue Generation der Hochgeschwindigkeitszüge

**Schiene & Straße**  
Integrierte Verkehrsleistungen

**Fahrwegverbesserung**  
Integrierte Verkehrsleistungen

**Geschäfts- & Ausstattungsleistungen**  
von der Baustelle bis zum Kunden

**Überbauarbeiten**  
von der Baustelle bis zum Kunden

DB Bahnbaugruppe

**Text zur Titelanzeige:**  
Die DB Bahnbaugruppe GmbH erbringt als Infrastrukturdienstleister Bau- und Instandhaltungsleistungen und konzentriert sich ebenfalls auf Recycling und alternative Energiesysteme. Unter dem Motto „Vielfalt. Weitergedacht.“ entwickelt das Unternehmen stetig Ideen und Produkte für eine nachhaltigere und zukunftsfähige Bahninfrastruktur.

### STANDPUNKT

Jochen Holzfeind

- 03 Time2Market – Ein Schlüssel unserer Attraktivität**

### INNOTRANS

Christoph Müller

- 06 InnoTrans 2022: Restart nach vierjähriger Zwangspause**

- 10 Die Eurailpress-Messevorschau zur InnoTrans 2022**

### FACHBEITRÄGE

Melanie Germann | Stefan Ventoruzzo |  
Stefan Wingenfeld | Mirjam Dittmer

- 44 Wie beschafft man einen ICE in Rekordzeit?**

Michael Schüßler | Karsten Gerloff

- 52 Intelligente und datensparsame Videoüberwachung in Passagierzügen**

Stefan Schubert | Dirk Fischer | Stephan Schultze

- 56 Messtechnische Ermittlung des realen Lichtraumbedarfs**

Thorsten Voigt | Thoralf Grafe | Toni Ehrig

- 60 Wagenkasten-Strukturprüfung am neuen Dresdner Straßenbahnfahrzeug**

Frank Pickardt

- 68 Schweißen an additiv gefertigten Bauteilen im Schienenfahrzeugbau**

Erik Siegemund

- 72 Der entschlossene Weg zur zertifizierten ECM**

Christopher Sandner | Burchard Ripke |  
Joseph Feng | Manfred Zacher

- 78 Detektion und Bewertung von Störstellen am Fahrbahnsystem**

Georg Gabler | Norman Krumnow

- 86 Behandlung von Rissen und Abplatzungen bei Spannbetonschwellen**

Mathias Luther | Katrin Mädler | Jürgen Reinhardt

- 92 Zum Zusammenhang von Schienenschleifen und Serienschwelts**

Richard Stock | Rolf Herter

- 98 Neue Messtechnologie zur Bestimmung rissartiger Oberflächenfehler**

Gerald Zauner | Thomas Harfmann

- 102 Automatisierung der Auswertung von Messungen mit Georadar**

Dirk Wegener | Thomas Neidhart |  
Stephan Jung | Christian Hotz

- 106 Dynamische Stabilität von bindemittelstabilisierten Erdbauwerken**

Karsten Beckhaus

- 114 Mixed-in-Place-Fahrwegtiefergründung**

Rainer Kretzschmar | Sven Mattuschka

- 119 Hilfsbrückeneinbau aus vermessungstechnischer Sicht**

Bernhard Lichtberger

- 124 Nachhaltige Antriebe für Oberbaumaschinen**

Ilma Bojadzic | Roman Wangelow

- 132 Second-Life-Batteriespeichersysteme für eine klimaverträgliche Zukunft**

Roland Bänsch | Maxim Weidner | Jaizki Mendizabal |  
Julio Galipienzo | Arne Henning | Benjamin Baasch |

Nicolai Schmauder | Robert Winkler-Höhn |  
Christian Gomes Alves | David Krüger | Mathilde Laporte

- 138 CFW – Schienengüterverkehrskonzept von morgen**

Ulrike Weisemann | Andreas Schemmel

- 146 13. Tiefbaufachtagung der VDEI-Akademie für Bahnsysteme**

### RUBRIKEN

- 149 Veranstaltungen | Bahn-Nachrichten**

- 157 Personalia**

- 160 Impressum**

- 161 Rail-Web-Weiser**

- 164 Industrie-Report**

### VDEI

- 165 VDEI-Veranstaltungen**

- 168 VDEI-Nachrichten**

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



InnoTrans 2022  
 20 – 23 September · Berlin



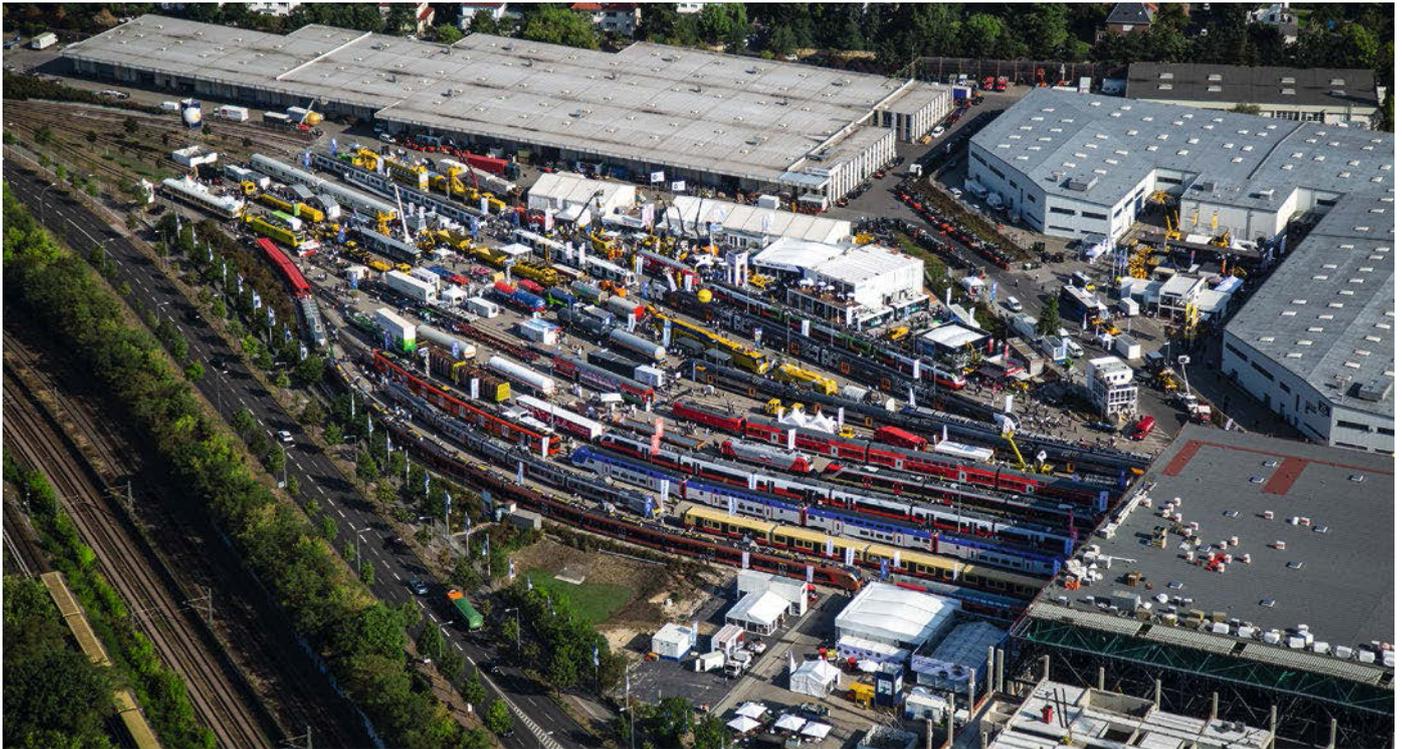
**Eurail  
 press**  
 Halle 4.2 | Stand 335

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

# 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.



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

Quelle aller Abb.: Messe Berlin

## CHRISTOPH MÜLLER

**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 m<sup>2</sup> 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 Tatragónka 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 ergän-

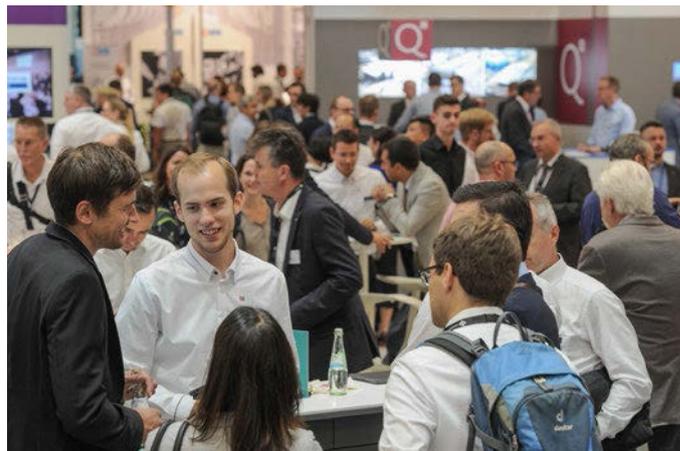
zenden Mobilitätsangeboten eine Plattform. Messebesucher können einige der Lösungen direkt für ihren Weg zum Messegelände oder in die Berliner City ausprobieren.

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 InnoTransPlus unter Events.

### **Eröffnung mit Bundesminister Wissing**

Die InnoTrans wird am Dienstag um 10 Uhr offiziell im Palais.Berlin eröffnet. Die etwa 1000 Gäste werden von Volker Wissing, Bun-



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.

desminister 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 Poupart-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)



Auch diesmal ist die InnoTrans in fünf Segmente gegliedert: Railway Technology, Railway Infrastructure, Public Transport, Interiors und Tunnel Construction.

- 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 Passagiererlebnis 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 international 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 ermög-

licht, 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 als 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 vor-

gestellt. 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, die auch die Fachzeitschriften EI – DER EISENBAHNINGENIEUR und ETR – EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU verlegt, vertrieben. Aussteller der InnoTrans erhalten sie zum Vorzugspreis. Die Studie wird am Dienstag um 13 Uhr auf dem INIFE-Stand Halle 27/Stand 660 von Henri Poupert-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. ■



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



**ATLAS·EBAG·AMF**  
HANNOVER  
BAUMASCHINEN + FAHRZEUGBAU

**#VERKAUF + VERMIETUNG + SERVICE**

- ATLAS Zweiwegebagger – NEW GENERATION
- SKL-Gleisbauanhänger inkl. Schottermulde
- alle gängigen Anbauwerkzeuge – sofort verfügbar

ATLAS Hannover Baumaschinen GmbH & Co.  
Bremer Straße 6 | 30880 Laatzen  
Fon: 05102 700 40  
info@atlas-hannover.de  
www.atlas-hannover.de

EBAG Baumaschinen GmbH & Co. KG  
An der Sülze 17 | 39179 Barleben  
Fon: 039203 898 60  
info@ebag-baumaschinen.de  
www.ebag-baumaschinen.de

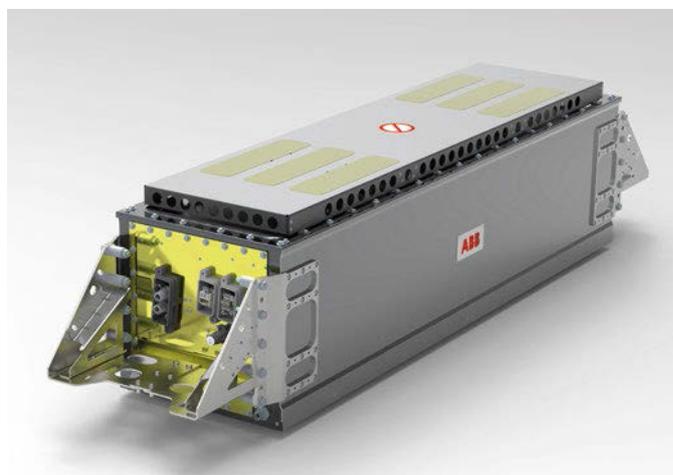
... weitere Standorte: Braunschweig, Stendal & Blankenburg

# 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 EI 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 langlebteste. 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.



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

Quelle: ABB

[www.abb.com](http://www.abb.com)

Halle 9/Stand 325



### INNOVATIVER LÄRMSCHUTZ

Wir geben dem Lärmschutz seit mehr als 40 Jahren entscheidende Impulse! FONOCOCON Lärmschutzsysteme bieten innovative und flexible Lösungen für den Bahnmarkt.

**Forster Metallbau Gesellschaft m.b.H.**  
 3340 Waidhofen/Ybbs • Weyrer Straße 135  
 +43 7442 501-0 • [fonocon@forster.at](mailto:fonocon@forster.at) • [www.forster.at](http://www.forster.at)



20. - 23. SEPTEMBER · MESSE BERLIN  
 Wir präsentieren Ihnen unsere innovativen Schallschutzlösungen in  
**Halle 26 | Stand 570**





## 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](https://vossloh-topic-lounge.com).

Besuchen Sie uns:

**InnoTrans** | Berlin, 20. – 23. September 2022

Halle 26, Stand 975

[vossloh-innotrans.com](https://vossloh-innotrans.com)

**vossloh**  
enabling green mobility

## Atron connects – intelligente Lösungen für den ÖPNV

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 Kundeninformationszentren mit brow-

serbasiertem 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](http://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 18 °C.

[www.beam.de](http://www.beam.de)

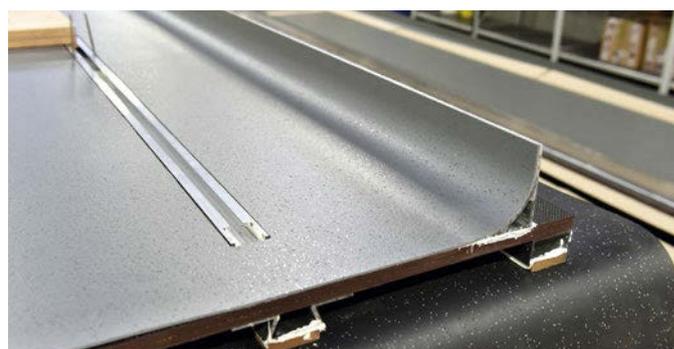
Halle 6.2/Stand 125

## 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/m<sup>2</sup> 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.

[www.bellottispa.com/en](http://www.bellottispa.com/en)

Halle 3.1/Stand 660



Fußbodensystem von Bellotti

Quelle: Bellotti



*we will present our latest products at the InnoTrans 2022 in Berlin*

*To find out more, please visit Wabtec Hall 1.2 / Booth 210*



**Wheel-rail contact redefined**

Materials Services | Materials Germany

# Wir gestalten Zukunft.

InnoTrans  
Halle 24,  
Stand 320

## Fahrwege der Generation von morgen

Die hohen Anforderungen im täglichen Zugbetrieb zu erfüllen sind Aufgabe unserer Generation und besonders die der nächsten. Unter Nachhaltigkeit verstehen wir: zuverlässige Fahrwege, die wartungsarm und belastbar sind sowie auch den Umweltafordernungen gerecht werden. Dafür entwickeln unsere Ingenieure langlebige, modulare Schienen- und Schwellensysteme, die einem hohen Verkehrsaufkommen standhalten. Wir von thyssenkrupp Schulte, Bereich Oberbau gehen diesen Weg gerne mit Ihnen.

Kontaktieren Sie uns:  
[www.thyssenkrupp-schulte-oberbau.de](http://www.thyssenkrupp-schulte-oberbau.de)

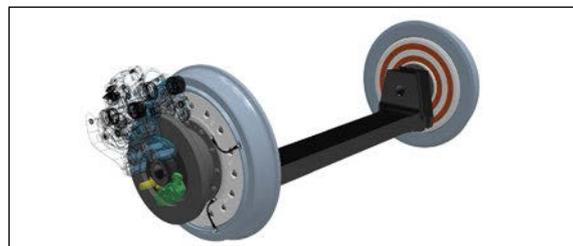
engineering.tomorrow.together.



thyssenkrupp

## BVV: Leichter innovativer Losradsatz für Stadt- und Straßenbahnen

Die Bochumer Verein Verkehrstechnik (BVV) hat einen besonders leichten und die 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.



Leichter BVV-Losradsatz

Quelle: Bochumer Verein Verkehrstechnik

[www.bochumer-verein.de](http://www.bochumer-verein.de)

Halle 21/Stand 54

## 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-Beschickungssystem

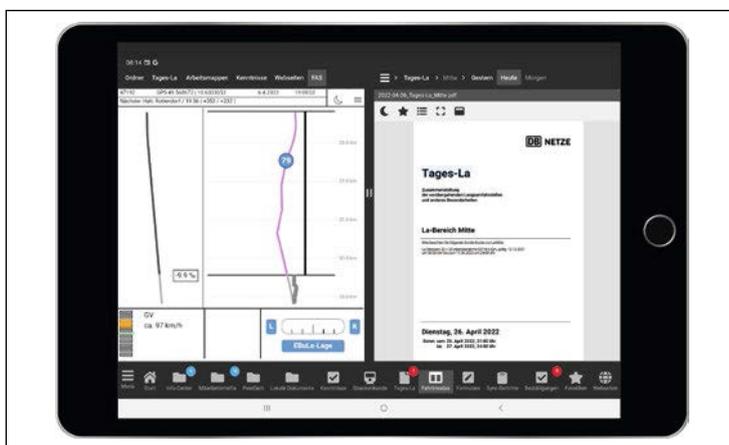
angeboten werden. Die ÖBB nutzen die Spritzanlage Pacific zur Reinigung von Drehgestellen, Radsätzen und Rahmen sowie die Spritz-Flut-Anlage Niagara zur Reinigung von Lagern und Lagergehäusen. Bei allen Anlagen wird der Verschmutzungsgrad der Reinigungsflüssigkeit permanent durch die Messung der Lichtabsorption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

[www.bvl-cleaning.com/rail](http://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 den europäischen Schienenverkehrsmarkt entwickelt und betrieben wird.



Leader4DiLoc als integraler Bestandteil des Splitscreens

Quelle: CN-Consult

Mit dem neuen Flottenmanager DiLoc|OnBoard erhält die Zentrale mittels Online-Anbindung 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 Mobilfunk-

netz jederzeit problemlos zwischen Fahrzeug und Landseite ausgetauscht werden.

[www.cn-consult.eu](http://www.cn-consult.eu)

Halle 2.1/Stand 840



**Besuchen Sie uns auf der InnoTrans 2022 in Halle 5.2 | 774**

GEO DIGITAL für ELITECAD 15

Softwarelösungen für die Planung  
schienengebundener kommunaler Verkehrswege

GEO DIGITAL GmbH | Vogelsanger Weg 80 | 40470 Düsseldorf | [www.geodigital.de](http://www.geodigital.de)

## 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.

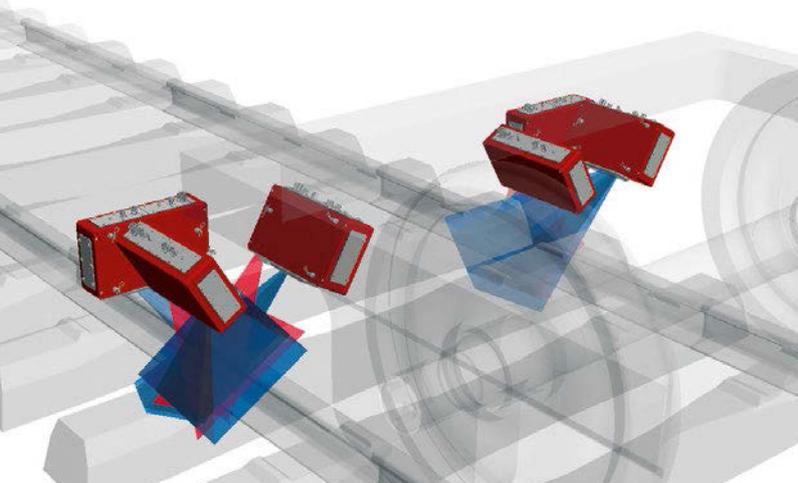
[www.corys.com](http://www.corys.com)

Halle 3.2/Stand 400 D7



Transportabler Simulator

Quelle: Corys



## bvSys Fahrweg-Inspektion

Thema InnoTrans 2022:  
ProfileCheck – Evolution des Standards

### Thema ProfileCheck – die Evolution des Standards

ProfileCheck ist ein hochpräzises optisches Messsystem zur berührungslosen Schienenvermessung.

Das System zeichnet sich aus durch:

- Skalierbare Geschwindigkeit bis 320 km/h
- Leichte Integrierbarkeit, da geringer Platzbedarf sowohl unter als auch im Fahrzeug
- Hohe Messgenauigkeit
- Modulares Konzept
- Offenes System; dadurch leichte Adaption an landesspezifische Datenbanksystem bzw. zentrale Datenerfassung auf den Fahrzeugen
- Geringer Wartungsaufwand

Informieren Sie sich auf unserem Stand auch über die Vorzüge unserer anderen Systeme für die Fahrweginspektion

Besuchen Sie uns auf der InnoTrans 2022  
Freigelände Süd, Stand T05/60



**bvSys**  
BILDVERARBEITUNGS SYSTEME



**bvSys Bildverarbeitungssysteme GmbH**

Alle Informationen zu unseren Systemen: [www.bvsys.de](http://www.bvsys.de)

## 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/](http://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](http://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](http://www.edilonsedra.com)

Halle 25/Stand 570

## Escha: Konfektionierter und umspritzter Ventilstecker

Der deutsche Anschlusspezialist 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 (Schock, 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](http://www.escha.net)

Halle 12/Stand 250

Konfektionierter und umspritzter Ventilstecker

Quelle: Escha

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



Foto © H. Krille

CN  CONSULT



## DiLoc<sup>®</sup> | Sync

Einfach. Alles. Dabei.

# Machen Sie mehr aus Ihrem Fahrplan!

- Elektronischer Buchfahrplan und La
- Integration von Fahrerassistenzsystemen
- Zugriff auf alle relevanten Informationen zur Fahrt

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<sup>®</sup>  
Certification

## Geo digital: Neue Features u.a. für Geopac

Auf einem Gemeinschaftsstand mit der Muttergesellschaft IB&T Software GmbH (card\_1) präsentiert 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 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  $\geq 250$  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](http://www.geodigital.de)

Halle 5.2/Stand 774



### Digitalisierung von Bahnbaustellen mittels Cloudlösung Minimel Web Uplink

- Standortunabhängige Überwachung (PC/Tablet/Smartphone)
- Kompakt, unscheinbar, nachrüstbar
- Effizienter Warnsystembetrieb
- Betriebsdaten für statistische Auswertungen



[www.schweizer-electronic.com](http://www.schweizer-electronic.com)

safety on tracks

## GTR: Kopfverglasungen für höchste Anforderungen

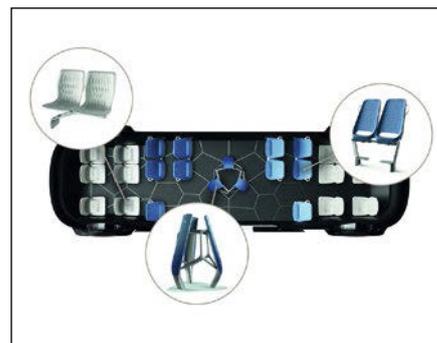
Glas Trösch Rail (GTR) bietet hochwertige und durch Ecovadis nachhaltigkeitszertifizierte Kopfverglasungen für Schienenfahrzeuge aller Kategorien. Das vielseitige Produktportfolio erfüllt durch hochelastischen und reißfesten Splitterschutz höchste Ansprüche. Die integrierten Scheibenheizungen (Drahtheizung 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](http://www.glastroesch.com/rail)

Halle 1.1/Stand 630

## Grammer: Neue Sitzideen

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 Querstrebe 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](http://www.grammer.com)  
Halle 1.1/Stand 610

Die verschiedenen Modelle der neuen Produktfamilie Ubility One  
Quelle: Grammer

## 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/m<sup>3</sup>. 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](http://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 Neuerungen im zentralen Modul Mobile-Flex sind 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 neuesten Generation des bewährten PC-basierten Bordrechners. Die IT- und Kommunikationsplattform fürs Fahrzeug setzt mit einem leistungsstarken Prozessor unter dem Betriebssystem

tem Windows10 IoT Enterprise und einer erweiterten Speicherkapazität in puncto Performance neue Maßstäbe, ermöglicht neue Bedienkonzepte und zusätzliche Funktionalitäten wie Internetzugang. 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](http://www.initse.com)

Halle 2.1/Stand 440

## INNOVATION MIT ZUKUNFT!

Verbesserung der Gleisstabilität in Gleisbögen mit kleinen Radien

DR. PLICA INGENIEURE  
PARTNERSCHAFT FÜR BAUWESEN

**Leonhard Moll**  
Betonwerke

Besuchen Sie uns auf  
der InnoTrans 2022  
Halle 5.2/Stand 310

Produkt: Zwillingsschwelle B70/B90/B07-ZSX  
 Hersteller: Leonhard Moll Betonwerke  
 EBA-Zulassung: 524/16 (B70) vom 10.02.2017  
 534/17 (B90/B07) vom 09.02.2018  
 Regelwerk: Ril 820.2010

Schwellenanker u. Sicherungskappen entfallen bei der ZSX-Schwelle

Leonhard Moll Betonwerke GmbH & Co KG | München | Biebesheim | Hannover | Laußig | [www.moll-betonwerke.de](http://www.moll-betonwerke.de)



Bremsprobegerät

Quelle: IP

## 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 Hauptleitung 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 Fernsteuerung und die Erfassung der Bremsprobeprotokolle in einem personalisierten Dashboard.

[www.ip-coswig.de](http://www.ip-coswig.de)

Halle 23/Stand 870

# INNOVATIVE LÖSUNGEN

BERATUNG · PLANUNG · PRODUKTION · LIEFERUNG · MONTAGE



Leckagewannen



MOSELLAND Großflächenplatten



Auffangsystem an Tankanlagen



Lokabstellplätze



Versorgungs- und Dienstwegsystem



Wilde Acht 15  
D-54329 Konz

Tel. +49 6501 9411-0  
Fax +49 6501 9411-25

[www.weco-gmbh.com](http://www.weco-gmbh.com)  
[info@weco-gmbh.com](mailto:info@weco-gmbh.com)

Besuchen Sie uns auf der **InnoTrans**  
Berlin 20.-23. Sept. 2022

## Jumo: Neuer Thermostat und Schwimmerschalter

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 Schwimmerschalter 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](http://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 Zugschleppzügen 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 Klüberraill 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](http://www.klueber.com)

Halle 21a/Stand 440

SOLUTIONS YOUR WAY.



# HIER KOMMEN IHRE VISIONEN ZUM ZUG.

Die PCM RAILONE Group fertigt seit über 60 Jahren Betonschwellen und Fahrwegsysteme für den schienengebundenen Fern- und Nahverkehr. Als Technologieführer begleiten wir Projekte auf der ganzen Welt – von der Planung bis hin zur ersten Fahrt. Besuchen Sie uns auf der InnoTrans und erfahren Sie mehr über unsere umfangreiche Leistungspalette und Innovationen!  
[www.railone.de](http://www.railone.de)

 InnoTrans | Halle 26, Stand 790



## 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  $\pm 100$  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 Traktionsstromrichter 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.



Drehzahlsignalverdoppler P16800

Quelle: Knick

[www.knick.de](http://www.knick.de)

Halle 17/Stand 225



Innovative  
Konstruktionslösungen  
aus GFK

**CTS**<sup>®</sup>  
The Composite Company

**Besuchen Sie uns  
auf der InnoTrans 2022**

Halle 25 · Stand 270  
20. bis 23. September 2022 in Berlin

**Vereinbaren Sie Ihren  
persönlichen Beratungstermin**

Kontakt aufnehmen  
Mercatorstr. 43  
21502 Geesthacht

Telefon: +49 4152 8885-0  
E-Mail: [info@ctscom.de](mailto:info@ctscom.de)  
Internet: [www.ctscom.de](http://www.ctscom.de)



## 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](http://www.rail.knorr-bremse.com/de/de)

Halle 1.2/Stand 250



**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](http://www.db-eco.com)**

## 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](http://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 Ge-

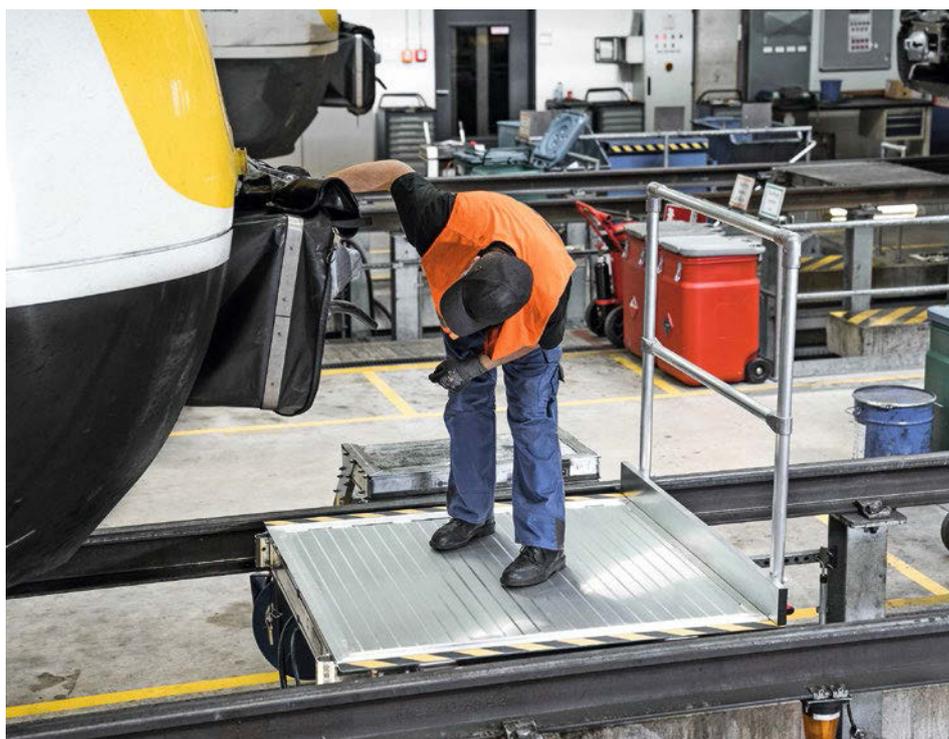
wicht von Bauteilen reduziert werden konnte. Die als Testbauteile untersuchten Federtöpfe, die in Drehgestellen von Hochgeschwindigkeitszügen verbaut sind, konnten um 21 % (von 62 auf 49 kg) reduziert werden – bei nachgewiesener gleichbleibender Festigkeit und identer Funktion.

[www.mfl-rail.com](http://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 m<sup>2</sup>. Das Gleispodest ist für Belastungen bis zu 300 kg ausgelegt.



[www.munk-group.com](http://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 EN 50155 und EN 45545 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.



AP3400 Access Point

Quelle: NetModule

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

[www.netmodule.com](http://www.netmodule.com)

Halle 4.1/Stand 410

Nächster Stopp:  
InnoTrans 2022 –  
Stand 03/95

## Unser Beitrag für effizienten Gleisbau

Mehr Infos auf [www.schweerbau.de](http://www.schweerbau.de)

**SCHWEERBAU**

## 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 schienengebundene Hilfsmittel erfolgen.



[www.niadax-group.com](http://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-Thermostate 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](http://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 Wälzlagern 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 Wälzlagern 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 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.



Radsatzlager der RCT-Baureihe mit hoch wirksamer Abdichtung

Quelle: NSK

[www.nskeurope.de](http://www.nskeurope.de)

Halle 20/Stand 260

## Pilz: Automatisierungslösungen für die Zukunft

Digitale Automatisierungslösungen für eine sichere Bahninfrastruktur stehen im Mittelpunkt des Messeauftritts von Pilz. Eine Neuheit ist der Eulynx-Adapter, der den Einsatz des herstellerübergreifenden Eulynx-Standards in bestehenden Stellwerken ermöglicht. Daneben stellt das Automatisierungsunternehmen sein Dienstleistungsangebot für die Maschinensicherheit vor, das Betreiber und Hersteller im Bahnbereich bei der Absicherung ihrer Betriebsstätten unterstützt.

Pilz bietet mit offenen Schnittstellen und standardisierten COTS-Lösungen (Commercial Off-the-Shelf) ein Portfolio, um proprietäre Anwendungen aufzulösen. Das auf der InnoTrans vorgestellte Angebot umfasst klassische Bahnanwendungen wie etwa Weichensteuerungen, Schnittstellenlösungen oder Bahnübergänge, aber auch industriennahe Bahnanwendungen wie zum Beispiel die Absicherung des Eisenbahnbetriebsgeländes.

Wie die Zukunft der Schiene aussehen kann, veranschaulicht der Eulynx-Adapter. Die Standardisierung der Stellwerkstechnik ist das erklärte Ziel des europäischen Eulynx-Projekts. Object Controller übersetzen in diesem Standard die digitalen Steuerbefehle von Stellwerken in analoge Signale, beispielsweise für Weichen. Mit dem Eulynx-Adapter auf Basis des Automatisierungssystems PSS 4000 werden bestehende Stellwerke kompatibel mit Object Controllern. Aufgrund seiner Offenheit und Kompatibilität stellt der Adapter einen wichtigen Baustein für die Umsetzung der länder- und herstellerübergreifenden Digitalisierung in der Leit- und Sicherungstechnik dar.

Pilz ergänzt sein Automatisierungsangebot um Dienstleistungen wie zum Beispiel Projektplanung und Projektmanagement, Programmierung, Dokumentation sowie die Unterstützung im Zulassungsprozess.

[www.pilz.com](http://www.pilz.com)

Halle 27/Stand 550

## 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 09-4x4/4S Dynamic E<sup>3</sup> mit der revolutionären E<sup>3</sup>-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](http://www.plassertheurer.com)

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



Plasser CatenaryCrafter 15.4 E<sup>3</sup>: Alle Fahrzeuge für die ÖBB bekommen auf Basis von ModularCustomizing ein von Grund auf neues Konzept und Design.

Quelle: Plasser & Theurer

### 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



Messgleis zur Erfassung des Fahrzeuggewichts

Quelle: PLCD

## 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 es von Umweltgegebenheiten unbeeinflusst. Für jeden 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 wer-

den 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.

[www.plcd.fr](http://www.plcd.fr)

Halle 3.2/Stand 400



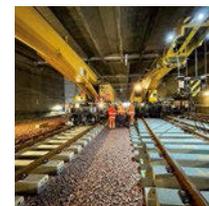
### HERING Systeme

- ✓ Ausbau von Verkehrsstationen
- ✓ Lärmschutz für Schienen und Straßen
- ✓ Systemdächer/ Bahnsteigdächer
- ✓ Systembahnsteige modula®
- ✓ Architekturbeton Fassaden



### HERING Bahnbau

- ✓ Oberbau, Gleis- und Weichenumbau
- ✓ Ingenieurbau (Verkehrsstationen)
- ✓ Konstruktiver Ingenieurbau
- ✓ Logistik
- ✓ Schienengebundene Großmaschinen/ Kranflotte



## ProVI: Launch des neuen Moduls ProVI LSa

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](http://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, Wunschkonzeptplanung, 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](http://www.psitranscom.de)

Halle 2.1/Stand 520

## Rhomberg Sersa: Großprojekte, Simulatoren und neue Fahrwegelemente

„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 m<sup>2</sup> 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, CRSH4 Metro Kopenhagen, Koralm, Neues Werk Cottbus.

Auf dem Freigelände werden auf über 100 m<sup>2</sup> u.a die Digitale FahrwegDiagnose 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](http://www.rhomberg-sersa.com/de)

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

**griwecolor**<sup>®</sup>

**griwephon**  
product series

**Innovative noise and fire protection for rail vehicles**

See you at **InnoTrans**  
Hall 8.1 Booth 300

griwecolor GmbH | Wieselbrunnen 2 | 78199 Braeunlingen | Germany  
Phone +49 77 07 / 99 04 - 0 | [www.griwecolor.de](http://www.griwecolor.de)

## Robel: Selbstlernende Schraubmaschinen, neue Meßgeräte



Vollelektrische, selbstlernende Präzisionsschraubmaschine Rowrench 30.76 E<sup>3</sup>

Quelle: Robel

Auf der InnoTrans zeigt die Robel Unternehmensgruppe ihr wachsendes 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.

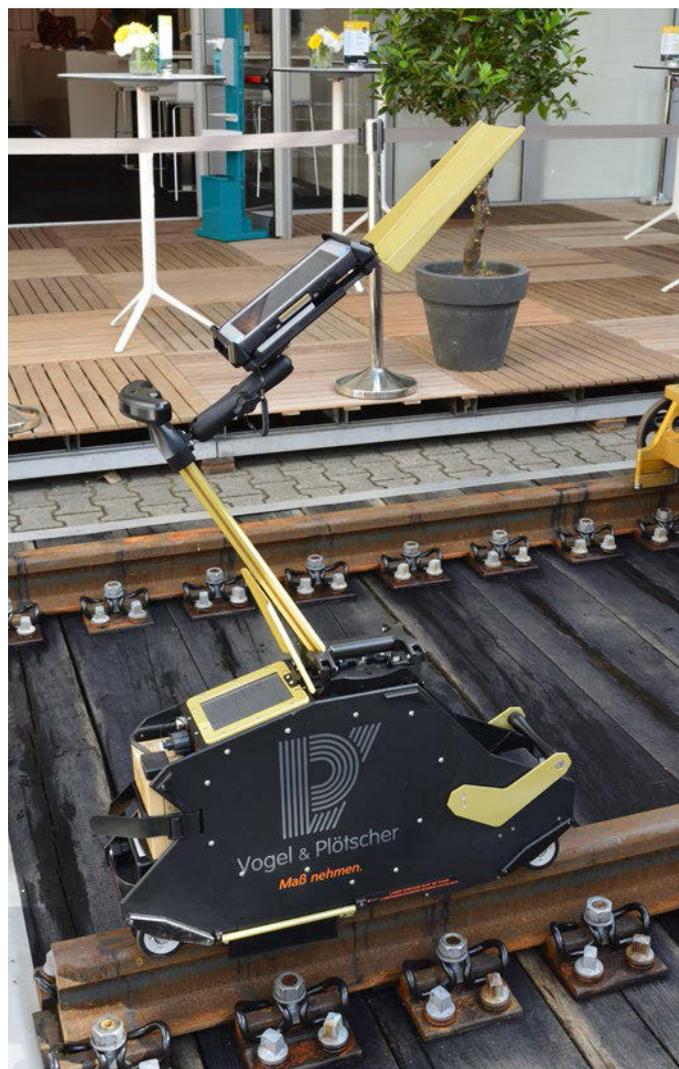
Robel Bahnbaumaschinen zeigt im Bereich der handgeführten Maschinen neue Elektro- und Hybridantriebe für Schraub-, Schleif-, Stopf- und Bohrmaschinen aus der E<sup>3</sup>-Familie. Ein Beispiel ist die Weltneuheit Rowrench 30.76: eine vollelektrische, selbstlernende Präzisionsschraubmaschine. Der Schwerpunkt 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 E<sup>3</sup> ist das erste Produkt für Schienenbearbeitung aus der Kooperation der Gruppe, optimiert für den Einsatz in U-Bahnen mit Hybrid-Antrieb, Frästechnologie von Schweerbau International und vollumfänglichem Messequipment von Vogel & Plötscher. Der Dienstleister Plasser Robel Services präsentiert sein markenüber-

greifendes 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.

[www.robel.com](http://www.robel.com)

Halle 26/Stand 470; Freigelände O 3/Stand 65 und 70



RSCM Messgerät von Vogel & Plötscher

Quelle: Vogel & Plötscher

## SAB: Dauerflexible Bahnleitung für den Außeneinsatz

Speziell für den Außeneinsatz hat der Spezialkabelhersteller SAB Bröckskes 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 wie auch in der Ausführung mit 0,6/1 kV Nennspannung lieferbar.

[www.sab-kabel.de](http://www.sab-kabel.de)

Halle 14.1/Stand 210

## 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](http://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 Schaltgerätekonzept 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-Leistungsschütz 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.



Individuell konfigurierbares CP-Leistungsschütz

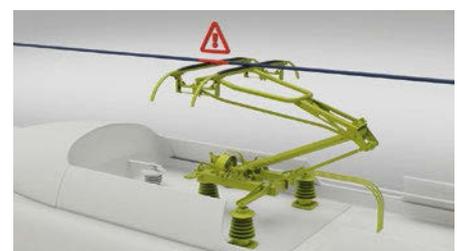
Quelle: Schaltbau

[www.schaltbau.de](http://www.schaltbau.de)

Halle 2.2b/Stand 110

## 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.



Nachrüstbares digitales Messsystem am Stromabnehmer

Quelle: Schunk Transit Systems

[www.schunk-transitsystems.com](http://www.schunk-transitsystems.com)

Halle 9/Stand 345

# Siemens Mobility präsentiert die Zukunft der Bahn



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

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 Signalisierungskomponenten 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, 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 sicherheitszertifizierte Softwarelösungen die Verfügbarkeit, die Interoperabilität und die Nutzung von Ressourcen wie Reservierungs- und Bestandsmanagement, 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 Dieselantrieb 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](http://www.siemens.de/mobility)

Halle/hub27/Stand 230; Freigelände



Die X-Wagen für Wien werden auch vollautomatisch fahren.

Quellen: Siemens Mobility

## 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 Schienkopfes zur Folge.



[www.speno.ch](http://www.speno.ch)

Halle 26/Stand 120

Die neue Schleifeinheit fängt Schleifrückstände besser auf.

Quelle: C. Müller



AKKUBETRIEBENE LÖSUNGEN



**Stand 490**  
**Halle 26**  
Außengelände  
**T04/45**








Geismar Deutschland | [deutschland@geismar.com](mailto:deutschland@geismar.com)  
Geismar Schweiz | [schweiz@geismar.com](mailto:schweiz@geismar.com)

## 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 Serientriebzug 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 Vorheizeinrichtungen 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 Einrichtungs-

fahrzeug Platz für 272 Fahrgäste, davon 101 auf Sitzplätzen.

Mit der Euro9000 stellt Stadler die neueste 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 umwelt-

freundlichen 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.stadlerail.com/de/](http://www.stadlerail.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

**ZÖLLNER**  
signal system technologies

**SIL4**

**ZPW126-10 –  
UNEINGESCHRÄNKT  
ZUGELASSEN  
und vielfach im Einsatz  
bewährt**

Sprechen Sie uns an!  
[atws@zoellner.de](mailto:atws@zoellner.de) // [zoellner.de](http://zoellner.de)

**InnoTrans**  
Hall 25 // Stand 565  
Schauen Sie vorbei!

## 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 18000 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

Datensensoren 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](http://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](http://www.swibox.de)

Halle 5.2/Stand 912

UCB-Box offen, mit individueller Bestückung

Quelle: Swibox rendering

Besuchen Sie uns  
Halle 25, Stand 470

## Weichenzungen- Rollvorrichtung 100% wartungsfrei

**AUSTROROLL®**



- stoßunempfindlich durch dauerhaft elastische Lagerung
- 60% Stellkraftreduktion über gesamten Stellweg
- Instandhaltungsarbeiten am Oberbau ohne Einschränkung möglich
- über 25 Jahre Erfahrung

- nun auch für federnd bewegliche Herzstücke
- für Neubau und Nachrüstung
- 5 Jahre Gewährleistung
- DB – Oberbaustandard
- nachhaltig und umweltfreundlich

## 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 V DC 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. Ein potenzialfreier Inhibit 10 – 154 V/2 mA schaltet den Wandler frei. Der Wandler ist gemäß den Bahnnormen zertifiziert.



Der neue AC/DC-Umrichter

Quelle: Syko

[www.syko.de](http://www.syko.de)

Halle 17/Stand 440

## 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.



Schraubensicherung für elektrische Kontaktverschraubungen

Quelle: Teckentrup

[www.teckentrup.de](http://www.teckentrup.de)

Halle 8.2/Eckstand 410

InnoTrans 20. bis 23. September 2022

Besuchen Sie uns in der Halle 25 / Stand 135! Messe Berlin

Sichern Sie sich jetzt Ihr Messeticket!

in Vertriebskooperation mit

**ÖBS GmbH**  
Zur Ripsbek 2  
22925 Lütjensee  
Telefon: +49 (0) 41 54 / 99 88 - 400  
E-Mail: office@oeps-gmbh.de  
www.oeps-gmbh.de

Für die Bahnstrecken-Entwässerung:  
**Die Halbschale – auch mit Kabelkanal**

Halbschale  
TM: 4-2019-10595 I.NPF 2

Halbschale mit Kabelkanal  
TM: 4-2020-10032 I.NPF 2

**auch als App**

Porosit-Betonwerke GmbH | Niedervorschützer Str. 15 | 34587 Felsberg  
Telefon: +49 (0) 56 62 / 93 93 - 0 | Fax: +49 (0) 56 62 / 93 93 - 11  
E-Mail: info@porosit.de | www.porosit.de

## 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-, Wechselsprech-, Notruf- und Alarmierungsanwendungen vor.

[www.telent.de](http://www.telent.de)

Halle 4.1b/Stand 440

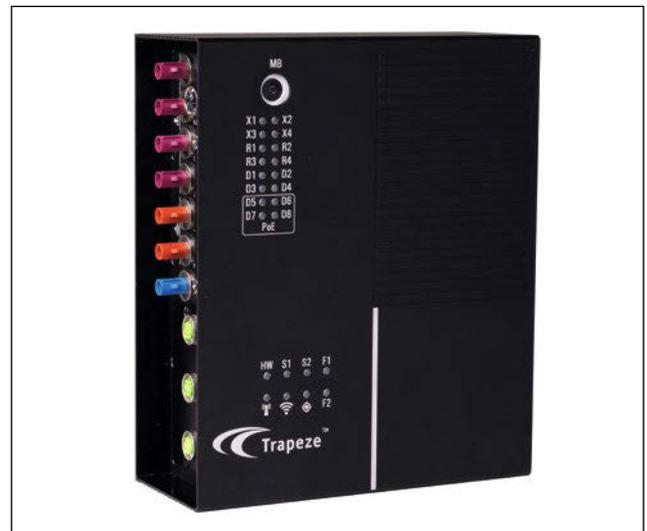
## Trapeze: Neuer schlanker Router

Auf der InnoTrans teilt sich Trapeze einen Stand mit der Trapeze-Schwes-tergesellschaft Systemtechnik, die ihre Lösungen für Fahrgeldmanage-ment vorstellen wird. Darüber hinaus wird sich dort auch Modaxo prä-sentieren, 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 Datenkom-munikation ermöglicht der GPR3 auch eine eigenständige Sprachkom-munikation. Der GPR3 ist für den Einsatz im ITCS-Umfeld optimiert und kann in allen Leitsystemen eingesetzt werden. Bei der Übertragung groß-er Datenmengen agiert er als Wächter und bietet ein sehr hohes Maß an IP-Sicherheit gegen unbefugte Zugriffe von außen. Weiter lassen sich Ge-räte 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 aktuali-sierten elektronischen Innenleben, das für die kommenden Jahre gerü-stet ist.

[www.trapezgroup.de](http://www.trapezgroup.de)  
[www.systemtechnik-online.de](http://www.systemtechnik-online.de)  
[www.modaxo.com/de](http://www.modaxo.com/de)



Fahrzeug-Router GPR3

Quelle: Trapeze

Halle 2.1/Stand 460

## 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 CO<sub>2</sub>-Modul zur Überwachung der Luftqualität

More than **sensors + automation**

## Feuchte- und Temperatur-Messumformer mit optionalem CO<sub>2</sub>-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 Klima-überwachung. Die Feuchtemessgeräte sind mit verschiedenen Schnittstellen verfügbar und zeichnen sich durch Montagefreundlichkeit, Robustheit und eine zuverlässige Sensorik aus.

[www.jumo.net](http://www.jumo.net)



Besuchen Sie uns  
 vom 20. bis 23.09.2022 in Berlin  
 in Halle A, Citycube auf Stand 270

## Endlich wieder Face-to-face-Gespräche!

Neben der lang ersehnten InnoTrans fand in diesem Jahr auch endlich wieder die Internationale Ausstellung Fahrwegtechnik (iaf) in Münster statt. Mehr als 12 000 Besucher aus 72 Ländern wurden von rund 140 internationalen Ausstellern begrüßt und konnten viele neue, innovative Produkte in Augenschein nehmen. Wer es nicht nach Münster geschafft hat oder die wichtigsten Momente der iaf noch einmal Revue passieren lassen möchte – die Eurailpress Daily Views haben alle Highlights der Messetage für Sie zusammengefasst:



Der Countdown läuft



Bestaunen und networken



Entspannt durch die Messehallen

**JOSEPH HUBERT**  
 Bauunternehmung  
 GmbH & Co. KG

**TRADITION | KOMPETENZ | QUALITÄT**  
 in Gleisbau und Schweißtechnik

jhubert – Hauptsitz | Bleichstraße 15 | 90429 Nürnberg  
 Tel.: (0911) 92684-0 | Fax: (0911) 92684-50 | mail: info@jhubert.de | www.jhubert.de

jhubert – Niederlassung | Harpener Str. 2 a | 44791 Bochum  
 Tel.: (0234) 90182-0 | Fax: (0234) 90182-50 | mail: info-bochum@jhubert.de | www.jhubert.de

## 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. Im Cube informiert der TÜV Nord über weitere Themen von Genehmigungsverfahren über Lärm- und Brandschutz bis hin zur Zugsicherungstechnik und technischen Prüfungen.

[www.tuev-nord.de](http://www.tuev-nord.de)

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

## 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](http://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](http://www.vollert.de)

Halle 21/Stand 160

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](http://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 und 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. Maßgeschneiderte

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](http://www.vossloh.com)

Halle 26/Stand 975

Vermessung  
Geotechnik  
Geoinformatik  
Entwicklung



**intermetric**  
Das richtige Maß

### HILFSBRÜCKEN HAARGENAU HEREINHEBEN

Nur 31 Tage von der Idee bis zur Inbetriebnahme standen zur Verfügung. Bestandsaufnahme, Verdichtung des Referenzrahmens und Trassierungsentwurf waren unsere Vorarbeiten für die Planung. Für die Ausführung waren wir dann zwei Tage vor Ort, um die mit 31,7m längsten Hilfsbrücken haargenau hereinzuheben.

intermetric GmbH | Industriestr. 24 | 70565 Stuttgart | T +49 (711) 780039-2 | [www.intermetric.de](http://www.intermetric.de)



20. – 23. September · Berlin  
Halle 26 · Stand 290

## 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

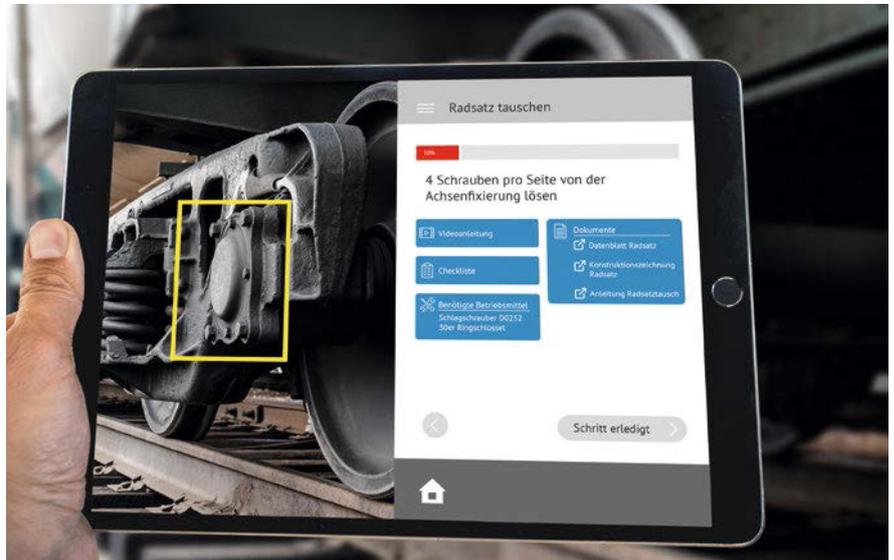
haben eine Verringerung der PM 10-Partikel um mindestens 70 %, der PM 2,5-Partikel um 85 % und der PM 1-Partikel um 60 % ergeben, d.h. der feinsten und potenziell schädlichsten Partikel. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse hat der Pariser Betreiber RATP beschlossen, die abschließende Qualifizierungsphase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

[www.wabteccorp.com](http://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. Hinweispeile 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.

[www.zedas.com](http://www.zedas.com)

CityCube B/Stand 110

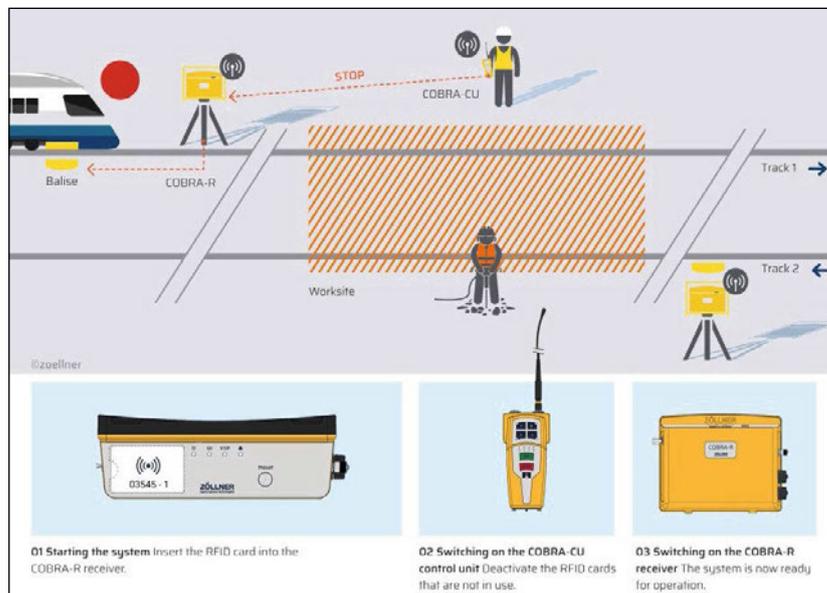
Quelle: Zedas

**Bahntechnik -  
tatkraftig, ideenreich, ungewohnt  
Planung, Beratung, Expertisen,  
Bauherren-Unterstützung**

weltweit

## 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](http://www.zoellner.de)

Halle 25/Stand 565

Beispielhafter Aufbau des Systems Cobra

Quelle: Zöllner

## Zwiehoff: Emissionsfreies Zweiwege-Fahrzeug

Die G. Zwiehoff GmbH stellt ein elektrisches Zweiwege-Fahrzeug für den schweren Rangierdienst als vollständigen Dieselerersatz 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](http://www.zwiehoff.com)

Freigelände/Stand O/280



Das neue Zweiwege-Fahrzeug mit Batterieantrieb

Quelle: Zwiehoff

# Lärmschutz (fast) ohne Wände.

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.

- Freie Sicht auf Landschaft und Umgebung
- Ideal für Sanierungen da kurze Bauzeit und nah am Gleis

**Vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin:  
+43 6542 / 80 400**

InnoTrans  
Halle 26  
Stand 395

# Wie beschafft man einen ICE in Rekordzeit?

Der ICE 3neo: In nur drei Jahren von der Fahrzeugausschreibung bis zum ersten Betriebseinsatz

MELANIE GERMANN | STEFAN VENTORUZZO |  
STEFAN WINGENFELD | MIRJAM DITTMER

**Überfüllte Straßen, hohe Benzinpreise, eine angespannte Lage an Flughäfen und niedrigere Preise für Bahntickets durch eine geringere Mehrwertsteuer – all das sind Faktoren, die noch mehr Menschen zum Umstieg auf klimafreundliche Mobilität bewegen. Im laufenden Jahrzehnt erwartet die Deutsche Bahn AG (DB) eine stark ansteigende Nachfrage. Der ICE 3neo schafft kurzfristig die benötigte Sitzplatzkapazität für das Fahrgastwachstum und ist dabei ein wichtiger Baustein für den Deutschlandtakt. Der neue ICE vereint höchste Geschwindigkeit mit Komfort im Innenraum und zahlreichen Verbesserungen für Fahrgäste sowie Mitarbeitende. Die Beschaffung erfolgt in Rekordzeit: Von der Fahrzeugausschreibung bis zum ersten Betriebseinsatz vergehen nur drei Jahre und damit halb so viel Zeit wie bei einer herkömmlichen ICE-Beschaffung.**

## Alle Zeichen stehen auf Wachstum

260 Mio. Reisende pro Jahr – mit der Konzernstrategie „Starke Schiene“ strebt die DB eine Verdopplung der Fahrgastzahlen im Fernverkehr gegenüber 2015 an. Um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen, sind massive Investitionen in Flotte, Werkeinfrastruktur und Mitarbeitende nötig. Bis Ende des Jahrzehnts soll die ICE-Flotte auf knapp 500 Züge wachsen (Abb. 1). Die DB will so das Angebot für klimafreundliches Reisen im ganzen Land verbessern.

Damit die vielen neuen Züge gewartet, gereinigt und repariert werden können, braucht es zusätzliche Instandhaltungswerke. Im Raum Nürnberg soll das zehnte ICE-Werk der DB entstehen. Es bietet neue Arbeitsplätze für rund 450 Mitarbeitende und bringt eine Investition von mehr als 400 Mio. EUR in die Region. Mit dem Bau des neuen ICE-Werks werden die Gleiskapazitäten in den Werken der DB um 15 % gesteigert. Das neue Werk in Nürnberg soll Ende 2028 in Betrieb gehen und ermöglicht die Wartung von 25 Zügen pro Tag. Auch am Standort Dortmund-Hafen investiert der Fernverkehr mit rund 500 Mio. EUR weiter in seinen Werkbereich. Hier entsteht bis 2027 ein neues ICE-Werk, das für bis zu 500 Mitarbeitende Arbeitsplätze schafft und Kapazitäten

für die Instandhaltung von bis zu 17 ICE pro Tag bereithält. Die vorhandenen Standorte Berlin-Rummelsburg, Hannover und München werden erweitert.

Darüber hinaus setzt die DB ihre Personaloffensive ungebrochen fort. Bis Ende des Jahres sollen rund 24 000 neue Mitarbeitende an Bord geholt werden. Auch im Fernverkehr geht die Einstellungsinitiative weiter. Beispielsweise werden in den Werken sowie im Bereich Triebfahrzeugführer neue Fachkräfte eingesetzt.

Der strategische Wachstumskurs des Unternehmens ist eine wichtige Voraussetzung, um den von der Politik initiierten Deutschlandtakt [1] zu realisieren. Dieser verbindet die wichtigen Hauptachsen des Fernverkehrs künftig im halbstündlichen Rhythmus und sichert die Anbindung der ländlichen Regionen an das überregionale Netz. Durch den integralen Taktfahrplan steigt der Bedarf an schnellen Zügen, die auf den bereits heute vorhandenen und in den nächsten Jahren noch hinzukommenden Hochge-

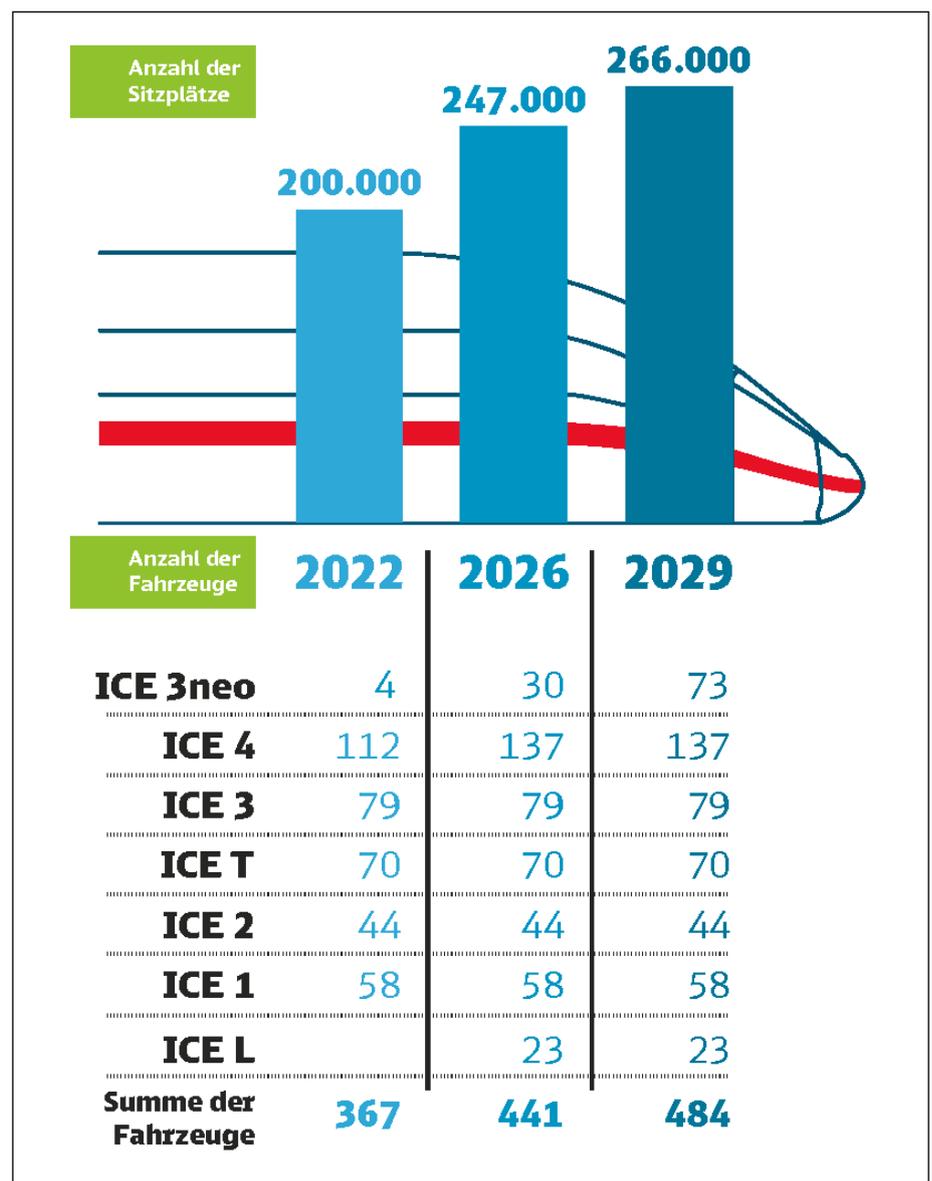


Abb. 1: Entwicklung der ICE-Flotte

Quelle: DB



Abb. 2: Kann die Zugehörigkeit zur ICE 3-Familie nicht leugnen: Der ICE 3neo.

Quelle Abb. 2-5: DB/Volker Emersleben

schwindigkeitstrassen eingesetzt werden können, um die überlastete Infrastruktur effizienter zu nutzen. Insbesondere das ICE-Segment mit 300 km/h gewinnt dabei weiter an Bedeutung, welches bei DB Fernverkehr bislang durch die ICE 3-Familie (BR 403, 406, 407) abgedeckt wird. Da sich die ersten Fahrzeuge dieser Flotte langsam dem Ende ihrer Lebensdauer nähern, begann im Herbst 2019 die Suche nach einem neuen Flottenmitglied im HGV-Segment, das auch für den internationalen Verkehr geeignet ist.

#### Lieferung im Rekordtempo

Schnell wurde klar, dass eine Fahrzeugneuentwicklung aufgrund des engen Zeitplans nicht infrage kommt. Die geeignete Alternative: Auf einer vorhandenen, lieferbaren Zugplattform aufzusetzen und diese zusätzlich weiter zu verbessern, um den aktuellen und künftigen Erwartungen der Fahrgäste auch gerecht zu werden.

Im vollumfänglich durchgeführten Ausschreibungswettbewerb setzte sich schließ-

lich ein alter Bekannter durch: Im Sommer 2020 bestellt die DB 30 Triebzüge der Velaro-Plattform bei Siemens aus einem insgesamt 90 Züge umfassenden Rahmenvertrag. Davon sollen bis Ende 2022 bereits vier Züge an die DB übergeben sein. Anfang 2022 wurden in einem zweiten Abruf nochmals weitere 43 Züge bestellt, sodass das tägliche Platzangebot für die Fahrgäste im Fernverkehr insgesamt um 32 000 Sitze steigt.



# Lange Nähte. Hohe Material- stärke.

Schweißen mit  
100% Einschaltdauer.

Das Fügen großer Bauteile mit hohen Materialstärken gehört im Bereich Commercial Transportation zum Alltag. Mit den High-End-Schweißsystemen von Fronius können diese effizient und ohne Unterbrechung geschweißt werden.

Mehr Informationen  
finden Sie unter:  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)



**Abb. 3:** Erstmals ist die Fahrradmitnahme bei 300 km/h im ICE möglich.

### Ähnlich und doch verschieden

Als Weiterentwicklung des modernsten ICE 3 (BR 407) trägt der neue Hochgeschwindigkeitszug fortan den Namen „ICE 3neo“ (BR 408). Die wesentlichen technischen Parameter wie die maximale Geschwindigkeitsauslegung von bis zu 320 km/h, die Zuglänge von 200 m oder die Anzahl der Wagen (achtteiliger Triebzug) bleiben identisch. Und auch das äußere Erscheinungsbild entspricht weitgehend dem des Vorgängers (Abb. 2). Für die Fahrgäste hat sich jedoch einiges getan, was der Zusatz „neo“ im Produktnamen symbolisiert. Dabei handelt es sich nicht nur um technologische Verbesserungen wie den Einsatz mobilfunkdurchlässiger Scheiben für stabilen Empfang oder eine Beleuchtung mit tageszeitabhängig wechselnden Farbtönen. Es geht auch um grundlegende Anpassungen am Grundriss mit strukturellem Charakter. Generell stand die DB gemeinsam mit dem Hersteller Siemens vor der Herausforderung, im ICE 3neo attraktive Zusatzbereiche für die Fahrgäste wie einen Fahrradbereich oder ein separates Kleinkindabteil zu realisieren – ohne einen spürbaren Kapazitätsverlust von Sitzplätzen gegenüber der Vorgängerbaureihe in Kauf zu nehmen.

### Grundlegende Verbesserungen

#### Anordnung der Sitze und Türen

Der ICE 3neo bietet insgesamt 439 Sitzplätze für Fahrgäste, davon 99 der 1. Klasse und 340 in der 2. Klasse. Dazu kommen 16 Restaurantplätze. Die Reihung der acht Wagen bleibt gegenüber der BR 407 grundsätzlich unverändert.

Zur Integration einer höheren Anzahl von Gepäckregalen und deren gleichmäßigeren Verteilung in den Wagen gegenüber der BR 407 wurde die Sitzanordnung in allen Wagen der BR 408 unter Berücksichtigung der vom Fahrgast erwarteten ICE-Komfortstandards bei der Beinfreiheit vollständig neu konzipiert. Durch eine zusätzliche Einstiegstür je Bahnsteigseite bei zwei Wagen der 2. Klasse, die über die meisten Sitzplätze verfügen, können die Fahrgäste im Vergleich zur BR 407 schneller und komfortabler einsteigen, was wiederum zu einer Verbesserung der Fahrgastwechselzeiten führt.



**Abb. 4:** Im neuen Kleinkindabteil reisen Familien mit Baby oder Kleinkind ungestört vom Durchgangsverkehr.

### Fahrradmitnahme erstmals bei 300 km/h

Mit dem Neuzugang der ICE 3-Flotte ist erstmalig die Fahrradmitnahme in einem Hochgeschwindigkeitszug der DB bei bis zu 300 km/h möglich. Das neue Fahrradabteil mit acht Stellplätzen befindet sich im Endwagen der 2. Klasse, während im Fahrgastraum neben dem Restaurantbereich nun Sitze der 2. Klasse Platz finden (Wagen-gattung BRpmz).

Die Raumgröße des Fahrradabteils und die Fahrradhalterungen entsprechen grundsätzlich der Ausführung des ICE 4. Dennoch verbessern sich die Zugänglichkeit und der Platz zum Rangieren mit Fahrrädern, weil auf eine Abtrennung mit Tür zum Einstiegsraum hin sowie auf Klappsitze im Fahrradabteil verzichtet wurde (Abb. 3).

### Familienfreundlicher Zug

Der ICE 3neo setzt neue Maßstäbe in Sachen Familienfreundlichkeit. Am Seitengang neben den Dienstabteilen für das Bordpersonal können sich Familien mit Baby oder Kleinkind über ein abgeschlossenes Kleinkindabteil mit fünf Plätzen, einem Tisch und einer Freifläche zum Spielen in kindgerechter, bunter Gestaltung freuen (Abb. 4). Sie reisen somit künftig ungestört vom Durchgangsverkehr im Wagen. Der Wickeltisch im direkt benachbarten Universal-WC wird mit einer gepolsterten, abwaschbaren Wickelauflage sowie einer ausklappbaren Ablageschale ergänzt. Für Familien mit älteren Kindern bietet sich der angepasste Familienbereich mit 16 Plätzen an, der sich in vier Vierergruppen mit je einem Tisch aufteilt. Er ist per Glastrennwand und Schiebetür vom übrigen Großraumbereich des Wagens abgetrennt, mit Motivfolien gestaltet und umfasst ein Großgepäckregal sowie eine Stellfläche für Kinderwagen.



Abb. 5: Fahrgästen im Rollstuhl steht eine eigene Tür zum Ein- und Ausstieg zur Verfügung.



Abb. 6: Der neu konstruierte Hublift ist robuster und einfacher zu bedienen.

Quelle: DB / Jonas Brinkmann

### Neuer, robuster Hublift

Bereits die BR 407 ist mit einem fahrzeugseitigen Hublift für Rollstühle auf beiden Seiten ausgestattet, der für die Fahrt zusammengeklappt, vom Türbereich weggeschwenkt und hinter einer Schrankverkleidung untergebracht wird. Um die Bedienung für das Bordpersonal deutlich zu erleichtern und die Robustheit und direkte Verfügbarkeit der Einstiegshilfe zu verbessern, wurde für den ICE 3neo ein komplett neuer Hublift entwickelt. Dessen hochgeklappte Plattform verbleibt während der Fahrt vor der geschlossenen Tür, die für den Zu- und Ausstieg exklusiv Fahrgästen im Rollstuhl zur Verfügung steht (Abb. 5). Die technische Konzeption ermöglicht eine angenehmere Hubbewegung. Außerdem beschleunigen die Neukonstruktion und der vereinfachte Bedienprozess die Abläufe deutlich und sorgen für eine höhere Zuverlässigkeit im Betrieb (Abb. 6).

### Neues Innenraumdesign und neue Sitze ab dem 17. Triebzug

Aufgrund des engen Zeitplans sind nicht alle vorgesehenen Innovationen bereits im ersten Triebzug umsetzbar. Aus diesem Grund erfolgt ab dem 17. Triebzug vor allem hinsichtlich der modernen Gestaltung und Anmutung des Innenraums und der neu entwickelten Sitze eine Zäsur. Mit dem neuen Innenraumdesign halten natürliche Materialien wie Wolle und warme Farben Einzug in die Fernverkehrsflotte, nachdem das Innenraumdesign seit der Einführung des ICE 3 vor rund 20 Jahren weitestgehend unverändert blieb.

Die Sitze in den ersten 16 Triebzügen basieren auf den komfortoptimierten Sitzen aus dem ICE 4, welche für den ICE 3neo noch weiter verbessert wurden (Abb. 7 u. 8). Neben einer neuen Kopfschale erhalten alle Sitze in Reihen-anordnung einen zusätzlichen Tablet-Halter

sowie einen versenkbaren Kleiderhaken an der Kopfstütze (Abb. 9 u. 10). In der 1. Klasse finden sich ausklappbare Cupholder nicht nur zwischen Zweierplätzen, sondern auch fensterseitig an Einzelplätzen. Dadurch können Fahrgäs-

te ihre Getränke unabhängig vom Klappptisch an der Rückenlehne abstellen. Die Doppelsitze der 2. Klasse verfügen im ICE 3neo über jeweils zwei Steckdosen zwischen beiden Plätzen. Die Polausrichtung der unteren Steckdose ist um

**Spezialprodukte**  
für den Verkehrswegebau

- Bahnübergangssystem **BODAN**
- GFK-Konstruktionen
- Betonfertigteile
- Kabelbauprodukte aus Beton und Kunststoff





**InnoTrans 2022**  
20.–23. September · Berlin

... wir sehen uns auf Stand 320 Halle 25 und freuen uns auf Sie






### Der Spezialist für den Verkehrswegebau

- Gleiseindeckungssystem **BODAN** aus Polymerbeton, optional auch mit reflektierender Oberfläche **REFLO**
- Gleiseindeckungssystem Gleistragplatten
- **GTP-W** und **BO-TRACK**
- Dienst- und Rettungswege aus **Beton** und **GFK** mit und ohne Montage
- **GFK-Konstruktionen** mit und ohne Montage
- **Kabelschacht- und Kanalsysteme** aus **Beton** bzw. **Kunststoff** (erdverlegt und aufgeständert)
- **Betonfertigteile** **Bahnbau - Tiefbau**
- **Blindenleitsystem** **ÖBS® / BO-TAKT**
- **Betonsohlschalen-Systeme**
- **Porosit® Drän-Versickerungssystem**

**ÖBS® GmbH**  
Zur Ripsbek 2  
22925 Lütjensee  
Telefon: +49 (0) 4154 / 99 88 400  
E-Mail: office@oeps-gmbh.de  
www.oeps-gmbh.de





**Abb. 7:** So sieht die 1. Klasse in den ersten 16 Zügen aus.

Quelle Abb. 7-10: DB / Volker Emersleben



**Abb. 8:** Der Sitz in den ersten 16 Zügen basiert auf dem des ICE 4, wurde aber noch weiter verbessert.

90 Grad gedreht, um die Flexibilität zur Nutzung unterschiedlicher Ladekabelarten zu erhöhen. Wie auch beim ICE 4 können Fahrgäste bei allen Sitzen in der 1. und 2. Klasse die Neigung verstellen. In der 1. Klasse kann zusätzlich die Sitztiefe vergrößert werden.

Für die Neuentwicklung der Sitze ab dem 17. Triebzug wurde ein Co-Creation-Ansatz gewählt und ein Entwicklungsteam aus DB-Experten und externen Spezialisten wie Ergonomie-, Marktforschungsinstitut oder Designagenturen gebildet. In groß angelegten Tests durften über 900 Probanden die daraus entstandenen Prototypen unterschiedlicher Sitzhersteller im Vergleich testen und Verbesserungsvorschläge unterbreiten. In mehreren Iterationen wurde schließlich der finale Sitz mit einer neuen Kinematik entwickelt, sodass sich der Kopfbereich in der Ruheposition zusätzlich nach hinten bewegt. Da diese Funktion mit der Neigungsverstellung des Rückenpolsters verknüpft ist, bleiben Neigungswinkel von Rücken- und Kopfpolster aufeinander abgestimmt. Zugleich wird der Freiraum für den dahinter sitzenden Fahrgast nicht eingeschränkt. Darüber hinaus konnten der Polsterkomfort verbessert und das neue Designkonzept mit Flachgewebe und Holzoptik der Rückenschale umgesetzt werden (Abb. 11, 12).

#### Kleine, aber feine Details im Fahrgastraum

Neben den umfangreichen Anpassungen beim Innenraum-Layout der Wagen überzeugt der ICE 3neo zudem mit vielen kleinen, aber feinen Details im Fahrgastraum. So haben beispielsweise die Tische im Bordrestaurant eine neu gestaltete Tischlampe (Abb. 13), während die Thekenfront im Bordbistro mit einem komplett überarbeiteten Design inklusive umlaufendem Ambiente-Licht aufwartet.

Nahezu alle Glasscheiben im Fahrgastraum erhalten ein Dekor, das die Formgebung des DB-Logos (auch „DB-Keks“ genannt) aufgreift (Abb. 14). Zusätzlich wurde in den farblich neu gestalteten Toiletten an der Seitenwand ein hinterleuchtetes Element integriert, das dieses Dekor aufgreift und die Räume aufwertet.

Auch die Innenraum-Monitore des Fahrgastinformationssystems wirken aufgrund der Reduktion von Gehäuse- oder Rahmenkonstruktionen deutlich schlanker und moderner im Vergleich zu den älteren ICE 3-Baureihen.

#### Besseres Hygieneempfinden

Zudem bietet der ICE 3neo mehr Hygiene durch berührungslose Lösungen, was besonders in Zeiten von Corona von großer Bedeutung ist. Nachdem der berührungslose Wasserauslauf

im WC inzwischen dem Flottenstandard entspricht, wird ab dem 17. Triebzug erstmalig in der ICE-Flotte eine berührungslose WC-Spülung mittels eines Radar-Sensors integriert. Ebenfalls eine Neuheit in der ICE-Flotte stellen die berührungslosen Seifen- und Desinfektionsmittelspender dar, welche sogar bereits ab dem ersten Zug im ICE 3neo zu finden sind.

#### Umweltfreundliche Klimatisierung

Bei allen Zügen der ICE 3neo-Flotte wird umweltfreundliches Kältemittel (CO<sub>2</sub>) für die Kühlung des bordgastronomischen Warenangebots in der Galley verwendet. Während die Klimaanlage der Wagen der ersten 30 Züge mit Ausnahme von zwei Testfahrzeugen mit dem aktuell weiträumig genutzten R134a (Tetrafluorethan) ausgestattet sind, werden die 43 Züge des zweiten Abrufs erstmalig mit Kältemittel R290 (Propan) betrieben. Propan – im Privatbereich schon weit verbreitet – zählt zu den natürlichen Kältemitteln und gilt damit als sehr umweltfreundlich im Gegensatz zu den bisher verwendeten, synthetischen Kältemitteln. Propangas ist zusätzlich ein sehr effizientes und mit der richtigen Kältetechnik auch ein sehr sicheres Kältemittel. Die Anwendung von Propangas erfordert angepasste Sicherheitsstandards im



**Abb. 9:** Auch die 2. Klasse-Sitze bieten genug Beinfreiheit für die Fahrgäste.



**Abb. 10:** Der neue Tablethalter im ICE 3neo



**Abb. 11:** Der Prototyp des neuen 2. Klasse-Sitzes, der ab dem 17. Zug eingebaut wird

Quelle Abb. 11 u. 12: DB/Max Lautenschläger

Rahmen der Instandhaltung. Damit einher geht die Beschaffung von Sonderwerkzeugen wie zusätzlichen Lüftern in den Hallen und Klimawerkstätten, wo die Klimaanlagen künftig überarbeitet werden.

#### Ausblick

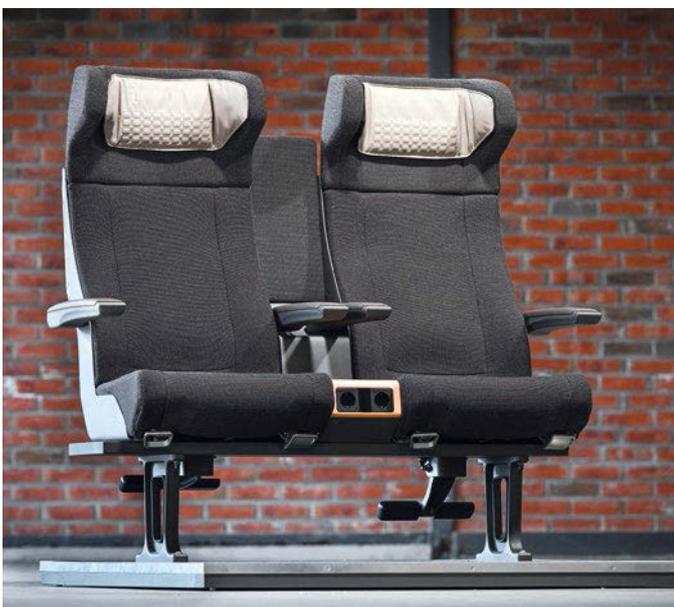
#### Betriebseinführung in Rekordzeit

Nicht nur die Beschaffung des ICE 3neo ist auf dem Weg zu einem Rekord. Auch die Betriebseinführung des neuen Flottenmitglieds erfolgt schneller als gewöhnlich. Um einen pünktlichen

Betriebsstart im Dezember 2022 zu garantieren, müssen bis Ende des Jahres rund 4000 Mitarbeitende aus dem Bordservice, aus den Werken und dem Bereich Triebfahrzeugführer geschult werden. Hier kommt die Beschaffung der bewährten Velaro-Zugplattform zum Tragen: Kollegen, die bereits für die BR 407 qualifiziert sind, müssen lediglich eine Delta-Schulung für die BR 408 absolvieren, um mit den Neuerungen vertraut gemacht zu werden.

#### Strecken

Der ICE 3neo wird ab Dezember 2022 zunächst vor allem auf der Schnellfahrstrecke (SFS) Köln–Rhein/Main im Einsatz sein. Einzelne Fahrten führen ihn bis nach München über die neue SFS Wendlingen–Ulm, die ebenfalls im Dezember in Betrieb geht. Mit der schrittweisen Inbetriebnahme weiterer Züge wird das Einsatzfeld 2023 nach und nach ausgeweitet. Außerdem soll die BR 408 mittelfristig ältere ICE 3-Mehrsystemzüge der BR 406 auf den internationalen Verbindungen nach



**Abb. 12:** Auch die Sitze der 1. Klasse erstrahlen wie der Prototyp ab dem 17. Zug im neuen Design.



Get  
on track for

# Rail 4.0

**Bahnbrechend. Wegweisend.** – Was wir neben automatisieren hauptsächlich tun? In sicheren Bahnen denken! Als Sicherheitsexperte, Digitalisierer und Lösungsanbieter steuern wir Sie in Richtung digitale Schiene, und das mit Beratung und Engineering im Gepäck. Mit unserer sicheren Steuerungstechnik fahren Sie richtig.



[www.pilz.com/railway](http://www.pilz.com/railway)

**PILZ**  
THE SPIRIT OF SAFETY



**Abb. 13:** Im Bordrestaurant ist eine neu gestaltete Lampe an den Tischen angebracht.

Quelle Abb. 13 u. 14: DB / Volker Emersleben



**Abb. 14:** Der „DB-Keks“ findet sich an vielen Stellen im Fahrgastraum wieder.

Amsterdam und Brüssel ersetzen. Nach Auslieferung aller bisher bestellten 73 Züge wird der ICE 3neo auf weiteren SFS wie Berlin–München seine Leistungsfähigkeit beweisen.

### Das Unmögliche möglich machen

Von der Fahrzeugausschreibung bis zum ersten Betriebseinsatz in nur drei Jahren – der ICE 3neo (Abb. 15) zeigt, dass das Unmögliche unter bestimmten Voraussetzungen möglich zu machen ist. Selbst wenn eine Pandemie die Welt lahmlegt, Lieferketten zusammenbrechen und viele Mitarbeitende im Homeoffice arbeiten, kann ein zukunftsfähiger ICE in Rekordzeit beschafft werden. Das wesentliche Fundament dafür bilden eine vertrauensvol-

le Zusammenarbeit zwischen Betreiber und Hersteller, überaus motivierte Projektteams auf beiden Seiten und ein ambitionierter, aber verantwortungsvoll geplanter und stringent verfolgter Zeitplan. Zum Erfolgsrezept gehört auch die Bereitschaft, Verantwortung zu übernehmen und Kompromisse einzugehen. Was sich für die Auslieferung ab dem ersten Zug noch als unmöglich dargestellt hatte, fließt nun beispielsweise in die Fertigung ab dem 17. Zug ein. ■

### QUELLE

[1] <https://www.deutschlandtakt.de/>



**Abb. 15:** Coming soon...der neue ICE 3neo

Quelle: DB / Claus Weber



### Melanie Germann

Referentin Interne Kommunikation  
melanie.germann@deutschebahn.com



### Stefan Ventrizzo

Projektleiter ICE 3neo  
stefan.ventrizzo@deutschebahn.com



### Stefan Wingefeld

Teilprojektleiter  
Markteinführung ICE 3neo  
stefan.s.wingefeld@deutschebahn.com



### Mirjam Dittmer

Teilprojektleiterin  
Kundenanforderungen ICE 3neo  
mirjam.dittmer@deutschebahn.com

Alle Autoren:

DB Fernverkehr AG, Frankfurt u. München

# GLUMANN MASCHINENBAU

Glumann Maschinenbau GmbH · Carl-Hamel-Straße 15 · 09116 Chemnitz  
Tel.: 0371/2 71 99-0 · Fax: 0371/2 71 99-80  
E-Mail: [info@glumann-maschinenbau.de](mailto:info@glumann-maschinenbau.de) · [www.glumann-maschinenbau.de](http://www.glumann-maschinenbau.de)

- Gerätewagen
- Schienenroller
- Schienentransportzangen
- Schienenrollenzangen
- Schienentraversen
- Schwellentraversen

Zugelassen von der Deutschen Bahn und der Tiefbauberufsgenossenschaft

### Handelsprogramm:

- Schlagschrauber MASTER 35 und Zubehör

**leistungsstark · robust · sicher**



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](https://medias.schaeffler.de/rail)

## SCHAEFFLER

# Intelligente und datensparsame Videoüberwachung in Passagierzügen

Mehr Effizienz und Sicherheit im Personenverkehr dank KI-basierter Videoüberwachung

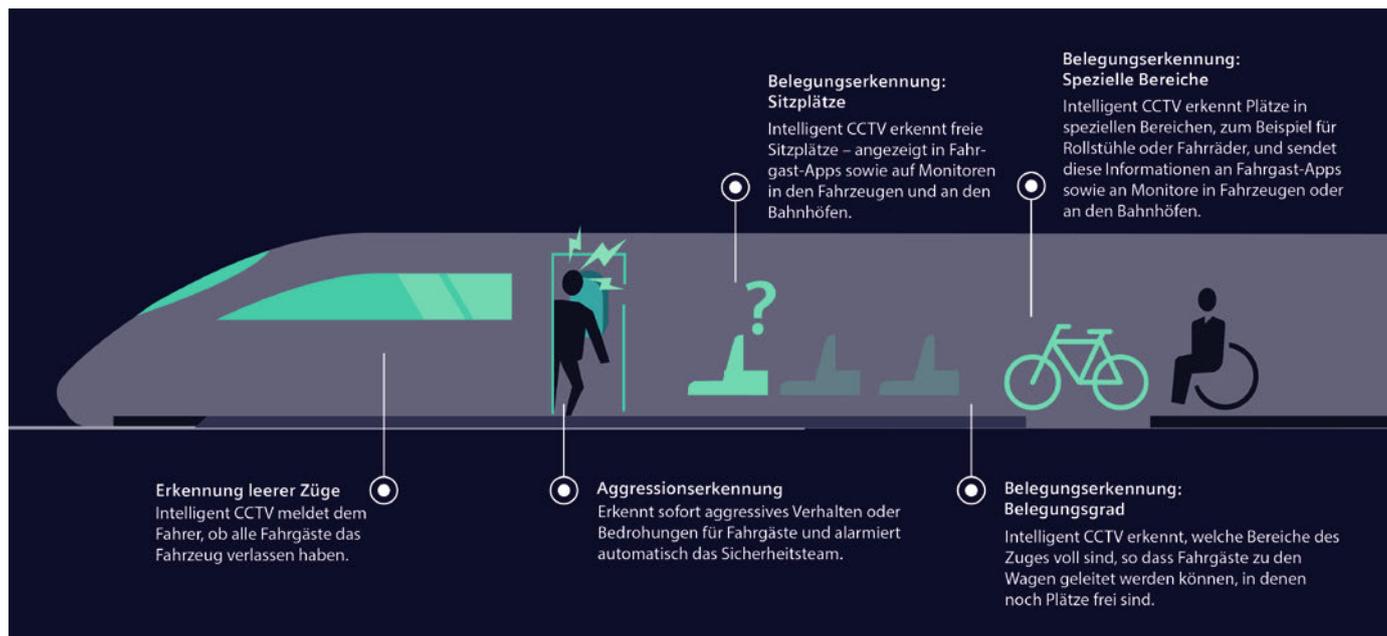


Abb. 1: Anwendungsfälle für iCCTV

## MICHAEL SCHÜSSLER | KARSTEN GERLOFF

Im öffentlichen Personenverkehr setzen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) häufig Videoüberwachung ein, um die Sicherheit der Fahrgäste zu erhöhen. Bei Zwischenfällen unter den Passagieren können EVU und Behörden so im Nachgang die aufgezeichneten Videodaten auswerten, um Klarheit über das Vorgefallene zu erhalten und gegebenenfalls Beweise zu sichern. Durch Hinzunahme von Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) eröffnen sich neue Möglichkeiten. Das Fahrzeug kann damit nicht nur – wie bisher – Aufzeichnungen erstellen, sondern auch Videodaten analysieren und wichtige Daten in Echtzeit an das EVU liefern.

### Vorstellung iCCTV

Intelligente Videoüberwachungssysteme werden in Bereichen wie dem Einzelhandel oder der Gebäudeüberwachung bereits häufig eingesetzt. Auch für EVU (im Folgenden auch: Betreiber) könnten sie Vorteile bringen; jedoch werden sie in Fahrzeugen des öffentlichen Personenverkehrs bisher nur selten genutzt.

Dieser Einsatzbereich stellt Entwickler und Betreiber solcher Systeme vor besondere Herausforderungen, sowohl in technischer Hinsicht als auch mit Blick auf den Schutz personenbezogener Daten.

In diesem Artikel werden die Funktionsweise intelligenter Videoüberwachung und ihre Anwendungsfälle beschrieben. Des Weiteren wird erklärt, wie bei Training und Einsatz solcher Systeme der Datenschutz gewährleistet werden kann.

Um einen sicheren, pünktlichen und wirtschaftlichen Bahnbetrieb sicherzustellen, brauchen EVU stets aktuelle Informationen darüber, was in ihren Zügen vorgeht. Ob es um Auslastung, Nutzung von Bereichen für Fahrräder, Rollstühle und Kinderwagen oder Aggressionserkennung geht: Wissen darüber, wie die Passagiere die Züge nutzen, hilft den Betreibern, ihre Angebote zu optimieren und ihre Kosten zu senken.

Siemens Mobility (SMO) hat für diesen Bedarf das Produkt iCCTV entwickelt, das intelligente Videoanalyse für den Bahnbereich bietet (Abb. 1). Videostrome der im Zug vorhandenen Überwachungskameras werden durch eine in das Zugnetzwerk integrierte Recheneinheit verarbeitet. Videoanalysealgorithmen detektieren Personen, Gegenstände und Situatio-

nen im Kamerabild. Im Zusammenspiel mit der SMO-Plattform Train IT werden die Ergebnisse mit Umgebungsinformationen angereichert und über Schnittstellen nutzbar gemacht.

Als Hardware nutzt iCCTV die Kameras, die für konventionelle Videoüberwachung ohnehin in neuen Fahrzeugen vorhanden sind, ebenso wie deren Netzwerkverbindungen. Für die KI-basierte Videoauswertung wird im Fahrzeug ein zusätzlicher Rechner pro Wagen eingebaut. iCCTV ist in die Siemens-eigene Train IT-Plattform integriert. Train IT steuert die IT-Anwendungen im Betreiberbereich des Fahrzeugs, fungiert als zentrale Drehscheibe für Diagnosedaten und IT-Dienste und sorgt für die Übermittlung von Daten zwischen Zug und Landseite, einschließlich der Erkenntnisse des iCCTV-Systems.

Ein solches System wird ab Ende 2022 in Neufahrzeugen bei der ODEG (Ostdeutsche Eisenbahn GmbH) im Streckennetz Elbe-Spree in Betrieb gehen.

### Einführung in die intelligente Videoüberwachung

Videoanalyse mit KI-Erkennungsverfahren basiert zumeist auf dem Einsatz künstlicher neuronaler Netze (KNN), die aufwendig mit großen Mengen von Beispieldaten für ihre Aufgabe

trainiert werden. Im wissenschaftlichen Umfeld gibt es eine breite Palette frei verfügbarer trainierter KNN, die ihre Erkennungsaufgaben mit sehr hoher Genauigkeit lösen, beispielsweise Schriftzeichenerkennung (OCR) oder Detektion von Personen, Fahrzeugen und Verkehrszeichen in Alltagsszenen.

Es liegt nahe, diese Technologie auch für intelligente Anwendungen im Fahrgastraum in Zügen zu nutzen. Allerdings müssen die KI-Erkennungsverfahren erst auf die dortigen Gegebenheiten angepasst werden. Szeneninhalte, Blickwinkel und Abstände der Kameras sowie Erkennungsaufgaben unterscheiden sich nicht nur teils erheblich von herkömmlichen Einsatzszenarien; sie sind auch von Betreiber zu Betreiber unterschiedlich.

Beispielsweise entstehen statt einer gleichmäßigen Ausleuchtung durch die Bewegung des Fahrzeuges schnelle, unregelmäßige Wechsel von Licht und Schatten. Auch die Blickwinkel der Kameras sind verschieden. Im Unterschied zu herkömmlicher Videoüberwachung in Gebäuden sind die Abstände zu den Personen im Zug deutlich geringer. Auch verdeckt durch den engen Raum oft eine Person optisch die andere. Eine zuverlässige KI-basierte Bilderkennung für Schienenfahrzeuge muss mit all diesen Herausforderungen fehlerarm umgehen können.

#### Anwendungsfälle

Die KI-basierte Videoanalyse bietet EVU eine Vielzahl von Möglichkeiten, um ihren Betrieb zu optimieren, und Komfort und Sicherheitsgefühl der Passagiere zu steigern.

#### Anwendungsfall Aggressionserkennung

Leider kommt es im öffentlichen Raum immer wieder zu aggressivem Verhalten. Dies gilt

auch für den ÖPNV. Solche Vorfälle beeinträchtigen nachhaltig das Wohlbefinden der Passagiere und führen zu Verzögerungen und Unterbrechungen im Bahnbetrieb. Anders als beispielsweise im Bereich der Gebäudetechnik, wo alle Videostreams der Überwachungskameras in einer Zentrale zusammenlaufen und jederzeit einsehbar sind, haben Züge meist keine breitbandigen Datenverbindungen zur Landseite. Eine Sichtung oder automatische Analyse der Videobilder muss also „on-edge“, d. h. im Zug erfolgen.

Wenn aggressive Vorgänge im Zug rechtzeitig erkannt werden können, können sie durch Eingriffe des EVU-Personals gestoppt oder die Folgen minimiert werden. Die intelligente Videoüberwachung durch iCCTV detektiert aggressives Verhalten von Personen und meldet dies an das Train IT-System des Fahrzeuges. Dieses reichert die Meldung mit Informationen zur Position im Zug und Streckeninformation an und sendet sie dann über die Zug-Land-Datenverbindung zur Leitstelle des Betreibers.

Dort werden die Mitarbeiter durch einen Alarm auf den Vorfall aufmerksam gemacht. Sie können sich von der Transportleitstelle aus einen Livestream der entsprechenden Kamera auf dem Fahrzeug ansehen, um die Situation zu beurteilen. Dann können sie über mögliche Maßnahmen entscheiden: etwa eine Durchsage im Zug vornehmen, das Zugpersonal informieren oder Sicherheitspersonal und/oder Rettungskräfte benachrichtigen.

#### Anwendungsfall Belegungsgrad

Zeitnahe Informationen über die Auslastung von Fahrzeugen und einzelnen Wagen erlauben es den EVU, ihre Fahrgäste schon vor Ein-

stieg ins Fahrzeug über die Auslastung einzelner Zugabschnitte zu informieren. Damit wird eine gleichmäßigere Verteilung der Passagiere beim Ein- und Aussteigevorgang erreicht.

Um den Belegungsgrad eines Zugabschnittes festzustellen, detektiert und zählt die intelligente Videoüberwachung Personen, die sich in den einzelnen Zugabschnitten aufhalten. Daraus entstehen wertvolle Informationen, in welchen Bereichen der Zug stark gefüllt ist und wo noch viel Platz ist. Anzeigemedien am nächsten Bahnhof können wartende Fahrgäste bereits vor Eintreffen des Zuges darüber informieren, wo ein komfortables und rasches Einsteigen möglich ist. Dies wirkt sich nicht nur positiv auf die Zufriedenheit der Fahrgäste aus, sondern reduziert auch Umsteigezeiten und erhöht die Zuverlässigkeit, dass der Fahrplan eingehalten werden kann.

#### Anwendungsfall Sonderbereiche und Sitzplatzbelegung

Besondere Aufmerksamkeit bei der Suche nach freien Plätzen im Zug verdienen Fahrgäste, die dabei weniger schnell und flexibel agieren können, wie beispielsweise Personen im Rollstuhl und Personen mit Kinderwagen oder einem Fahrrad. Intelligente Videoüberwachung analysiert die Belegung der vorhandenen Sondernutzungsplätze im Zug. Damit können Betreiber diesen Fahrgästen die nötigen Informationen liefern, um ihnen eine geeignete Einsteige-Position am Bahnsteig zu empfehlen.

Auf die gleiche Weise kann iCCTV auch Daten über die Belegung von Standard-Sitzplätzen liefern. Sofern am Bahnhof oder in einer Fahrgast-App eine Sitzplatzgenaue Anzeige möglich ist, können EVU es beispielsweise einer vierköpfigen Familie leichter machen, eine passende Sitzgruppe zu finden.

## RAILWAY



DC Schütz  
CP



AC Schütz  
CF



Fahrschalter



Steckverbinder  
UIC-IT



Schnapp-  
schalter

**SCHALTBAU**  
Connect Contact Control



Schalten und Steuern bei Höchstbeanspruchung

Halle 2.2 Stand 110  
20.-23.09.2022, Berlin



Abb. 2: Standard-Anonymisierung

#### Anwendungsfall Zug-Leer-Erkennung

Bevor das Fahrzeug am Ende der Fahrt abgestellt und verschlossen werden kann, muss sichergestellt werden, dass sich niemand mehr darin befindet. Intelligente Videoüberwachung unterstützt den Triebfahrzeugführer (Tf) bei dieser Aufgabe, indem sie Personen oder größere Objekte detektiert und dem Tf meldet, an welcher Stelle im Zug sich diese befinden. Damit kann täglich Personalzeit eingespart werden.

#### Entwicklung des Systems und Datenschutz

Bei der Videoüberwachung im öffentlichen Raum hat der Schutz persönlicher Daten eine hohe Priorität. Im Produktiveinsatz gewährleistet iCCTV den Schutz personenbezogener Daten dadurch, dass die entstehenden Videodaten direkt im Zug im Hauptspeicher der Re-

cheneinheit in Echtzeit verarbeitet werden. Sie werden zu keiner Zeit – auch nicht temporär – auf einem Datenträger gespeichert. Das System bezieht die Bilder direkt von den Kameras, verarbeitet sie ausschließlich im flüchtigen Speicher und löscht sie anschließend vollständig. Die ermittelten Ergebnisse, wie z. B. Zählung der Personen oder bestimmte Ereignisse, sind abstrakt und ohne Personenbezug. Für die Entwicklung von iCCTV war und ist es erforderlich, die intelligente Videoüberwachung jeweils für die spezifische Zugflotte nachzutrainieren, in der sie eingesetzt werden soll. Dieses Nachtraining geschieht beim Hersteller mit echtem Videomaterial aus den betreffenden Zügen. Hierbei, ebenso wie beim Produktiveinsatz des Systems, müssen stets die strikten Vorgaben der europäischen Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) eingehalten werden.

Beim kunden- bzw. flottenspezifischen Nachtraining des Systems lassen sich diese rechtlichen Anforderungen an den Schutz personenbezogener Daten durch herkömmliche Anonymisierungsverfahren nur mit großem Aufwand erfüllen.

Die Funktionsweise dieser herkömmlichen Verfahren ist in Abb. 2 dargestellt: Zunächst werden Personen bzw. Gesichter mit einem vortrainierten Modell im Bild detektiert, anschließend können die detektierten Bereiche verfremdet (z. B. verpixelt) werden. Dieser Ansatz hat jedoch eine inhärente Schwäche: Kein Detektionsmodell kann mit Sicherheit alle Personen in Bildern detektieren; Personen bleiben aber unverfremdet, wenn das Detektionsmodell sie nicht als solche erkennt.

#### Neuartiges Anonymisierungsverfahren

Um dieses Problem zu lösen, hat SMO ein Verfahren entwickelt, bei dem das System parallel zwei sich ergänzende Anonymisierungsstrategien verfolgt.

Zum Verständnis muss man zunächst wissen, dass die Entwicklung von KI-Erkennungsverfahren sowohl das Bildmaterial benötigt als auch die Information darüber, was im Bildmaterial zu sehen ist (sog. ground truth oder Annotation). Bei dem von SMO entwickelten Verfahren werden die Originalbilder so vorverarbeitet, dass sie noch zum Training und zur Annotation geeignet sind, aber nicht mehr rekonstruiert werden können.

Jedes einzelne Bild des Videos wird parallel durch zwei Verarbeitungsschritte geführt, wie in Abb. 3 dargestellt ist. Zum einen werden aus dem Videobild die für das Training der KNN wesentlichen Features extrahiert und gespeichert. Die Feature-Extraktion ist irreversibel, d. h. es ist nicht möglich, aus den gespeicher-

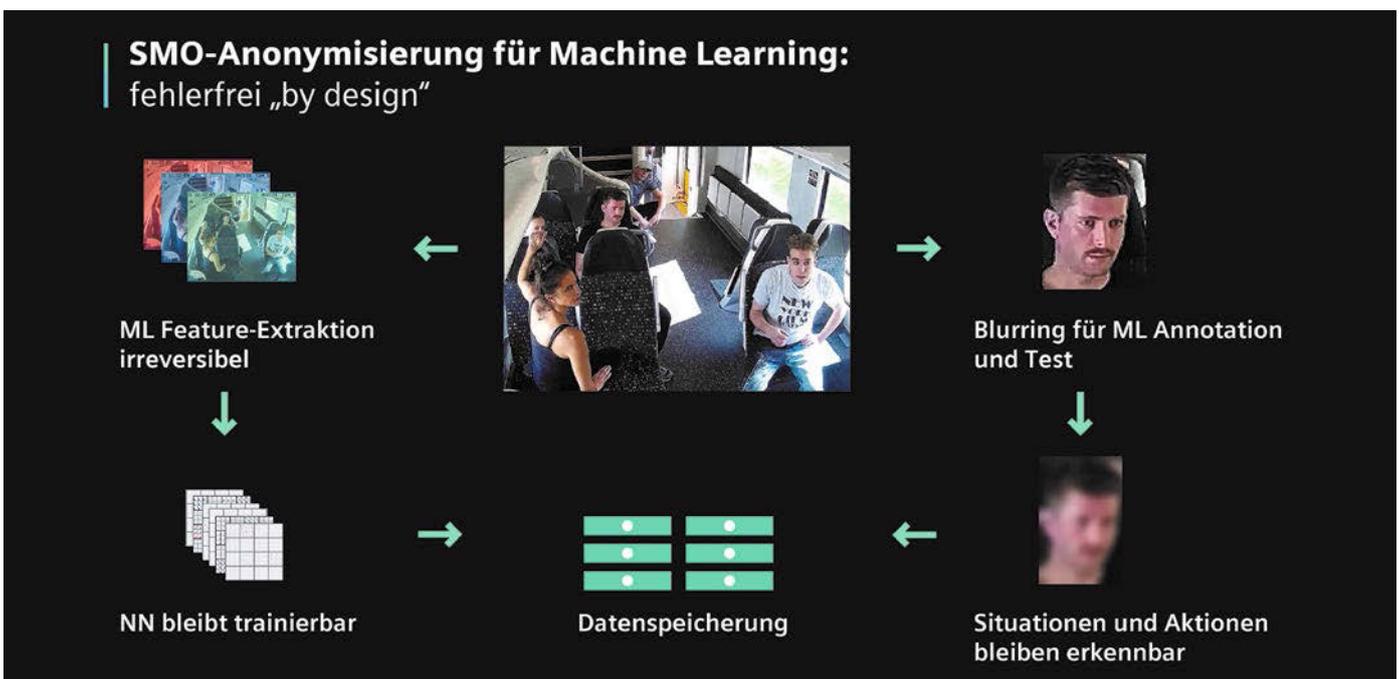


Abb. 3: Anonymisierung für Machine Learning (ML)



ten Features das Originalbild zu rekonstruieren. So zielt iCCTV z.B. bei der Aggressionserkennung allein auf typische Bewegungsmuster ab; die identifizierenden Merkmale der beteiligten Personen spielen dabei keine Rolle.

Zum anderen werden für die bei Training und Test benötigten Annotationsdaten die Bilder verkleinert und durch Glättung verfremdet, sodass Personen nicht mehr identifiziert werden können. Die Entwickler und Annotierer können dennoch weiterhin Situationen und Aktionen im Bild genau genug erkennen, um zu beurteilen, ob das System seine Erkennungsaufgabe korrekt erfüllt hat. Die so veränderten Bilder werden gespeichert. Wenn beide Verarbeitungsschritte abgeschlossen sind, wird das Originalbild aus dem Arbeitsspeicher gelöscht.

Sowohl Feature-Extraktion als auch Verfremdung werden stets auf das gesamte Bild angewendet, sodass es keine Detektionslücken wie bei herkömmlicher Anonymisierung geben kann.

Bei der Erhebung der Trainingsdaten werden beide Anonymisierungsverfahren im Zug auf die Originaldaten angewendet. Gespeichert werden nur die anonymisierten Daten, während die Originaldaten nicht gespeichert werden. Damit enthalten die für das KI-Training gespeicherten Daten keine personenbezogenen Daten mehr.

Diese Vorgehensweise vereinfacht die rechtskonforme Handhabung und Speicherung der Videodaten: Erstmals können Videodaten mit Personenbezug rechtssicher im Bereich der DSGVO verarbeitet werden, ohne sich Nachteile für die Erkennungsaufgabe einzuhandeln. Da keine personenbezogenen Daten gespeichert werden, müssen Betreiber keine besonderen Maßnahmen zu deren Schutz treffen. Gleichzeitig erhöht dieser Ansatz die Akzeptanz des Systems bei den Passagieren.

#### Fazit

EVU können auf Basis von iCCTV verschiedene Funktionen realisieren, die sowohl für Passagiere als auch für das Betriebspersonal nützlich sind: Etwa eine dynamische Sonderplatzerkennung, wagengenaue Belegungsanzeige und die Meldung, dass sich keine Fahrgäste mehr im Zug befinden. All diese Funktionen können z.B. als Web-Schnittstellen oder Apps realisiert werden.

Insbesondere die Aggressionserkennung ermöglicht ein direktes Eingreifen des EVU-Personals in kritischen Situationen. Sie trägt dadurch zum Sicherheitsgefühl und Wohlbefinden der Passagiere bei und hilft dem EVU, Betriebsstörungen zu vermeiden. Gleichzeitig erlauben der Aufbau von iCCTV generell und insbesondere der Einsatz des innovativen Trainingsverfahrens die strikte Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorgaben sowohl in der Trainings- als auch in der Einsatzphase.

Intelligente Videoüberwachung nutzt großenteils vorhandene Ausstattung im Fahrzeug, um einen deutlich größeren Funktionsumfang zu bieten. Weit über die bloße Beweissicherung hinaus erlaubt diese Technik innovative Funktionen für einen effizienteren Bahnbetrieb, höhere Pünktlichkeit und mehr Fahrgastkomfort. ■



#### Dr. Michael Schüssler

Technical Product Owner iCCTV  
Siemens Mobility GmbH, Berlin  
michael.schuessler@siemens.com



#### Karsten Gerloff

Software Business Architect  
Siemens Mobility GmbH, München  
karsten.gerloff@siemens.com

# 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](http://www.wago.com/de/bahntechnik)

# Messtechnische Ermittlung des realen Lichtraumbedarfs

Bestimmung der Einflüsse auf den Lichtraumbedarf und die Fahrzeugstellungen im Gleis von Multigelenk- und Drehgestellfahrzeugen



Abb. 1: Fahrzeug im Messfeld

Quelle: CE cideon engineering (Aufnahme während Messkampagne)

STEFAN SCHUBERT | DIRK FISCHER |  
STEPHAN SCHULTZE

**In Städten stehen dem öffentlichen Nahverkehr limitierte Flächen für die Nutzung zur Verfügung. Jedoch werden immer höhere Beförderungskapazitäten mit höherem Komfortbedarf nachgefragt. Dieser Konflikt ist mit breiteren Fahrzeugen in der Neubeschaffung lösbar. Die bestehenden Berechnungsverfahren bilden nicht alle möglichen Fahrzeugkonfigurationen von Multi-Gelenkfahrzeugen exakt ab – hier muss mit Ersatzmodellen gearbeitet werden. Dabei stellen sich folgende Fragen: Wie können diese Worstcase-Lichtraumbedarfe für reale Situationen in eine bewertbare Situation überführt werden? Wie können die Risiken einzelner den Lichtraumbedarf bestimmender Einflüsse verifiziert und bewertet werden? Dieser Fachbeitrag richtet sich an Fahrzeughersteller, Verkehrsdienstleister und Sicherheitsbeauftragte.**

Die Bestimmung des Lichtraumbedarfs, zum Beispiel gemäß TRStrab Lichtraum [1], ist ein

wesentlicher Bestandteil für die Genehmigung der Inbetriebnahme von Straßenbahn-, U-Bahn- und sonstigen Fahrzeugen, welche im ÖPNV gemäß BOStrab [2] eingesetzt werden.

Für den Fahrzeugbau werden Ausragungen des jeweiligen Fahrzeugkonzeptes vorab bestimmt und der Lichtraumgrenze gegenübergestellt. Der Grund des Vorgehens ist es zum einen, den größtmöglichen Bauraum für das Fahrzeug festzulegen und zum anderen, sicher innerhalb der Lichtraumumgrenzung zu verbleiben, damit es zu keinen Berührungen an der Infrastruktur oder Berührungen bei einer Begegnung mit anderen Fahrzeugen kommen kann.

Die Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB AG) hat sich dieser Aufgabe gestellt und ist aktuell dabei, neue breitere Fahrzeuge zu beschaffen und eine Inbetriebnahmegenehmigung zu erwirken. Die Nachweisführung für die Einhaltung der Grenzen des lichten Raumes beinhaltet die Lichtraum-Bedarfsrechnung des Fahrzeugherstellers und die Verifizierung der Berechnung durch Versuche. Die CE cideon engineering GmbH & Co. KG (CE) unterstützt die DVB AG bei der Bewertung der theoretischen Lichtraum-Bedarfsrechnung und bei der ver- suchstechnischen Nachweisführung.

Hierzu wurden seitens CE

- die Messkampagne vorbereitet und spezifiziert,
- das Messverfahren ausgewählt und validiert,
- die Messungen gemeinsam mit den Partnern Davoscan GmbH und MeGo GmbH durchgeführt (Abb. 1) und
- die Messdaten ausgewertet.

## Theoretischer Hintergrund

Die TRStrab Lichtraum [1] definiert den Lichtraumbedarf als den „Raum, den ein Fahrzeug unter Berücksichtigung der horizontalen und der vertikalen Bewegungen sowie aller Toleranzen und Verschleiße benötigt“. Er ergibt sich aus den Parametern der

- halben Fahrzeugbreiten zuzüglich der
- bogengeometrischen Ausragungen und
- der kinematischen Ausragungen.

Die Einflussgrößen auf den Lichtraumbedarf werden gemäß TRStrab Lichtraum [1] wie in Abb. 2 eingeteilt.

Die nicht zufallsbedingten Faktoren gehen als lineare Größen in den Lichtraumbedarf ein. Hierbei ist die Signifikanz des Betrages der Einzelfaktoren zu berücksichtigen, da nicht jede Einflussgröße einen großen Anteil an dem Gesamtlichtraumbedarf besitzt. Einflussgrößen mit geringem Anteil müssen nicht versuchstechnisch erneut gemessen werden. Sie werden als feste Werte in die anschließende Parameterbewertung übernommen und nicht mehr als variable Größen betrachtet. Durch dieses Vorgehen reduziert sich die Anzahl an variablen Einflussgrößen. Die Anteile der zufallsbedingten Faktoren werden quadratisch aufsummiert und anschließend radiziert. Erfahrungsgemäß ergibt sich dieser Anteil für den Lichtraumbedarf aus dem größten Einzelanteil. Kleine Beträge werden zwar statistisch berücksichtigt, spielen aber für den Gesamtlichtraumbedarf keine signifikante Rolle.

## Lösungsansatz zur Verifizierung der Einflussgrößen

Die Verifizierung der Einflussgrößen erfolgt in der Regel einzeln in Versuchsständen. Das Ergebnis sind die Minimal- und Maximalwerte, jedoch nicht die unter realen Bedingungen auftretenden Beträge der Einflussgrößen. Mit dem messtechnischen Nachweis am Fahrzeug unter realen Streckenbedingungen wird die Möglichkeit geschaffen, die bestimmenden statischen und kinematischen Einflüsse auf

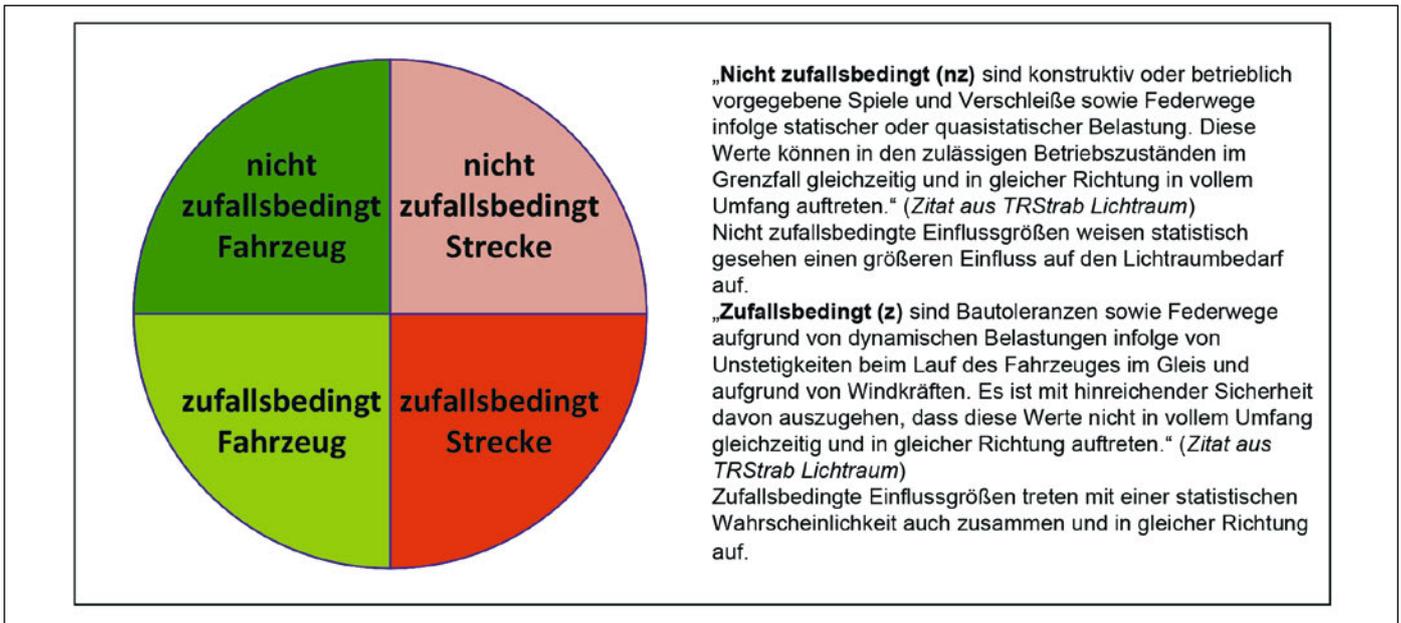


Abb. 2: Einteilung der Einflussgrößen auf den Lichtraumbedarf gemäß TRStrab Lichtraum

Quelle: CE cideon engineering

den Lichtraumbedarf (fahrzeug- und gleistechnische Anteile) zu bestimmen. Aus den daraus gewonnenen Messergebnissen werden im Anschluss Parameterbewertungen durchgeführt, um so die Auslegungswerte für die theoretische Lichtraumuntersuchung mit realen Messergebnissen vergleichen zu können.

### Messverfahren

Für die messtechnische Erfassung des realen Lichtraumbedarfes wird ein fotogrammetrisches Verfahren verwendet. Zur Vorbereitung der dynamischen Messungen in der realen Gleisgeometrie sind drei Schritte erforderlich.

- Schritt 1: Das Fahrzeug wird mit Messmarkierungen ausgerüstet. Es wird statisch im Messsystem im Raum (3D) eingemessen.
- Schritt 2: Die Messmarkierungen werden koordinatenbasierend im Raum ausgegeben. Die zugehörigen Starrkörperkonturen der Wagenkästen und der Fahrwerke werden in die Messpunkt wolke integriert. Durch dieses Verfahren können koordinatenbasierende Auswertepunkte (Abb. 3) festgelegt werden.
- Schritt 3: Die Gleisgeometrie (Abb. 4) eines „Einmessgleises“ und die reale Gleisgeometrie an der jeweiligen Messstelle im Netz

werden superpositioniert, um Aussagen über die realen Gleisparameter

- Spurspiel,
- Spurweite und
- Schienenverschleiß an der Bogenaußen- und Bogeninnenseite zu erhalten.

Die dynamischen Messungen in Form von Vorbeifahrten am Kameramesssystem erfolgen an ausgewählten signifikanten Messstellen im Streckennetz. Für die Messstellen bieten sich horizontale Bögen mit den für das jeweilige Netz typischen Bogenradien an. Exemplarisch genannt werden  $R_B = 25\text{ m}$ ,  $R_B = 100\text{ m}$ ,

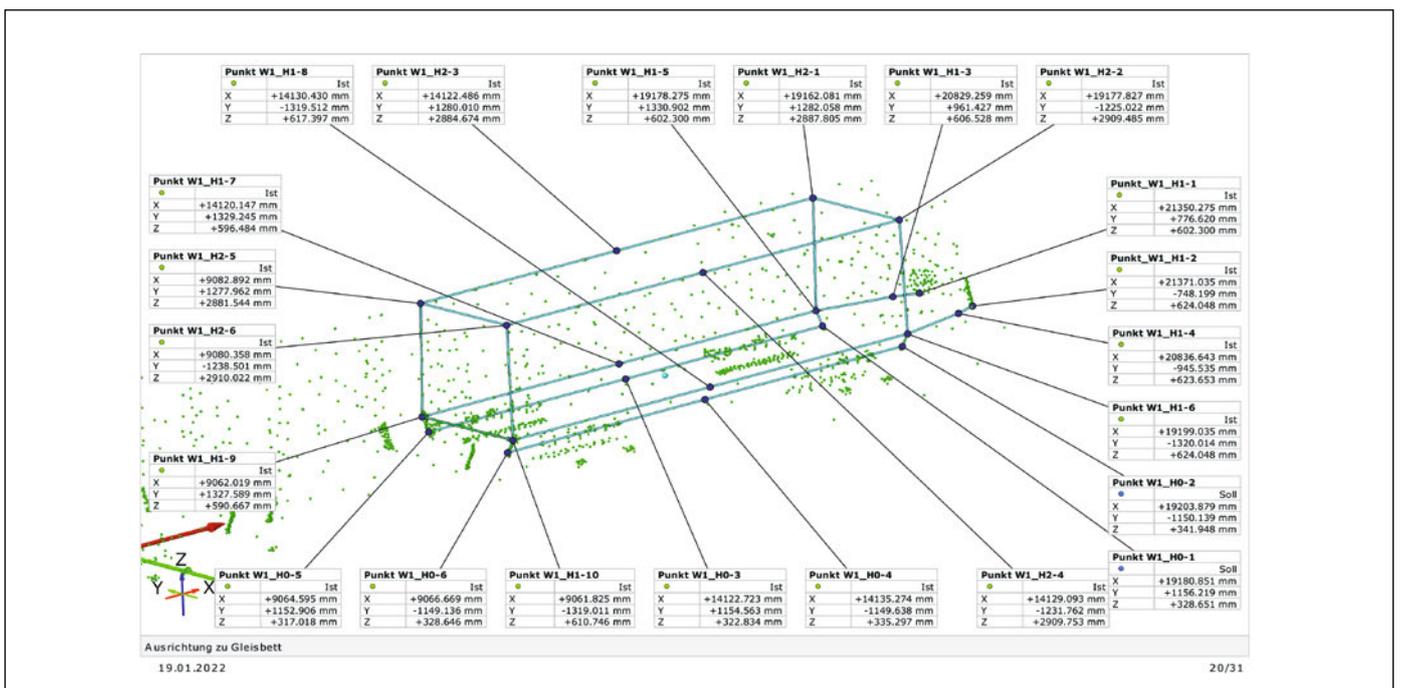


Abb. 3: Koordinatenbasierende Auswertepunkte

Quelle: Me-go



Abb. 4: Ermittlung der Gleisgeometrie Quelle: CE cideon engineering (Aufnahme während Messkampagne)

$R_{Bv} = 500 \text{ m} \rightarrow R_B = 500 \text{ m}$ . Diese werden mit konstanten Geschwindigkeiten wiederholt durchfahren. Die Wiederholungen sind erforderlich, um eine statistisch relevante Anzahl an Messreihen zu erhalten.

#### Auswertung der Messergebnisse

Die Messergebnisse werden z.B. in Tabellenform (Auswertung von Maximalwerten etc.) und geometrisch mittels Spurlinienverfolgung als Trajektorienschär (Abb. 5) ausgegeben. Bei einer Aufspreizung des Ausgabebereiches ist das fahrzeugspezifische Verhalten bzw. der

reale Lichtraumbedarf nachvollziehbar. Abb. 6 zeigt die Spurlinienverfolgung als Trajektorie über den Messbereich hinaus.

#### Bewertung

Das Messverfahren bietet in der Anwendung wesentliche Vorteile:

- Validierung der signifikanten Einflussgrößen mit realen Beträgen
- Berücksichtigung realer Gleisgeometrien
- Hochrechnungen für den Lichtraumbedarf der Fahrzeuge bei Verschleiß der Gleise und der Räder

- bei freiliegenden Schwellengleisen können die Schwellenbewegungen mit vermessen und ausgewertet werden
- geringe Rüstzeiten, keine Verwendung von Sensorik auf dem Fahrzeug
- berührungslose Messungen
- Messungen im laufenden Betrieb möglich
- geringe Vorbereitungszeiten
- geringer Logistikaufwand seitens des Betreibers zur Ermöglichung der Messversuche.

Die hohe Flexibilität und Einsatzbreite des Messverfahrens, die geringen Aufwände in der Vorbereitung, die Durchführung der Messungen bei laufendem Betrieb sowie die umfangreichen systematischen Auswertmöglichkeiten bieten somit eine praxistaugliche Messmethode für alle Arten von Schienenfahrzeugen. Zudem besteht erstmalig die Möglichkeit, die signifikanten Einflussfaktoren des Lichtraumbedarfes in allen Raumrichtungen sowie für jeden beliebigen Fahrzeugkonturpunkt messtechnisch zu verifizieren. ■

#### QUELLEN

- [1] Technische Regeln für Straßenbahnen – Bemessung des lichten Raumes von Bahnen (TRStrab Lichtraum), Fassung vom 25.03.2015  
 [2] Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung – BOStrab), Dezember 1987; Deutsche Bau- und Betriebsordnung Straßenbahnen

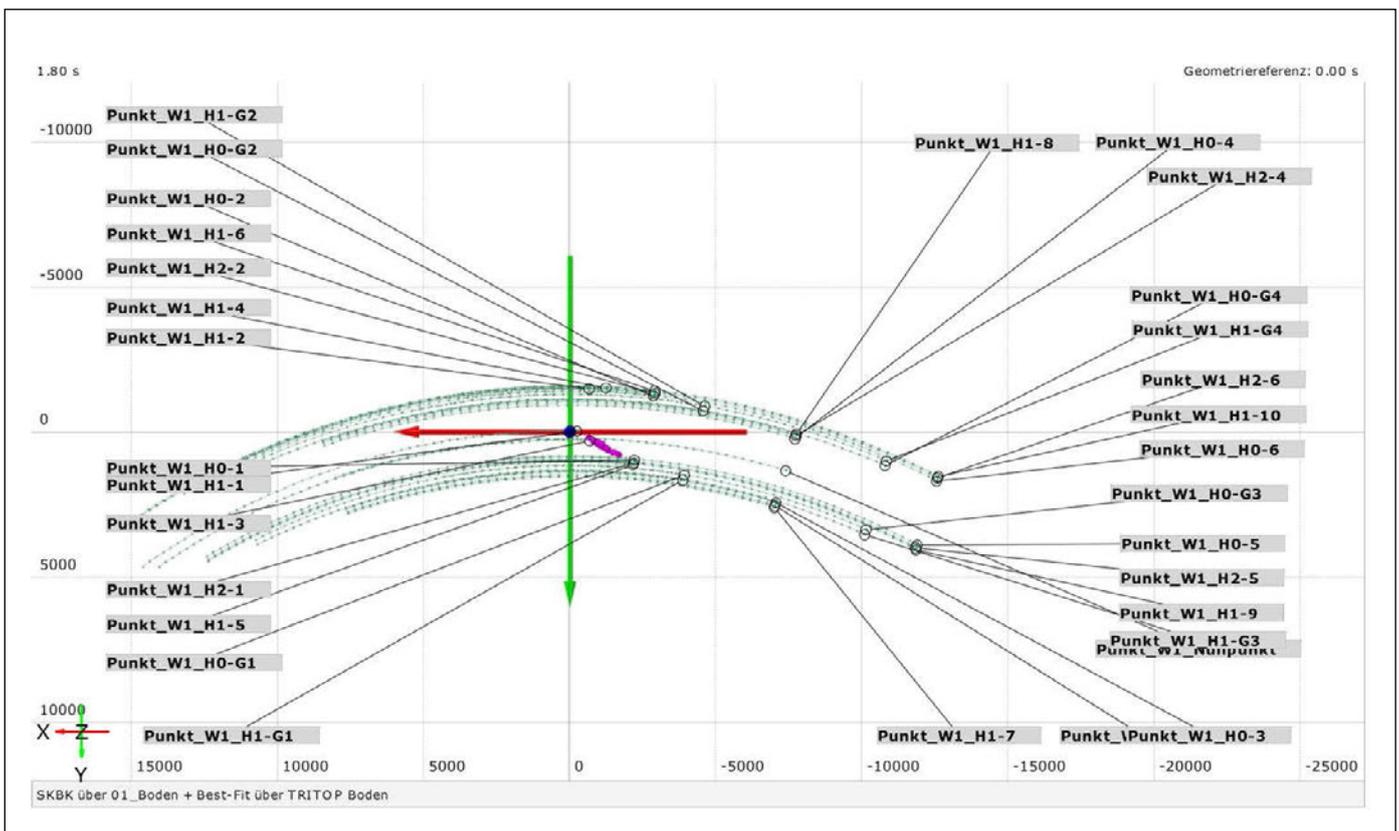


Abb. 5: Trajektorienschär der Auswertepunkte

Quelle: Me-go

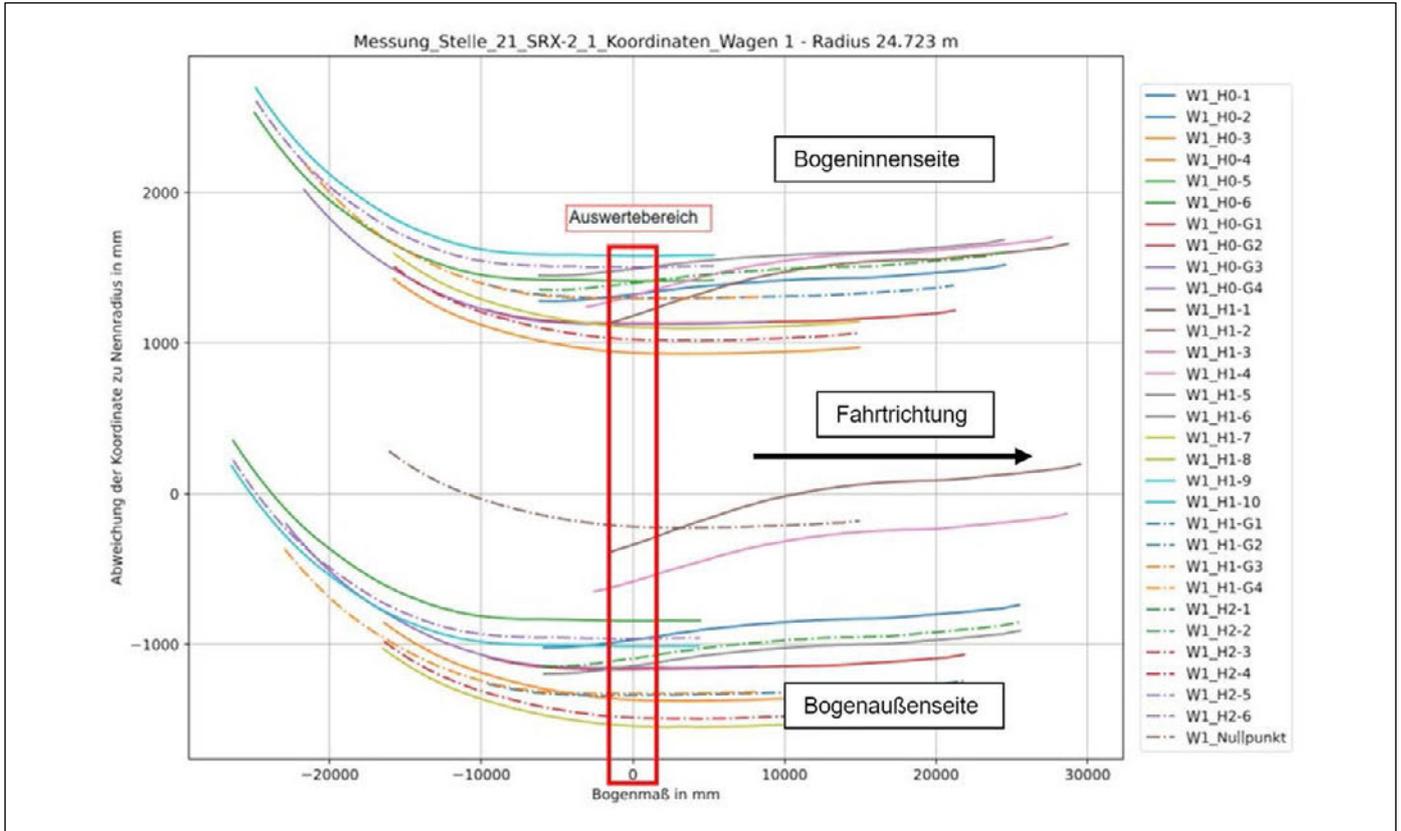


Abb. 6: Überlagerung der Trajektorien im Auswertebereich

Quelle: Me-go

**Dipl.-Ing. Dirk Fischer**

Gutachter & Projektleiter  
CE cideon engineering  
GmbH & Co. KG, Bautzen  
dirk.fischer@cideon-engineering.com

**Dipl.-Ing. IWE Stefan Schubert**

Sachverständiger  
CE cideon engineering  
GmbH & Co. KG, Bautzen  
stefan.schubert@cideon-engineering.com

**Dipl.-Ing. Stephan Schultze**

Verantwortlicher Ingenieur  
Fahrzeugtechnik Straßenbahn  
Dresdner Verkehrsbetriebe AG, Dresden  
stephan.a.schultze@dvbag.de



Viale dell'industria 65  
21052 Busto Arsizio Italy  
+39 0331 1262011  
marketing@tmctransformers.com  
tmctransformers.com

**TMC has a wide range of MV and LV transformers  
for railway traction fixed electrical substations.**

**The products are in dry type technology  
both cast resin and VPI.**

**360° RAILWAYS  
EXPERTISE**



# Wagenkasten-Strukturprüfung am neuen Dresdner Straßenbahnfahrzeug

Das Straßenbahnfahrzeug NGT DX DD der Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB) wurde durch statische Belastungstests von Applus+ IMA Dresden geprüft.



Abb. 1: Das neue Straßenbahnfahrzeug NGT DX DD auf der Strecke in Dresden

Quelle: DVB AG

THORSTEN VOIGT | THORALF GRAFE |  
TONI EHRIG

**Nach zwei Jahren der Entwicklung, Prüfung und Zertifizierung wurde das neue Straßenbahnfahrzeug vom Typ NGT DX DD für Dresden im Oktober 2021 vorgestellt. Auch für renommierte Fahrzeughersteller wie Alstom und erfahrene Prüfinstitutionen wie die Applus+ IMA Dresden (IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH) ist die Erprobung von Wagenkästen für neue Fahrzeuge ein besonderes Ereignis. Das galt bei der Festigkeitsprüfung des neuen Fahrzeugs für Dresden insbesondere, denn das lange, multimodulare Fahrzeug stellt auch technisch besondere Anforderungen an die Erprobung.**

## Einleitung

### Das neue Fahrzeug NGT DX DD

Mit dem neuen Fahrzeug NGT DX DD setzen die Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB) in Dresden einen weiteren Akzent beim Ausbau des ÖPNV in der Stadt (Abb. 1). Die Fahrzeuge werden bei

Bombardier Transportation, das seit 2021 Teil der Alstom-Gruppe ist, hergestellt. Bis 2023 sollen 21 Einrichtungsfahrzeuge und neun Zweirichtungsfahrzeuge beschafft werden. Das Vorhaben wird durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) unterstützt. Die Gelenkfahrzeuge bestehen aus fünf Wagenkästen. Die beiden Endwagenkästen ruhen statisch auf je zwei Drehgestellen. Das kurze Mittenmodul ist mit einem Fahrwerk ausgestattet. Zwischen Endwagenkästen und Mittenmodul befindet sich jeweils ein frei schwebendes Sänftenmodul.

Besonders wichtig war der DVB bei der Ausschreibung der Fahrzeuge eine hohe Platzkapazität. Die neuen Bahnen sind mit 43,30 m fast so lang wie das Vorgängerfahrzeug NGT D12 DD, gleichzeitig aber mit 2,65 m stolze 35 cm breiter. Ein besonders hervorstechendes optisches Merkmal der Fahrzeuge sind die großen Panoramafenster in den Endwagenkästen und den Mittenmodulen.

An den Wagenkästen eines Serienfahrzeuges sollte durch eine statische Erprobung der Nachweis erbracht werden, dass die Fahrzeugflotte den Festigkeitsanforderungen gerecht wird, die der tägliche Fahrgasteinsatz stellt. Aufgrund des komplexen Fahrzeugaufbaus und des en-

gen Zeitplans ist die Durchführung einer solchen Erprobung technisch und organisatorisch anspruchsvoll.

### Prüfaufbau

Bei modernen Straßenbahnfahrzeugen genügt es nicht, einzelne Wagenteile separat zu erproben. Stattdessen muss der Verbund der Wagenteile als Ganzes betrachtet werden. Im Bereich des Untergestells sind benachbarte Wagenkästen jeweils gelenkig miteinander verbunden. Zusätzlich sind im Dachbereich zwischen den Wagenteilen Gelenke vorgesehen, die bestimmte Bewegungsfreiheitsgrade zwischen den Wagenteilen sperren. Diese Lagerung führt zu wechselseitig komplexen Beeinflussungen benachbarter Wagenkästen, die in der Festigkeitserprobung richtig wiedergegeben werden müssen.

Der NGT DX DD ist mit seiner Länge von mehr als 43 m zu lang für den Prüfstand der IMA Dresden. Da die Wagenkästen aber weitgehend spiegelsymmetrisch aufgebaut sind, wurde beschlossen, nur einen Teilverband (Endwagenkasten, Sänftenmodul, Mittenmodul) zu erproben (Abb. 2, 3).

Am offenen Ende des Mittenmoduls muss der Prüfaufbau die Lagerbedingungen der Gelen-

# Der Schienen- bändiger

## Der Zweiwegebagger A 924 Rail Litronic

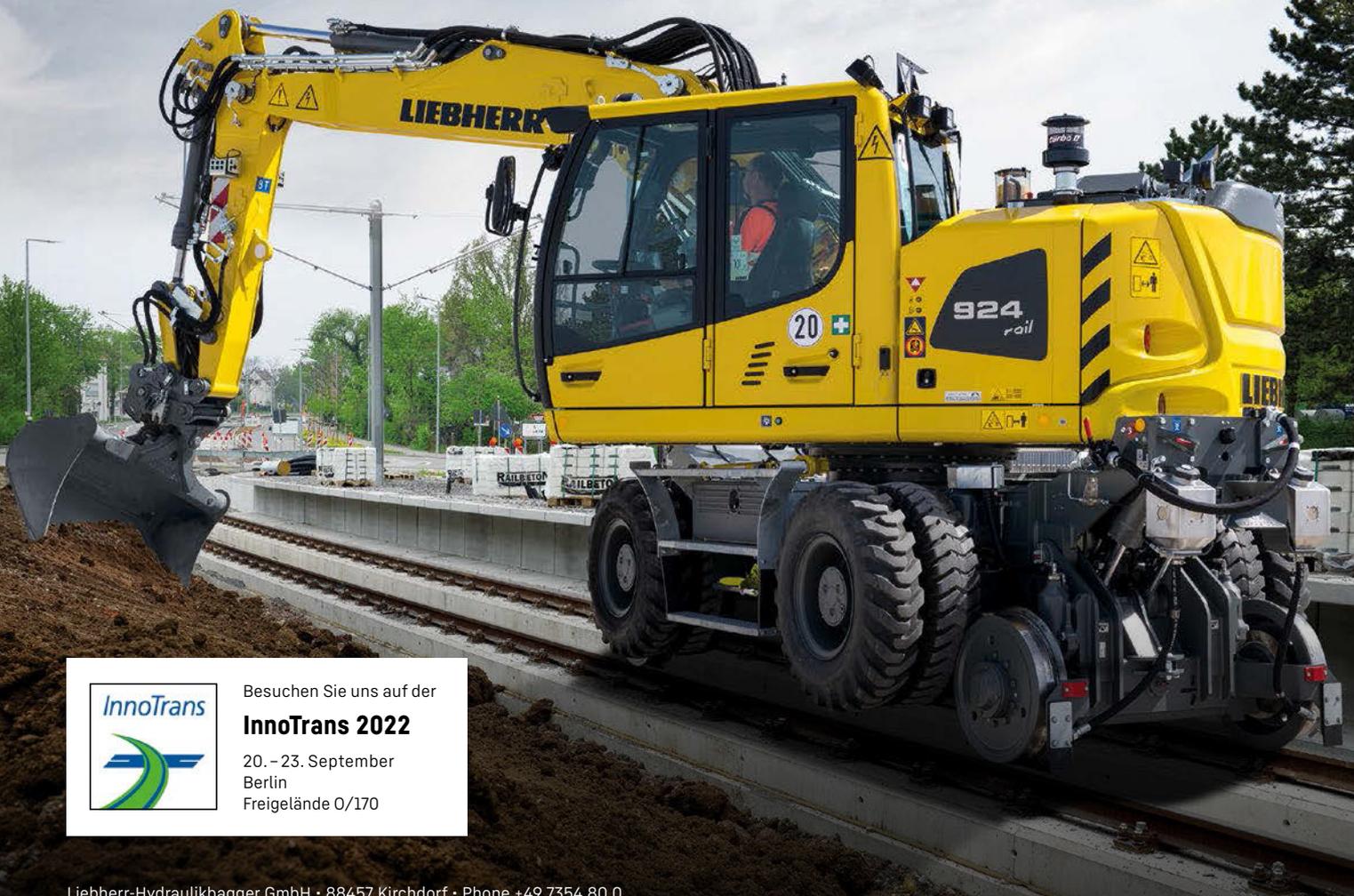
Das perfekt abgestimmte Hydrauliksystem kombiniert mit dem Liebherr-Schnellwechselsystem LIKUFIX macht den Zweiwegebagger auf jeder Baustelle zum flexiblen und kontinuierlichen Leistungsträger.  
[www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)

# LIEBHERR

Zweiwegebagger

Mit ECM-  
Zertifizierung

Mehr Informationen unter:



Besuchen Sie uns auf der  
**InnoTrans 2022**

20. - 23. September  
Berlin  
Freigelände 0/170

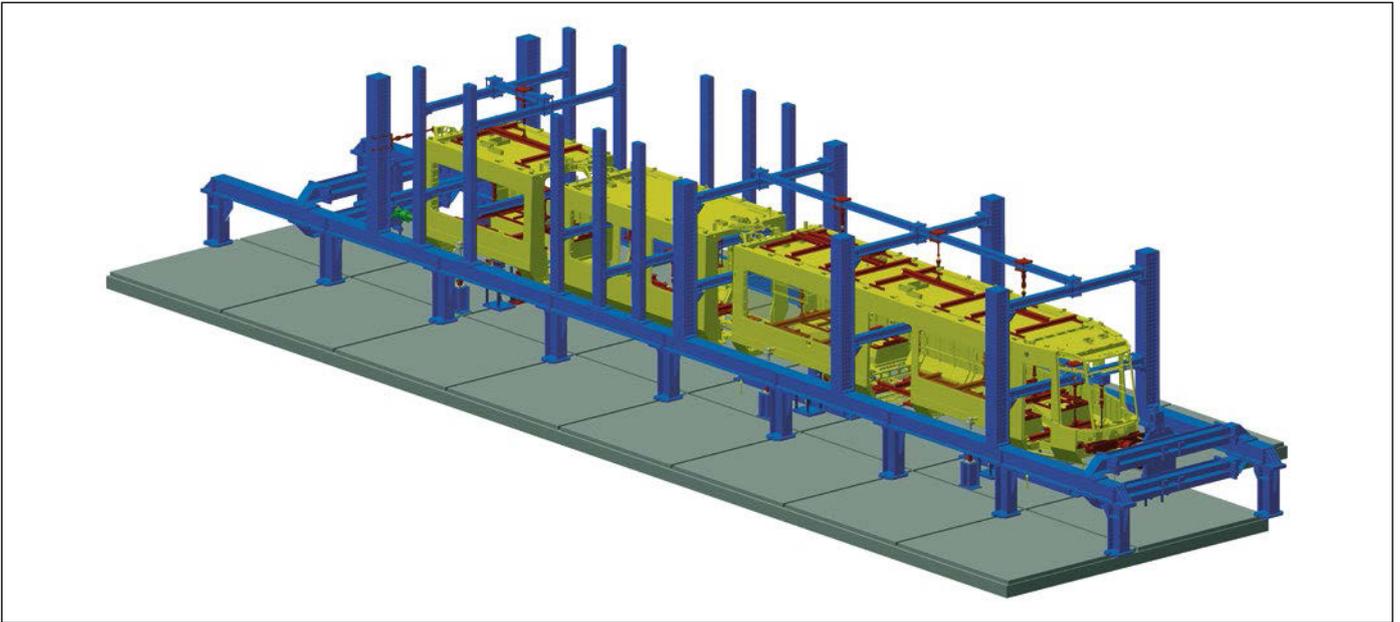


Abb. 2: Konzept Prüfstands Aufbau drei Wagenkästen

Quelle Abb. 2-8: IMA Dresden

ke unten und oben im Dachbereich richtig berücksichtigen. Über das untere Gelenk ist vor allem die Längskraft zu übertragen und in den Prüfraum einzuleiten. Da auf diesem Gelenk die benachbarte Sänfte aufliegt, die im Prüfaufbau jedoch fehlt, muss deren Gewichtsanteil in vertikaler Richtung in den Wagenteil eingeleitet werden. Dafür wurde ein separater Lastzylinder vorgesehen (Abb. 4). Im oberen Gelenk ist an der offenen Schnittstelle ein Querlenker montiert, der die Verdrehung der beiden benachbarten Wagenteile um die Längsachse sperrt, aber Drehungen um die beiden anderen Raumachsen ermöglicht (Abb. 5). Die Kräfte, die vor allem bei der Verwindung der Wagenkästen von diesem Lenker übertragen werden, müssen richtig in den Wagenkastenrohbau eingeleitet werden. Auch das übernimmt am Prüfstand ein Zylinder, der in das Prüfstandskonzept integriert wurde.

Die Festigkeitsprüfung wurde am Wagenkastenrohbau ohne montierte Scheiben durchgeführt. Das hat den Vorteil, dass Quertraversen durch die Fensteröffnungen von einer Fahrzeugseite zur anderen geführt werden können, an denen sich Vertikalzylinder abstützen. Damit können Lasten infolge von Fahrzeugzuladung recht einfach, automatisiert und in beliebiger Stufung aufgebracht werden.

Eine Ausnahme hierbei bilden die großen eingeklebten Panoramasscheiben. Sie stellen Herausforderungen für die konstruktive Gestaltung der Wagenkastenstruktur dar, denn das Zusammenwirken aus flexiblem Wagenkasten und steifer Fensterscheibe muss so gestaltet sein, dass – insbesondere unter der Verwindung der Wagenkästen – die Klebefugen der Fenster nicht überbelastet werden und die Scheibe nicht beschädigt

wird. Deshalb ist in der Testspezifikation definiert, einen Teil der Erprobungen mit und einen weiteren Teil ohne eingeklebte Panoramasscheiben zu absolvieren. Um auch mit Panoramasscheiben die Vertikallasten der Zuladung mittels servohydraulischer Zylinder aufbringen zu können, wurde eine Traverse längs durch den gesamten Endwagenteil geführt, an dem sich die Vertikalzylinder abstützen (Abb. 6).

#### Anforderungen für den Festigkeitsnachweis

Für den Nachweis der Festigkeit von Wagenkästen für Schienenfahrzeuge sind in der Norm EN 12663-1 [2] Vorgaben definiert. Für Stadt- und Straßenbahnfahrzeuge gilt darüber hinaus noch die VDV 152 [3].

Beschrieben werden dort Nachweisführungen durch:

- rechnerische Auslegung der Wagenkästen,
- experimentelle Festigkeitserprobung und
- Messfahrten auf der Strecke.

Nach der Art der zu untersuchenden Beanspruchungen wird unterschieden in statische Festigkeitsnachweise und Ermüdungsfestigkeitsnachweise. Experimentell nachgewiesen werden an Wagenkästen üblicherweise statische Lastfälle. Schwingfestigkeitsversuche für den experimentellen Ermüdungsfestigkeitsnachweis werden bislang nur in Einzelfällen durchgeführt [4, 5]. Gängige Praxis sind sie jedoch im Bereich der Drehgestellerproben nach DIN EN 13749 [6]. Im Folgenden werden die wichtigsten Lastfälle beschrieben, die im statischen Versuch zu betrachten sind.



Abb. 3: Prüfaufbau bei Applus+ IMA Dresden

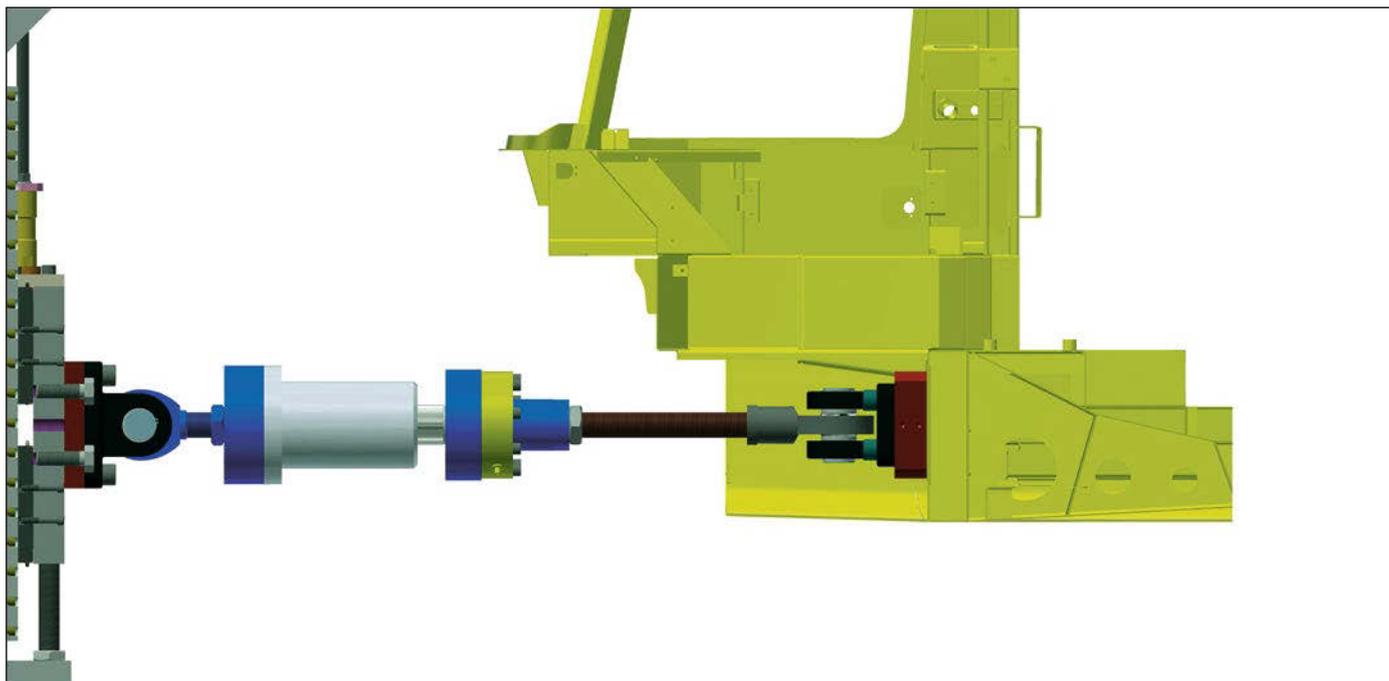


Abb. 4: Einleitung Vertikalkraft und Längskraft unten am freien Ende des Mittenmoduls WT3

### Lastfallkategorien

#### Beladung

Schienenfahrzeuge im Fahrgasteinsatz müssen verschiedene Beladungszustände ertragen können. Wichtige Fälle sind hierbei: das betriebsbereite, aber leere Fahrzeug sowie die als „außergewöhnliche Zuladung“ spezifizierte maximale Beladung des Fahrzeugs. Beim NGT DX DD wurde darüber hinaus noch ein Stoßzuschlag von 30 % auf die maximale Zuladung spezifiziert, der nach VDV 152 z.B. bei einer Weichenüberfahrt des voll beladenen Fahrzeugs auftreten kann.

#### Längskräfte

Weitere wichtige Lastfälle sind Längskräfte, die an den Anbindungsstellen der Fahrzeugkupplung oder der Stoßelemente auftreten

können. Typische Fälle sind der Abschleppbetrieb, bei dem die Kupplung auf Zug belastet wird, sowie ein leichter Aufprall des Fahrzeugs, bei dem über die Energieverzeherelemente des Fahrzeugs Druckkräfte an die Fahrzeugstruktur weitergegeben werden. Straßenbahnfahrzeuge, wie der NGT DX DD, die nach Norm [3, 4] in die Fahrzeugkategorie P V fallen, müssen mindestens 150 kN Zug auf die Kupplung und 200 kN Druck auf die Anbindung der Stoßverzeherelemente ertragen.

#### Anheben

Die dritte große Lastfallkategorie bilden die Lastfälle für das Anheben und Bergen des Fahrzeugs. Niederflrfahrzeuge besitzen oft mindestens zwei verschiedene Typen von Anhebestellen. Zum einen sind dies Anhe-

bestellen im Untergestellbereich. Sie sind direkt unterhalb der Außenlangträger im Bereich von Säulen angeordnet und damit statisch günstig gelegen. Aufgrund der geringen Bodenfreiheit sind sie jedoch beim Eingleisen auf freier Strecke oftmals nicht direkt nutzbar. Deshalb sind weiter oben, im statisch kritischeren Seitenwandbereich, weitere Stellen für das Anheben des Fahrzeugs vorgesehen (Abb. 7). Entgleisungen gehen oft mit einer Verwindung der Wagenkastenstruktur einher. Das tritt auch auf, wenn beim Anheben in der Werkstatt die Hebezeuge nicht ideal gleichlaufen. Die Nachweisstandards sehen hierfür vor, dass ein zusätzlicher Weg von 10 mm, der an einer Anhebestelle aufgebracht wird, untersucht werden muss. Der NGT DX DD soll so-

## 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

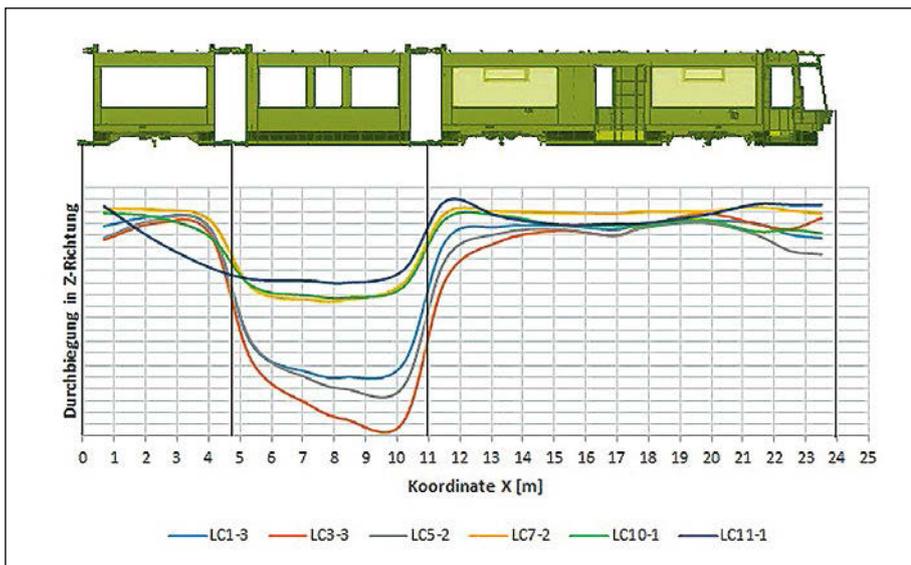


Abb. 5: Einleitung Querkraft oben am freien Ende des Mittenmoduls

gar einer höheren Verwindung unbeschadet standhalten können.

#### Kriterien

Die beschriebenen zu prüfenden Lastfälle sind anspruchsvoll und treten während des Fahrzeugbetriebs nur vereinzelt auf. Dennoch gehören sie zum normalen Einsatzszenario der Fahrzeuge und müssen von den Wagenkästen sicher ertragen werden. Daher muss durch die Prüfung nachgewiesen werden, dass während der Erprobung keine dauerhaft bleibenden Verformungen an der Rohbaustruktur auftreten. Dehnungen, die an kritischen Bereichen des Wagenkastens gemessen werden, sollen nach Wegnahme der Belastung wieder auf den Ausgangswert zurückkehren, und Spannungen, die aus den Dehnungen ermittelt werden, sollen definierte zulässige Werte (im Allgemeinen die Streckgrenze des Werkstoffs) nicht überschreiten.

### Die Prüfung bei Applus+ IMA Dresden

#### Messtechnik

Um die Einhaltung dieser Kriterien zu überwachen, wurde das zu prüfende Fahrzeug mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. Neben dem Nachweis der Festigkeit der Wagenkästen dienen die umfangreichen Messungen dazu, die Berechnungsmodelle des Fahrzeugherstellers zu verifizieren. Beanspruchungen an kritischen Bereichen der Wagenkastenstruktur wurden mittels Dehnungsmessstreifen (DMS) an allen drei Modulen überwacht.

Die Deformationen, die während der Erprobung auftreten, werden vor allem über Wegsensoren gemessen. So wird z. B. ermittelt, welche Biegelinien sich an den Außenlangträgern der Wagenkästen unter den verschiedenen Zuladungen einstellen. Ebenfalls von großem Interesse ist, wie stark sich Fenster- und Türöffnungen, insbesondere unter der Verwindung in den Anhebelastfällen, verformen und ob sich

die Verformungen nach Wegnahme der Belastung wieder vollständig zurückbilden (Abb. 8). Die Übereinstimmung der Reaktionskräfte mit den Lasten aus der Simulation ist ein entscheidendes Kriterium für die Gültigkeit der Messergebnisse im jeweiligen Lastfall. Deshalb werden eingeleitete Kräfte und Reaktionslasten mit Kraftmessdosen überwacht. Dadurch wird der Versuch hinsichtlich des Kraftverlaufs zu jedem Zeitpunkt voll kontrolliert, und es wird sichergestellt, dass keine Kräfte über parasitäre Wege abgeleitet werden.

Zur Erprobung des NGT DX DD kamen

- 150 Dehnungsmessstreifen (DMS),
- 74 Wegaufnehmer und
- 42 Kraftmessdosen zum Einsatz.

Zusätzlich zur Überwachung mittels Messtechnik wurden die Wagenkästen in regelmäßigen Abständen von Applus+ IMA Dresden-Spezialisten auf bleibende Deformationen untersucht.

#### Lastrahmen

Das wohl markanteste bauliche Merkmal einer Festigkeitsprüfung von Wagenkästen für Schienenfahrzeuge ist der Lastrahmen. Er wird um den Prüfling herum aufgebaut, um insbesondere Längslasten ein- und ausleiten zu können. Bei Applus+ IMA Dresden stehen drei dieser Rahmen zur Verfügung, sodass drei statische Erprobungen gleichzeitig stattfinden können. Die Rahmen sind modular aufgebaut, daher flexibel einsetzbar und erlauben die Anpassung an alle Typen von Schienenfahrzeugen: von der Straßenbahn über Metros und Doppelstockwaggon bis hin zu Rahmen oder Wagenkästen schwerer Lokomotiven.

Neben der Aufnahme von Längskräften auf die Ebene von Kupplung und Absorberelementen erlaubt der modulare Rahmen auch die Aufnahme von Vorrichtungen, über die mithilfe von Hydraulikzylindern die Dachlasten, die Lasten durch die Beladung des Fahrzeugs und die Lasten auf die Gelenke am freien Ende des Mittenmoduls eingebracht werden können.

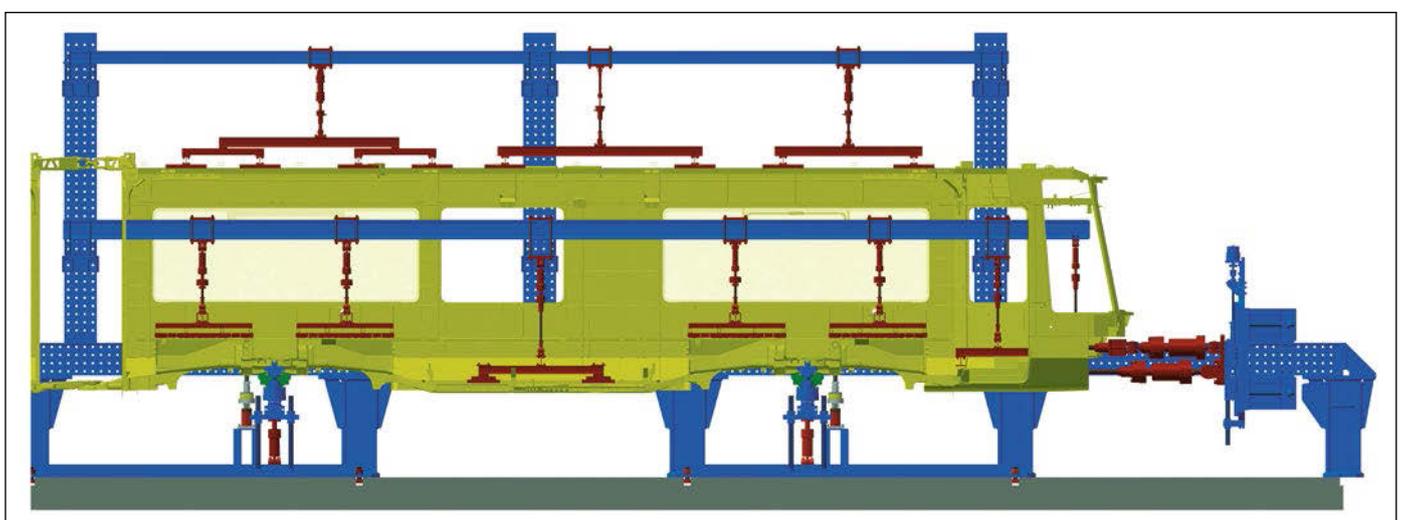


Abb. 6: Längsträger durch Endwagen und Lastgeschirre



**Abb. 7:** Anhebestelle über Einschubbolzen



**Abb. 8:** Wegmessstellen Fensterdiagonalen und Lastgeschirre zur Einleitung der Fahrzeugzuladung

### Lagerung

Die korrekte Lagerung der Wagenkästen während der Erprobung ist eine notwendige Voraussetzung dafür, dass die Messergebnisse mit den Ergebnissen der rechnerischen Lastfallsimulationen vergleichbar sind. Darüber hinaus ist es wichtig, dass in allen Versuchen eine statisch bestimmte Konfiguration von Lasteinleitung und Abstützung vorliegt und so unkontrollierte Bewegungen der Fahrzeugteile ausgeschlossen werden.

Während der Beladungs- und Längskraftlastfälle sind die Wagenkästen so gelagert, dass die originale Abstützung auf den Laufwerken bestmöglich nachgebildet wird. Große Sorgfalt ist darauf zu legen, dass die Lagerung momentenfrei erfolgt und eine leichte Verschieblichkeit der Wagenkästen in Längs- und Querrichtung gewährleistet ist.

An den Stirnseiten des Lastrahmens sorgen höhenverstellbare Schlitzen dafür, dass die Einleitung der Längskräfte am Endwagenteil und die Ausleitung der Kräfte über das Gelenk am Mittenmodul exakt horizontal und höhengleich erfolgen.

Auf diese Weise wird für eine horizontale und fluchtende Lastein- und -ausleitung gesorgt, die der idealen Lastaufbringung der rechnerischen Simulation nahekommt. Bei nicht-fluchtenden Lastelementen besteht die Gefahr, Versatzmomente zu erzeugen, die sich in zusätzlichen Vertikalkraftkomponenten äußern und die Messergebnisse negativ beeinflussen. Die stufenlose Höhenverstellung der Lasteinleitung ermöglichte am NGT DX DD die Lasteinleitung so zu justieren, dass ein exakter Abgleich mit den Simulationsergebnissen erzielt wurde.

### Prüfdurchführung

Für das Aufbringen der Ausrüstungs- und Zuladungslasten, aber auch für von außen eingeleitete Kräfte werden servohydraulische Zylinder verwendet, die über ein elektronisches Regelsystem angesteuert wurden.

Die Installation umfangreicher Technik zur Lasteinlei-



Schnell, effizient und sicher: Diese Ansprüche werden gestellt, wenn es um die Montage und Wartung von Nutz- und Schienenfahrzeugen geht. Besuchen Sie uns auf der **InnoTrans vom 20.09 - 23.09.22, Halle 6.2 Stand 330.**

[www.steigtechnik.de](http://www.steigtechnik.de)

tung und Erfassung von Messgrößen erfordert einerseits einen relativ hohen Aufwand und zeitlichen Vorlauf in der Vorbereitung der Prüfung. Auf der anderen Seite ist es dadurch in einfacher und effizienter Weise möglich, dass alle Lasten gemäß den Anforderungen der Prüfnorm stufenweise aufgebracht und mehrere Male mit größter Genauigkeit wiederholt werden können, um das Setzen der Fahrzeugstruktur zu ermöglichen. Das halb-automatisierte Anfahren der einzelnen Lastfälle sorgt dafür, dass eine große Zahl an Lastfällen in kurzer Zeit absolviert werden kann. Darüber

hinaus können Not-Abschaltbedingungen implementiert werden, die im Fehlerfall auslösen und eine Beschädigung des Prüflings vermeiden.

Die Wagenkastentests fanden im August 2021 statt. Applus+ IMA Dresden gelang es, den Umfang von 53 Lastfällen in knapp zehn Tagen zu absolvieren. Die Festigkeitserprobung des NGT DX DD wurde mit positivem Ergebnis absolviert, sodass die Fahrzeugserie ab Oktober 2021 nach einem feierlichen Roll-out in Dresden in die Phase der dynamischen Inbetriebsetzung starten konnte. ■

#### QUELLEN

- [1] <https://www.dvb.de/de-de/die-dvb/zukunftsprojekte/erneuerung-des-strassenbahnfuhrparks>, 25.01.2022 um 11:15 Uhr
- [2] DIN EN 12663-1: Bahnanwendung – Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen – Teil 1: Lokomotiven und Personenfahrzeuge (und alternatives Verfahren für Güterwagen), Deutsche Fassung EN 12663-1:2010+A1:2014, März 2015
- [3] VDV 152: Empfehlungen für die Festigkeitsauslegung von Personenzugfahrzeugen nach B0Strab, Ausgabe 10/2016
- [4] Bobsien, S.; Fleischer, T. et al.: „Combino-Sanierung: Testprogramm an Wagenkastenstrukturen“, in: EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 11/2007, S. 26-31
- [5] Fleischer, T.; Rennert, R. et al.: „Schadensursachen und Schadensmanagement an Straßenbahnen“, in: Materials Testing (53), 11-12/2011, S. 728-735
- [6] DIN EN 13749: Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen, Deutsche Fassung EN 13749:2011, Juni 2011



**Dr.-Ing. Thorsten Voigt**

Key Account  
Branche Schienenfahrzeuge  
thorsten.voigt@ima-dresden.de



**Thoralf Grafe**

Abteilungsleiter Strukturtests  
thoralf.grafe@ima-dresden.de



**Dr.-Ing. Toni Ehrig**

Geschäftsführer  
toni.ehrig@ima-dresden.de

Alle Autoren:  
Applus+ IMA Dresden, Dresden

## Mehr als 90 Jahre Fachwissen zu Technik und Management moderner Bahnen



HERAUSGEBER  
VERBAND DEUTSCHER  
EISENBAHNINGENIEURE e.V. **VDEI**

EIK

EISENBAHNINGENIEUR  
KOMPENDIUM

2023

Plasser, Theurer

MACHINE • FLEET • INFRASTRUKTUR



Bewerben Sie Ihre Dienstleistung  
oder Ihr Produkt in den Rubriken

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

Anzeigenschluss:  
25.10.2022

Buchten Sie jetzt

➔ Ihren Firmeneintrag

➔ Ihr Businessprofil

➔ Ihre Anzeige



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





## **MOBILITÄT MIT WEITBLICK**

**Gemeinsam mit Ihnen meistert Goldschmidt alle Herausforderungen moderner schienengebundener Mobilität – für sichere, hochwertige, nachhaltige und langlebige Transportwege.**

Goldschmidt bietet Ihnen weltweit Produkte und Services für die Verbindung von Schienen, den modernen Gleisbau sowie die Inspektion Ihrer Gleisinfrastruktur und deren Instandhaltung. Über das einzigartige, weltumspannende Expertennetzwerk haben Sie Zugriff auf das internationale Portfolio von Goldschmidt – an Ihrem Standort, mit Ihrem lokalen Ansprechpartner und der Power der gesamten Gruppe.

---

**InnoTrans · Berlin · 20. – 23. September 2022**

**Besuchen Sie uns:** Halle 25/Stand 485 · Freigelände O/175

[www.goldschmidt.com](http://www.goldschmidt.com)

# Schweißen an additiv gefertigten Bauteilen im Schienenfahrzeugbau

Das Schweißen im Schienenfahrzeugbau erfolgt nach Regelwerken, die hier noch zu entwickeln sind (DVS 1624).

**FRANK PICKARDT**

**Die additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM) – aufgrund der geschichteten Herstellungsweise auch 3D-Druck genannt – bietet gegenüber der konventionellen Fertigung den Vorteil, Bauteile ab Losgröße 1 und mit komplexen Geometrien zeit- und kostensparend herstellen zu können. Das macht dieses neuartige Fertigungsverfahren für die Instandhaltung von Schienenfahrzeugen interessant. Aus diesem Grund hat die Deutsche Bahn AG (DB) den 3D-Druck in die Konzernstrategie integriert [1] und arbeitet zudem branchenübergreifend im Branchennetzwerk „MgA – Mobility goes Additive“ [2] mit. Durch den Einsatz innovativer 3D-Druck-Verfahren wird zu einer effizienten und ressourcenschonenden Bauteilproduktion beigetragen. Die DB hat bereits über 25 000 (Ersatz-)Teile in mehr als 300 unterschiedlichen Anwendungen gedruckt [1].**

## Hintergrund, Intention

Vor dem Hintergrund, dass Fahrzeuge verunfallen oder auf andere Weise beschädigt werden können, entsteht der Bedarf an Ersatzteilen in Kleinstserien.

Dabei stellt sich schnell die Frage nach der Verfügbarkeit des Originalwerkzeugs zur Herstellung eines Ersatzteiles, dem Originalgesenk oder der Originalgussform. Wird diese Frage verneint, gibt es dennoch eine Möglichkeit, durch additive Fertigung (AM) des Ersatzes auf einen akzeptablen Stückpreis für diese Kleinstserie zu kommen. Die AM ist eine Kombination aus Urformen (Gießen) und endkonturnaher Fertigung zur Herstellung von Bauteilen. Oft werden damit Qualitäten erzielt, die die des Originals nicht nur erreichen, sondern sie sogar übertreffen. So können Eigenschaften erzeugt werden, die ein Guss- oder Schmiedeteil nicht hat. Beispielsweise wäre da das Gewicht des Bauteils zu nennen. Es können in Bereichen mit niedriger Beanspruchung gezielt Hohlräume realisiert werden, die mit anderen Fertigungsverfahren unmöglich zu erzeugen wären.

Es gibt allerdings auch andere Blickwinkel, aus denen heraus das Fertigungsverfahren AM betrachtet werden muss. Spätestens, wenn es da-

ran geht, sicherheitsrelevante Metallbauteile zu erzeugen. Dann gibt es verschiedene Eigenschaften, die – auch wenn sie im Optimalfall dem Original entsprechen – einem Regelwerk unterliegen, das im Schienenfahrzeugbau zu beachten ist. Soll beispielsweise ein additiv gefertigtes Bauteil an ein bestehendes Bauteil angeschweißt werden, kommt das Regelwerk zum Schweißen im Schienenfahrzeugbau zum Tragen [3].

Das Schweißen als klassisches Fügeverfahren für metallische Bauteile ist ein spezieller Fertigungsprozess. Das soll heißen, dass ein einmal gefertigtes Bauteil nur noch bedingt auf seine mechanischen Eigenschaften hin überprüft werden kann, ohne es zu zerstören. So ist der Fertigungsprozess „Schweißen“ auch in der „Durchführungsverordnung für ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständigen Stellen“ (EU) 2019/779 als sicherheitskritisch eingestuft [4]. Da aber nicht jede Schweißnaht zerstörend auf ihre Haltbarkeit überprüft werden kann, hat man bereits vor mehreren Jahrzehnten die sogenannten „geregelten Bereiche“ in der Schweißtechnik eingeführt. Dazu gehören neben dem Schienenfahrzeugbau beispielsweise der Druckbehälterbau und der Stahl-Hochbau. In diesen geregelten Berei-

chen können die zerstörenden Prüfungen zur Ermittlung von mechanischen Eigenschaften vermieden werden. Dazu ist erforderlich, dass Verfahrensweisen angewendet werden, für die ein ausreichend großer Erfahrungsschatz vorliegt. Dieser muss natürlich entsprechend dokumentiert sein. Das ist beispielsweise für das Schweißen im Schienenfahrzeugbau in der DIN EN 15085 [5] und ähnlichen Regelwerken der Fall. Wird nach einem solchen Regelwerk gearbeitet, können aufwendige, zerstörende Prüfungen für jene Verfahrensweisen wegfallen, die dort geregelt sind. Es liegt schließlich ausreichend Erfahrung vor, und diese ist auch dokumentiert. Das Ganze kann allerdings nur dann Erfolg versprechen, wenn es ein in sich geschlossenes System darstellt. Nur so kann die Wiederholbarkeit erreicht werden, die in einem solchen Fall erforderlich ist. Es beginnt mit der Festlegung des gesamten Umfeldes der Schweißarbeit.

Zur Reproduktion eines Bauteils aufgrund einer positiven Erfahrung, die in einem Regelwerk niedergeschrieben ist, müssen unter anderem festgelegt sein:

1. Grundwerkstoffe, die verschweißt werden sollen,
2. Schweißzusatzwerkstoffe, die eingesetzt werden sollen,



**Abb. 1:** Automatische Kupplung, Betätigung, PBFLB/M

Quelle: Deutsche Bahn AG



Abb. 2: Radsatzlagerdeckel (Studie) WAAM

Quelle aller nachfolgenden Abb.: DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH

3. Qualifiziertes und geprüftes Schweißpersonal,
4. Vor- und Nacharbeit.

Allein der erste Punkt erfordert nicht nur die exakte Bezeichnung der zu verschweißenden Werkstoffe, sondern zielt ebenfalls darauf ab, dass diese Werkstoffe in engen Grenzen standardisiert sein müssen. Das beginnt mit der dauerhaft gleichen chemischen Zusammensetzung und gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften. Um diese Eigenschaften zu standardisieren, bedarf es einer Reihe weiterer Regelungen. Beispielsweise müssen Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung und Kerbschlagarbeit ebenfalls nach vergleichbaren Normen ermittelt werden. Sollte das alles sichergestellt sein, stellt sich die Frage, ob diese sehr ähnlichen Werkstoffe auch im verschweißten Zustand immer ähnliche Ergebnisse bringen. Dies wird mit der Schweißverfahrensprüfung nach DIN EN ISO 15614 [6] nachgewiesen.

#### Rückblick

Ende 2016 wurden die Schweißtechnik-Experten der DB Systemtechnik GmbH (DB ST) erstmalig um fachliche Unterstützung zum Einsatz der AM gebeten. Ein Ersatzteil für eine automatische Kupplung eines Güterwagens war additiv gefertigt worden und sollte nun angeschweißt werden (Abb. 1).

Da es sich um ein Bauteil handelt, das in die Klassifikationsstufe CL 1 nach EN 15085 fällt, wurde die nach DB-Regelwerk vorgesehene „Schweißtechnische Bauweisenprüfung Teil 1“ daran durchgeführt [7]. Hierbei handelt es sich um eine Prüfung der Schweißkonstruktion auf Konformität mit dem geltenden Regelwerk, die sogenannte „Schweißtechnische Konstruktionsprüfung“ [8]. Das Ergebnis ist schnell umrissen: Die Prüfung wurde ausgesetzt, weil der Werkstoff, der verschweißt werden sollte, keine nachgewiesene Schweißbeignung besaß. Es handelte sich zwar um eine bekannte chemische Zusammensetzung (Legierung), aber das Herstellverfahren war nicht standardisiert. Somit konnte nicht nachgewiesen werden, dass die Eigenschaf-

ten des zu verschweißenden Produktes den Erfordernissen entsprachen, ohne es zu zerstören. Das zerstörte Produkt wiederum wäre nicht verwendbar gewesen. Es war daher ein Regelwerk notwendig, das gleichbleibende Eigenschaften des Werkstoffs garantiert, aus dem das additiv gefertigte Bauteil entstehen sollte.

Der DVS (Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren) ist Schritt-

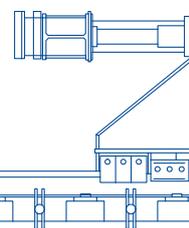
macher in Fragen des Fügens, Trennens und Beschichtens von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen. Der DVS wirkt als technisch-wissenschaftlicher und unabhängiger Verband. Die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit des DVS wird vorrangig durch die Aktivitäten seines Ausschusses für Technik (Aft) mit seinen fachlich ausgerichteten Arbeitsgruppen bestimmt. In ihm wirken Fachleute aus



## DER KLÜGERE GIBT NACH.

Anstelle einfacher Gleisabschlüsse entwickelte Franz Rawie einen bremsenden Prellbock und ließ diesen 1908 patentieren. Heute sorgen individuell konstruierte und handgefertigte RAWIE Lösungen weltweit für mehr Sicherheit im Schienenverkehr.

RAWIE.DE



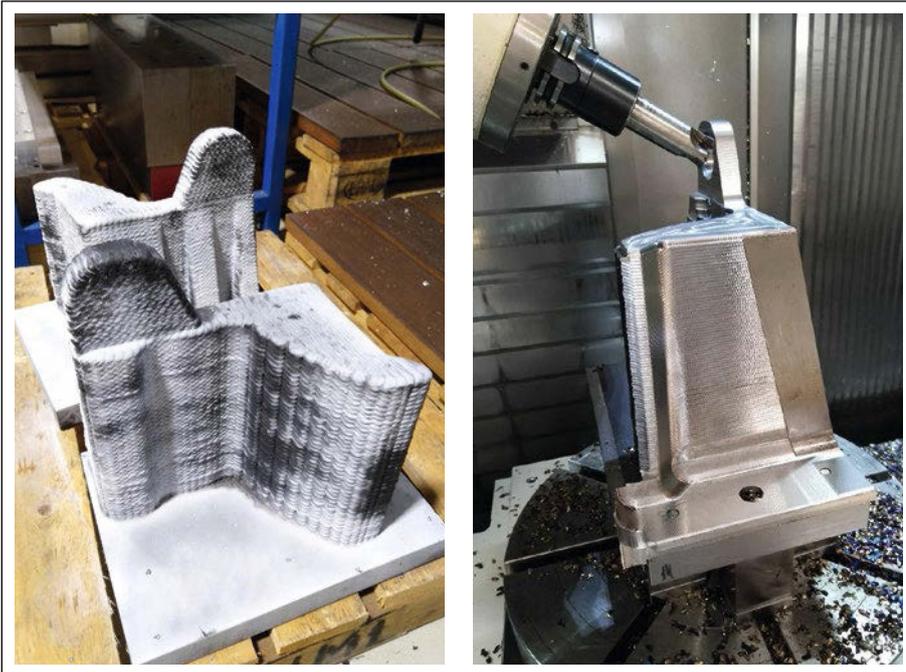


Abb. 3: Queranschlag, roh und im Post-Prozess

Wirtschaft, Wissenschaft, Behörden und anderen Bereichen mit [9].

Als Mitglied der DVS-Arbeitsgruppe A7 „Schweißen im Schienenfahrzeugbau“ wurde der Verfasser zum Obmann einer Unter-Arbeitsgruppe A7.1 ausgewählt, die sich dieser Aufgabe annahm.

#### Aufstellung der AG A7.1 zur Erstellung des Merkblatts DVS 1624

Am 8. März 2017 tagte die DVS-Arbeitsgruppe A7 bei der DB ST. Es wurde festgestellt, dass ein Regelwerk erforderlich ist, das die Herstellung von schweißtechnisch zu verarbeitenden, additiv gefertigten Bauteilen beschreibt. Es wurde abgestimmt, dass eine Untergruppe der AG A7 als AG A7.1 die Entwicklung eines solchen Regelwerks vorantreiben sollte. Gleichzeitig bestand Einigkeit darüber, dass das zu schaffende Regelwerk anstelle einer nicht existenten DIN oder EN-Norm stehen muss. Schließlich schreiben alle schweißtechnischen Regelwerke vor, dass ausschließlich Werkstoffe zu verschweißen sind, die eine nachgewiesene Schweißeignung besitzen [9]. Diese wird im Allgemeinen vorausgesetzt, wenn sie in einer DIN- oder EN-Norm formuliert ist. Schließlich handelt es sich bei Normen und Standards um neutrale Ansammlungen von Erfahrung und deren Dokumentation. Um dem zu erstellenden Regelwerk einen ähnlichen Charakter zu geben, war es also erforderlich, die Autorengruppe fachlich möglichst breit aufzustellen. Um zu gewährleisten, dass eine ausreichende Neutralität gewahrt bleibt, wurden neben Vertretern der anwendenden Industrie auch Mitarbeiter von Lehr- und Versuchseinrichtungen, Prüforganisationen und Forschungsgruppen gewonnen.

#### Ziele der AG A7.1

Es wurde recht schnell klar, dass die AM als der Schweißtechnik verwandtes Verfahren einzustufen ist. Auf die eigentliche AM ist das vorhandene Regelwerk zur Schweißtechnik kaum anwendbar. Lediglich beim Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM, Fertigung mittels lichtbogenbasiertem Lagenaufbau) gibt es Parallelen. Dabei wird das zu fertigende Bauteil im Metall-Schutzgas-Schweißverfahren in einer Art Auftragschweißung erzeugt, wie beispielhaft in Abb. 2 gezeigt.

Hier können für den Schienenfahrzeugbau die DIN EN 15085 und ihre mitgeltenden Regelwerke angewandt werden. Lediglich der Umfang der Schweißarbeit im Verhältnis zur Größe des Bauteils und die Schweißnahtart sind zu berücksichtigen.

Anders sieht das bei Prozessen wie dem Laser-Pulverbettverfahren aus. Dabei kommt weder eine Schweißmaschine im Sinne des vorhandenen Regelwerks zum Einsatz, noch wird eine Schweißnaht erzeugt.

Daher konzentrierte sich die AG A7.1 auf das sogenannte „Pulverbettbasierte Laserschmelzverfahren/Metall“ (PBF LB/M). Es sollten Prozessabläufe beschrieben werden, die ein gleichbleibendes Ergebnis garantieren, ohne die anzuwendenden Abläufe zu genau festzulegen und einzugrenzen.

#### Arbeit der AG A7.1

So wurden alle im PBF LB/M vorkommenden Abläufe beschrieben und sämtliche Einzelheiten herausgearbeitet. Wie weiter oben bereits ausgeführt, sollte das zu erstellende Regelwerk gewährleisten, dass Werkstoffe in gleichbleibender Qualität reproduzierbar erzeugt und unter Anwendung des schweißtechni-

schen Regelwerkes im Schienenfahrzeugbau verschweißt werden können.

So wurde der Prozess PBF LB/M zuerst grob in die folgenden Prozessbestandteile zerlegt:

- PRE (Pre-process)
- IN (In-process)
- POST (Post-process)

Für alle drei Teilprozesse waren Regelungen zu treffen. So wurde weiter verfeinert in:

- Anforderungen an den Fertigungsprozess als Ganzes bezüglich
  - Personal
  - betriebliche Einrichtungen
  - Bauteildesign
  - Datenaufbereitung
  - Pulver
  - Prozessvorbereitung
  - Prozessführung
  - Prozessnachbereitung
  - Dokumentation
- Qualifizierung der Fertigungsanlage
  - Ausgangsbedingungen
  - Probekörper
  - Auswertung
  - Fortlaufende Qualitätssicherung
  - Re-Qualifizierung
- Prüfungen vor, während und nach Abschluss des PBF LB/M
- Mangelnde Übereinstimmung (Non-Konformitäten)
- Qualitätsaufzeichnungen
- Konformitätserklärung
- Schweißen
  - Voraussetzungen zum Schweißen
  - Schweißen von additiv gefertigten Bauteilen im Schienenfahrzeugbau nach EN 15085 und DVS 1619.

Weil die Schweißtechnik im Schienenfahrzeugbau bereits ein geregelter Bereich ist und sehr gut darauf aufgebaut werden kann, nahmen zusätzliche Facetten des Schweißens additiv hergestellter Bauteile in der AG A7.1 wenig Raum und Zeit in Anspruch. Durch die AM werden in der Regel Metallbauteile komplexer Form hergestellt. Schweißtechnisch maßgebend ist allerdings ausschließlich der Werkstoff, der dabei erzeugt wird.

#### Ergebnisse der AG A7.1

Das Ziel der AG A7.1 des DVS war die Erstellung eines Regelwerks in Form eines DVS-Merkblatts, das es ermöglicht, additiv gefertigte Bauteile im geregelten Bereich „Schweißen im Schienenfahrzeugbau“ zu verschweißen [10]. Das Regelwerk sollte den Status einer anerkannten Regel der Technik erhalten. Es sollte zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden können. Es sollte keine Regelungslücken hinterlassen. Daher wurden alle Forderungen, auch die, die noch Spielraum lassen sollten, so formuliert, dass jeweils eine Verfahrensweise vorgegeben wird. Andere Verfahrensweisen wurden als möglich, aber mit dem Auftraggeber abzustimmen, beschrieben. Beispiel: In allen Zwischenschritten sollte



Abb. 4: Sandform, additiv gefertigt; Fertig-Gussteil aus additiv gefertigter Form

das Pulver in geeigneter inerter Atmosphäre verbleiben, sodass Pulverkontamination und -oxidation ausgeschlossen sind.

Solange die „Sollte-Bestimmung“ umgesetzt wird, bedarf es keiner weiteren Regelungen. Wird davon abgewichen, muss für die Abweichung der Nachweis gleicher Sicherheit geführt werden.

So ist für den Auftraggeber gewährleistet, nach einer anerkannten Regel der Technik gearbeitet zu haben. Er kann so beispielsweise alle „Sollte-Bestimmungen“ als „Muss-Bestimmungen“ fordern und Abweichungen nur nach Vereinbarung zulassen. Der Auftragnehmer indes hat wiederum klare Vorgaben, nach denen er arbeiten kann.

Da die AM, wie bereits beschrieben, eine Kombination aus Urformen und endkonturnaher Fertigung darstellt, war es erforderlich zu regeln, wie ein reproduzierbarer Werkstoff erzeugt werden kann. Alles Weitere ist schließlich durch die DIN EN 15085 und die deutschen Regelwerke DIN 27201-6 [11], DVS 1608-1 [12] – DVS 1623 [13] bereits geregelt. Auch die Qualifizierung des anzuwendenden Schweißverfahrens kann nach DIN EN ISO 15614 [6] durchgeführt werden.

Etwas außerhalb bereits vorliegender Regelungen liegt noch die Einstufung der erzeugten Werkstoffe in CEN ISO/TR 15608 [14]. Die AG A7.1 konzentrierte sich auf die Reglementierung dieser „Werkstofferzeugung“. Es sollten möglichst wenig Vorgaben gemacht werden, die den Fertigungsprozess des jeweiligen Herstellers einschränken. Schließlich ist die AM noch in der Entwicklung begriffen. Engere Vorgaben waren jedoch für „von außen Einfluss nehmende Faktoren“ erforderlich. Das beginnt mit dem Personal und dessen Qualifikation. Der Qualifikationsbedarf der einzelnen Personalien wurde in Teilen dem schweißtechnischen Regelwerk entnommen. Es wurden aber auch existierende Fertigungsstätten betrachtet, um die notwendigen Personalien zu beschreiben. Es gibt in der AM noch kein allgemein anerkanntes Regelwerk zur Qualifikation des Personals, wie z. B. das Doc. IAB-002-2000/ EWF-409 (Qualifikation des Schweißfachingenieurs) in der Schweißtechnik. Bereits existierende Regelwerke und solche, die sich im Aufbau befinden, beschreiben diese Thematik aber durchaus schon, auf die die DVS 1624 auch verweist [10]. Da sich in diesem Punkt noch einiges in der Entwicklung befindet, sind hier aber Abweichungen zulässig. Seit 2022 liegt nun das Merkblatt DVS 1624 „Additive Fertigung von Metallbauteilen für den Schienenfahrzeugbau, Pulverbettbasiertes Laserstrahlschmelzen“ vor [10]. Bei der Entwicklung des Merkblatts DVS 1624 wurde Wert darauf gelegt, dass ein additiv erzeugter Werkstoff ähnliche Vorgaben zu erfüllen hat, wie ein konventionell erzeugter. Das spiegelt sich unter anderem in den Anforderungen an die Konformitätserklärung wider. Auch die Anforderung zum Schweißen wurde an die Anforderungen an konventionell erzeugte Werkstoffe angelehnt.

Es beschreibt das Verfahren PBF LB/M, kann aber auf weitere Verfahren der AM sinngemäß adaptiert werden.

Nach Erscheinen können Betreiber von Anlagen zur AM mit ihren Kunden das Merkblatt vertraglich vereinbaren. Dadurch entsteht sowohl beim Auftraggeber als auch beim Auftragnehmer die Sicherheit, gleiche Ziele zu verfolgen. Teure Fehlentwicklungen können somit vermieden werden.

Mit den in DVS 1624 gegebenen Vorgaben können Werkstoffe erzeugt werden, die reproduzierbar sind. Der Nachweis der Schweißeignung ist durch den jeweiligen Schweißbetrieb in Zusammenarbeit mit dem Erzeuger des AM-Bauteils zu erbringen. Zuletzt sei noch angemerkt, dass bislang nur wenige metallische Werkstoffzusammensetzungen ihre Eignung zur AM beweisen konnten. Von diesen ist es wiederum eine (noch) unbekannte Teilmenge, die sich verschweißen lassen wird. Es wurde aber bereits eine Lösung hierfür gefunden. Um die Werkstoffproblematik zu umgehen, werden Gussformen für den Sandguss additiv hergestellt

### Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem DVS Merkblatt 1624 wird es ein Regelwerk geben, das als „Anerkannte Regel der Technik“ auch im Sicherheitsbereich angewandt werden kann.

Es beschreibt das Verfahren PBF LB/M, kann aber auf weitere Verfahren der AM sinngemäß adaptiert werden.

Nach Erscheinen können Betreiber von Anlagen zur AM mit ihren Kunden das Merkblatt vertraglich vereinbaren. Dadurch entsteht sowohl beim Auftraggeber als auch beim Auftragnehmer die Sicherheit, gleiche Ziele zu verfolgen. Teure Fehlentwicklungen können somit vermieden werden.

Mit den in DVS 1624 gegebenen Vorgaben können Werkstoffe erzeugt werden, die reproduzierbar sind. Der Nachweis der Schweißeignung ist durch den jeweiligen Schweißbetrieb in Zusammenarbeit mit dem Erzeuger des AM-Bauteils zu erbringen.

Zuletzt sei noch angemerkt, dass bislang nur wenige metallische Werkstoffzusammensetzungen ihre Eignung zur AM beweisen konnten. Von diesen ist es wiederum eine (noch) unbekannte Teilmenge, die sich verschweißen lassen wird. Es wurde aber bereits eine Lösung hierfür gefunden. Um die Werkstoffproblematik zu umgehen, werden Gussformen für den Sandguss additiv hergestellt

(Abb. 4). Dieser Lösungsansatz ist zeitlich wesentlich weniger aufwendig als der Modellbau und daher durchaus für Einzelstücke sowie Kleinserien attraktiv. ■

### QUELLEN

- [1] Deutsche Bahn AG: Integrierter Bericht 2021, [https://ibir.deutschebahn.com/2021/fileadmin/pdf/DB\\_IB21\\_web\\_01.pdf](https://ibir.deutschebahn.com/2021/fileadmin/pdf/DB_IB21_web_01.pdf) (09.07.2022 um 20:00)
- [2] MgA – Netzwerk für industrielle additive Fertigung, <https://mga-net.com>
- [3] Anforderungen des Eisenbahn-Bundesamtes, [https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/Fuegetechnik/fuegetechnik\\_inhalt.html](https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/Fuegetechnik/fuegetechnik_inhalt.html) (09.07.2022 um 20:00)
- [4] Durchführungsverordnung für ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständigen Stellen (EU) 2019/779, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0779> (09.07.2022 um 20:00)
- [5] DIN EN 15085: „Bahnwendungen – Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen“
- [6] DIN EN ISO 15614: „Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung“
- [7] DB Ril. 951.0010: „Schweißen: Regelungen für den Schienenfahrzeugneubau und die Ersatzteile“
- [8] Merkblatt DVS 1620 (07/2018): „Schweißtechnische Prüfung im Schienenfahrzeugbau“
- [9] DIN EN 15085-3:2021-03 (Entwurf): „Bahnwendungen - Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen – Teil 3: Konstruktionsvorgaben“
- [10] DVS 1624 (Entwurf): „Additive Fertigung von Metallbauteilen für den Schienenfahrzeugbau, Pulverbettbasiertes Laserstrahlschmelzen“
- [11] DIN 27201-6: 2017-12: „Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Grundlagen und Fertigungstechnologien – Teil 6: Schweißen“
- [12] Richtlinie DVS 1608-1 (02/2022): „Gestaltung und Festigkeitsbewertung von Schweißkonstruktionen aus Aluminiumlegierungen im Schienenfahrzeugbau“
- [13] Merkblatt DVS 1623 (12/2009): „Schweißen von Schienenfahrzeugen - Hinweise und Empfehlungen zur Umsetzung der DIN EN 15085 im Vergleich zur DIN 6700“
- [14] DIN-Fachbericht CEN ISO/TR 15608 (2020-07): „Schweißen – Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen“



Dipl.-Ing. (FH) Frank Pickardt  
(IWE, IWI, ETSS)

Leiter  
Fachberatungsstelle Schweißtechnik  
DB Systemtechnik GmbH,  
Brandenburg-Kirchmöser  
frank.n.pickardt@deutschebahn.com

# Der entschlossene Weg zur zertifizierten ECM

Vom Verständnis der Anforderungen über den Aufbau des Instandhaltungsmanagementsystems bis zum Erhalt des Zertifikates

**ERIK SIEGEMUND**

**Halter von Schienenfahrzeugen müssen mit der Veröffentlichung der (EU) Richtlinie 2008/110/EG jedem Schienenfahrzeug eine „für die Instandhaltung zuständige Stelle“ (englisch: Entity in Charge of Maintenance, ECM) zuweisen. Die ECM ist für den betriebssicheren Zustand eines Fahrzeuges zuständig und wird als solches im europäischen Fahrzeugeinstellungsregister registriert. Die Anforderungen wurden im Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG) § 4a AEG mit aufgenommen. Darüber hinaus wurde zur Verbesserung des Zugangs zum Markt für Eisenbahnsicherheit und zur besseren Überwachung und Regulierung der Eisenbahnsicherheit durch die Verordnung (EU) VO 445/2011 eine gesetzliche Zertifizierungspflicht für die Instandhaltung von Güterwagen durchgesetzt. Nach der positiven Bewertung des Systems wurde mit der (EU) VO 2019/779 die gesetzliche Zertifizierungspflicht auf alle Schienenfahrzeuge erweitert.**

## Ziel der Zertifizierung

Die Zertifizierung der ECM dient dazu, einen Rahmen für ein einheitliches Instandhaltungsmanagementsystem und die Bewertung der Fähigkeit für die Instandhaltung in der gesamten EU zu schaffen. Der Marktzugang für

Eisenbahnverkehrsleistungen und die Überwachung der Eisenbahnsicherheit sollen somit verbessert werden.

## Geltungsbereich

Die Verordnung gilt für alle Schienenfahrzeuge. Ausnahmen sind im Geltungsbereich der Richtlinie (EU) Ril 2016/798 (aktueller Eisenbahnsicherheitsrichtlinie-Nachfolger der (EU) Ril 2008/110/EG) formuliert. Das sind z.B. Fahrzeuge wie Untergrundbahnen, Stadtbahnen und Straßenbahnen. Weiterhin werden Fahrzeuge, die ausschließlich auf privaten Infrastrukturen und Infrastrukturen für Stadtbahnen fahren, nicht berücksichtigt. Fahrzeuge, die nur für touristische und historische Zwecke genutzt werden, sind ebenso nicht Gegenstand der (EU) Ril 2016/798.

## Verständnis der Anforderungen

Zur Steigerung der Sicherheit und Qualität sowie Sicherstellung der Anforderungen für technische Interoperabilität müssen folgende Grundgedanken geregelt sein:

- Eindeutige Festlegung der Instandhaltungsverantwortung
- Beherrschung aller relevanten Prozesse in der Instandhaltung durch ein prozessorientiertes Instandhaltungsmanagementsystem
- Festlegung einheitlicher und detaillierter Anforderungen in der Organisation
- Nachweis der Eignung durch eine Zertifizierung.

## Instandhaltungsfunktionen

In der (EU) VO 2019/779 werden vier ECM-Funktionen definiert, von denen die Funktionen ECM 2 bis 4 im Ganzen oder in Teilen untervergeben werden können.

Die ECM 1-Funktion ist für die Überwachung und Koordination der anderen ECM-Funktionen zuständig. Des Weiteren ist die ECM 1 für die Beherrschung der Geschäftstätigkeit der verbundenen Risiken und deren Maßnahmen verantwortlich.

In der Instandhaltungsentwicklungsfunktion (ECM 2) werden die Sollvorgaben für die Instandhaltungserbringung erstellt, weiterentwickelt und überwacht.

Der Instandhaltungsauftrag für die Instandhaltungserbringung wird im Fuhrpark-Instandhaltungsmanagement (ECM 3) erstellt. Weiterhin ist die ECM 3 für die rechtzeitige Koordinierung der Fahrzeuge zur Instandhaltung zuständig und trägt dafür Sorge, dass die instandgehaltenen Fahrzeuge die Wiederinbetriebnahme erhalten.

Die eigentliche Erbringung der Instandhaltung mit anschließender Betriebsfreigabe in der Werkstatt erfolgt in der ECM 4.

In der nachfolgenden Abb. 1 werden die Aufgaben der ECM-Funktionen zusammenhängend dargestellt.

## Sicherheitskritische Bauteile

Die (EU) VO 2019/779 erfordert die Bestimmung von sicherheitskritischen Bauteilen. Sicherheitskritische Bauteile sind Komponenten bzw. Komponentensysteme, bei denen eine einzige Störung unmittelbar (ohne Folgeaktionen) zu einem schweren Unfall führt. Ein schwerer Unfall ist gemäß Art. 3 Abs. 12 der (EU) Ril 2016/798 eine Zugkollision oder Zugentgleisung mit mindestens einem Todesopfer oder mindestens fünf Schwerverletzten oder mit beträchtlichem Schaden für Fahrzeuge und Infrastruktur. Dies gilt auch für sonstige Unfälle mit den gleichen Folgen und mit offensichtlichen Auswirkungen auf die Regelung der Eisenbahnsicherheit oder das Sicherheitsmanagement. Ein „beträchtlicher Schaden“ bedeutet, dass die Kosten von der Untersuchungsstelle unmittelbar auf insgesamt mindestens 2 Mio. EUR veranschlagt werden können.

Die Erstbestimmung der sicherheitskritischen Bauteile erfolgt durch den Hersteller. Die ECM muss dennoch diese Erstbestimmung mit an-

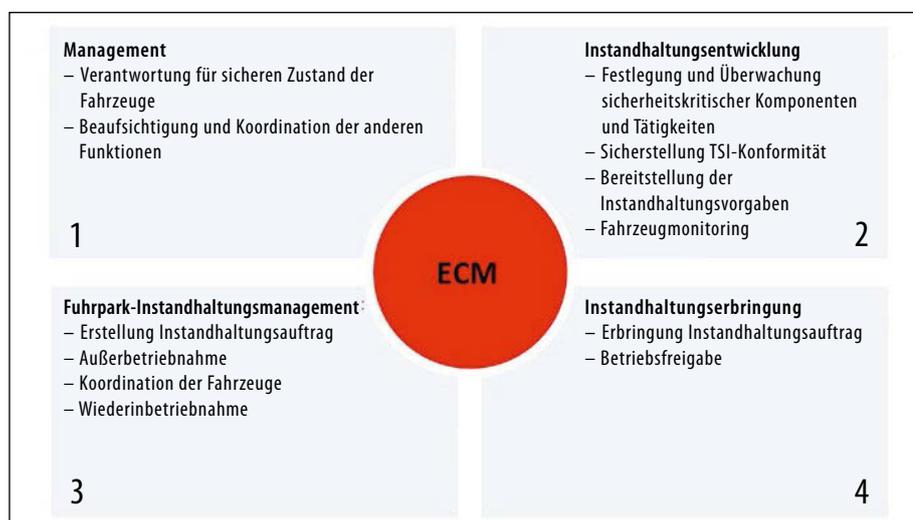


Abb. 1: ECM-Funktionen

erkannten Regeln der Technik überprüfen und ggf. weitere Bauteile als sicherheitskritisch einstufen, da der Betrieb der Fahrzeuge sich unterscheiden bzw. ändern kann. Sollte es Änderungen bei diesen Bauteilen geben, ist der Hersteller sowie die ECM verpflichtet, diese zu kommunizieren. Weiterhin ist der Hersteller bei neuen Erkenntnissen zu sicherheitskritischen Bauteilen dazu verpflichtet, diese dem Halter bzw. der ECM anzuzeigen.

Ereignisse, die außergewöhnlich und nicht auf normalen Verschleiß zurückzuführen sind, müssen dem Eisenbahnsektor und der Bahnindustrie mitgeteilt werden.

#### Betriebsfreigabe und Wiederinbetriebnahme

Eine weitere wichtige Handlung im Instandhaltungsmanagementsystem ist die Ausstellung der Betriebsfreigabe. Die Ausstellung erfolgt durch die ECM 4 und bestätigt, dass der Instandhaltungsauftrag nach den Vorgaben der ECM 3 erbracht wurde. Bemerkungen zu Einschränkungen sind in der Betriebsfreigabe zu formulieren.

Ist die Betriebsfreigabe der ECM 4 erfolgt, wird durch die ECM 3 eine Wiederinbetriebnahme durchgeführt. Mit der Wiederinbetriebnahme wird bestätigt, dass alle notwendigen Instand-

haltungsarbeiten nach den Sollvorgaben der ECM 2 erbracht wurden und der Zustand des Fahrzeuges betriebssicher ist. Weiterhin werden ggf. Nutzungseinschränkungen, die den normalen Betrieb einschränken, festgelegt. Ein Beispiel wäre die Sperrung einer Tür bei einer Fehlfunktion.

#### Vom Aufbau eines Managementsystems zur Wahl der Zertifizierungsstelle

Wenn das Verständnis der Anforderungen der (EU) VO 2019/779 und weiteren zugehörigen Verordnungen und Richtlinien vorhanden ist, muss das Instandhaltungsmanagementsystem aufgebaut werden. Hierzu ist es erst einmal erforderlich, dass die Rollen im Eisenbahnsystem klar definiert und getrennt werden.

#### Rollen

##### ECM

Die für die Instandhaltung zuständige Stelle ist für die Instandhaltung der Fahrzeuge verantwortlich.

##### Halter

Der Halter ist die natürliche und juristische Person, die als Eigentümer oder Verfügungsberechtigter ein Fahrzeug nutzt. Der Halter

wird im Nationalen Einstellungsregister (NVR) eingetragen.

##### Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)

Das EVU ist für den Fahrbetrieb der Fahrzeuge verantwortlich. Die Betreiberverantwortung umfasst die Anlagenverantwortung und die Betriebs- und Nutzungsverantwortung.

##### Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU)

Das EIU ist für den Betrieb, für den Bau und für die Unterhaltung der Schienenwege verantwortlich.

#### Gestaltung der Prozesse

Ein Instandhaltungsmanagementsystem beschreibt, wie die aufbau- und ablauforganisierenden Ausgestaltungen der Aufgaben und Anforderungen der o.g. Instandhaltungsfunktionen und deren interessierten Parteien innerhalb und außerhalb der Organisation erfolgen.

Die Ausgestaltung dieser Abläufe erfolgt in der Regel mit Prozessen. Ein Prozess ist ein Satz zusammenhängender und sich gegenseitig beeinflussender Tätigkeiten, der Eingaben in Ereignisse umwandelt (DIN EN ISO 9001).

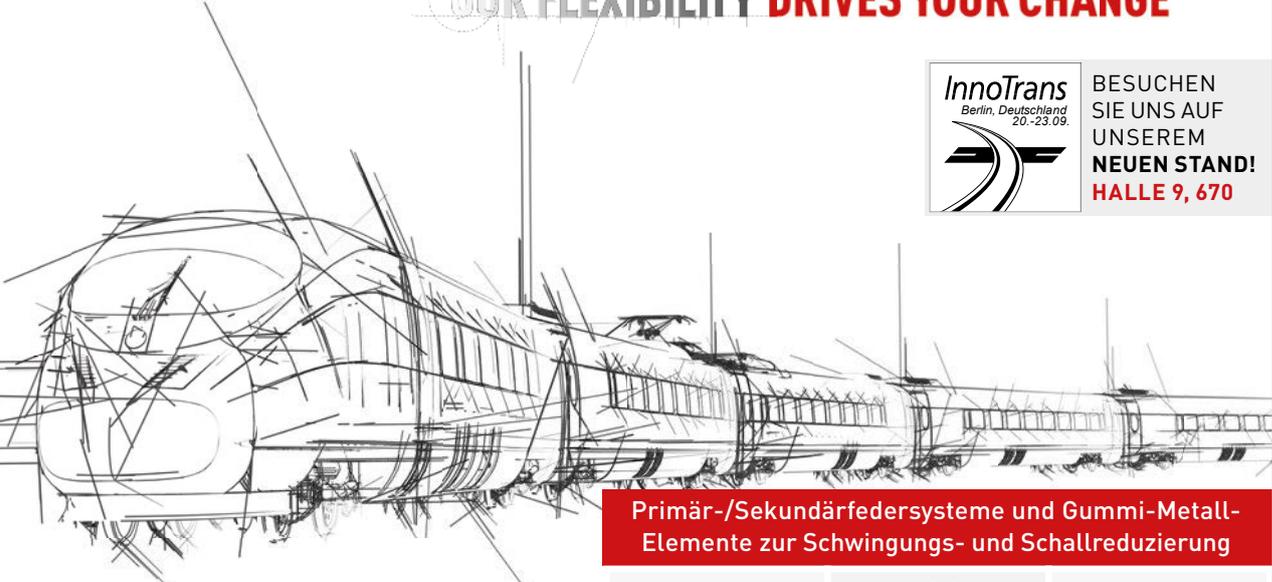
Der Aufbau und die Weiterentwicklung eines Instandhaltungsmanagementsystems richten

# RAILWAY VEHICLE

OUR FLEXIBILITY DRIVES YOUR CHANGE



BESUCHEN  
SIE UNS AUF  
UNSEREM  
**NEUEN STAND!**  
**HALLE 9, 670**



**Primär-/Sekundärfedersysteme und Gummi-Metall-Elemente zur Schwingungs- und Schallreduzierung**







® GMT Gummi-Metall-Technologie GmbH | Liechtersmatten 5 | D-77815 Bühl | Tel: +49 7223 804-0 | www.gmt-gmbh.de

# TECHNOLOGY

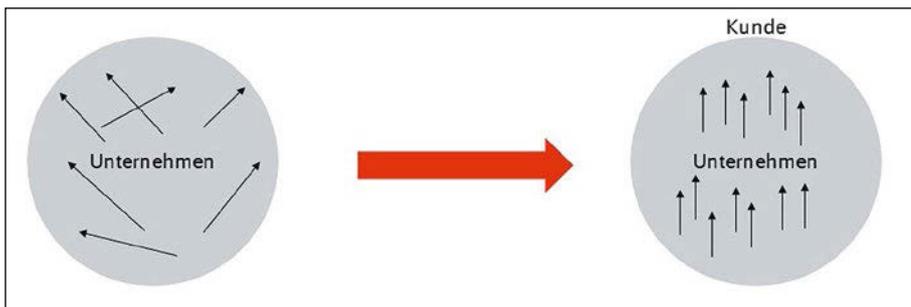


Abb. 2: Prozessorientierung

Quelle: [8]

sich nach den Anforderungen des Anhangs II der (EU) VO 2019/779. Es müssen beim Aufbau jedoch die Organisation selbst und die Kunden der Instandhaltung mitberücksichtigt werden. Es ergibt für ein kleines Unternehmen keinen Sinn, ein komplexes und viel verzweigtes System aufzubauen. Ein Instandhaltungsmanagementsystem muss genau wie ein Qualitätsmanagementsystem verstanden, angewendet und gelebt werden. Die Prozesse müssen transparent an die Organisation und Kunden gerichtet sein und müssen zusätzlich die Anforderungen der Instandhaltung erfüllen. In Abb. 2 wird diese Prozessorientierung sichtbar. Weiterhin muss das Dokumentations-, Infor-

mations- und Kompetenzmanagement in der Instandhaltung klar und zielgerichtet geregelt sein. Für die Instandhaltung müssen klare Vorgaben an die Anforderungen des Kompetenzmanagements gemacht werden. Es muss also sichergestellt werden, dass die Verantwortlichen die geeigneten Kompetenzen und Qualifikationen besitzen.

In Abb. 3 wird der Informationsfluss innerhalb und außerhalb des Instandhaltungsmanagementsystems aufgezeigt. Es ist ersichtlich, durch wen welche Informationen an wen übermittelt werden.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Systems ist das Risikomanagement. Die Organisation

muss sich mit ihren Risiken und den dazugehörigen Maßnahmen beschäftigen. Hierbei müssen zusätzlich ggf. vorhandene Änderungen im System Eisenbahn betrachtet werden. Gibt es Änderungen bei:

- Verfahren oder in der Organisation selbst
- Prozessen
- Instandhaltungsvorgaben
- Konfigurationen der Fahrzeuge
- Werkzeugen und Infrastrukturen der Werkstatt,

muss eine Risikoanalyse durchgeführt werden. In der Risikoanalyse wird geprüft, ob die Änderung sicherheitsrelevant und signifikant ist. Die Vorgehensweise ist in der (EU) VO 402/2013 (Common Safety Methods – CSM) beschrieben.

### Implementierung des Instandhaltungsmanagementsystems

Wenn das Instandhaltungsmanagement erstellt wurde, müssen die beteiligten Mitarbeiter geschult werden, damit das System erfolgreich angewendet werden kann.

Für die Überprüfung, ob das Managementsystem den Vorgaben nach richtig verstanden und angewendet wird, empfiehlt sich die Durchführung eines internen Audits. Das interne Audit sollte entsprechend den Anfor-

# 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](http://www.eurailpress.de/innotrans22)

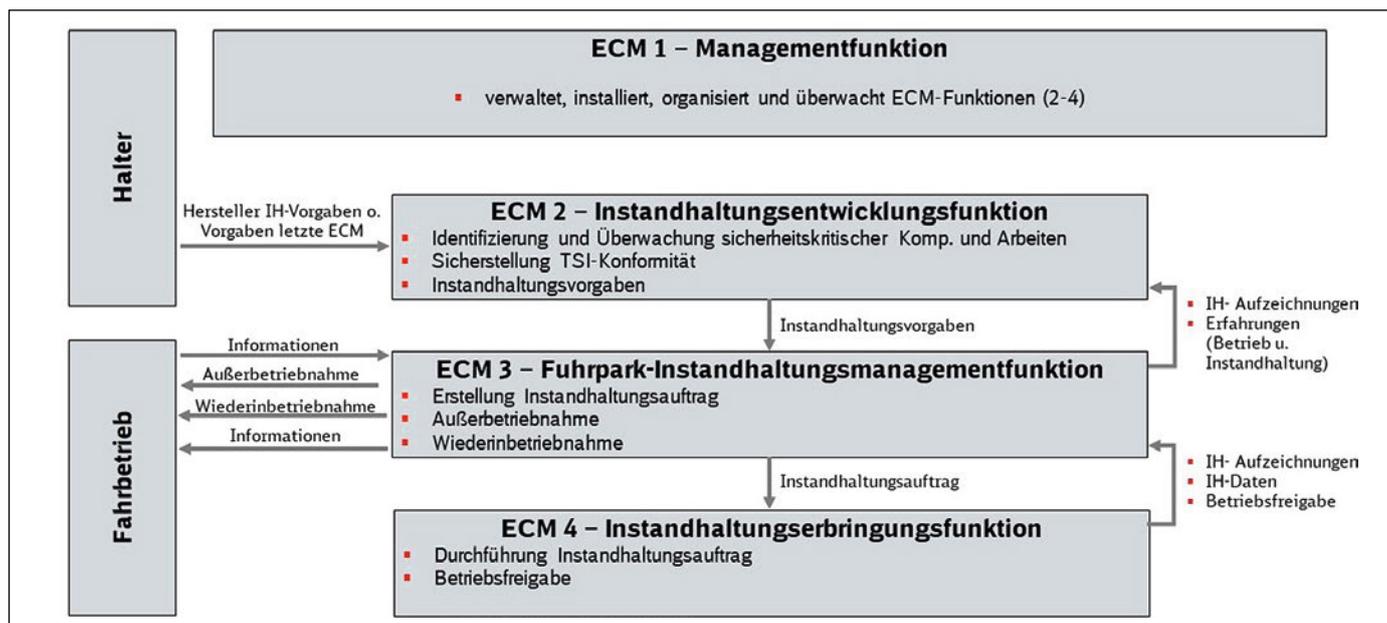


Abb. 3: Informationsmanagement

Quelle: [9]

derungen der (EU) VO 2019/779 durchgeführt werden.

Nach erfolgreicher Inkraftsetzung und Anwendung des Instandhaltungsmanagements muss eine für die Zertifizierung verantwortliche Stelle ausgewählt werden. Diese Stellen müssen von der Europäischen Eisenbahnagentur (European Union Agency for Railways – ERA) akkreditiert und anerkannt sein. Die anerkannten und akkreditierten Stellen werden in der European Railway Agency Database of Interoperability and Safety (ERADIS) auf der Internetseite der ERA ([eradis.era.europa.eu](http://eradis.era.europa.eu)) aufgeführt und verwaltet.

Nach der Auswahl der Zertifizierungsstelle muss die ECM-Zertifizierung beantragt werden. Die Anträge sind im Anhang der (EU) VO 2019/779 zu finden. Eine Zertifizierung kann für bestimmte Fahrzeuggattungen und einzelne Instandhaltungsfunktionen erfolgen. Nur die ECM 1-Managementfunktion darf nicht untervergeben werden. Diese muss in Gänze wahrgenommen werden.

#### Ablauf der Zertifizierung

Nach dem Einreichen des Antrages für die Zertifizierung prüft die Zertifizierungsstelle den Antrag. Bei der Antragsprüfung wird kontrolliert, ob formal alle Angaben im Antrag korrekt beschrieben worden sind und ob eine ECM-Zertifizierung unter den angegebenen Voraussetzungen möglich ist. Sollten Informationen oder Angaben fehlen und können nicht erbracht werden, kann der Zertifizierungsprozess verschoben oder sogar abgelehnt werden.

Nach positiver Bewertung des Antrages plant die Zertifizierungsstelle die Zertifizierung. Hierzu gehören z.B. die Planung der erforderlichen Ressourcen (Kompetenzen), die Dauer der Bewertung und die zu besuchenden Standorte.

Im Anschluss werden mit der Zertifizierungsstelle die Termine zur Auditierung vereinbart. In einem ersten Gespräch mit dem Auditor bzw. mit den Auditoren werden weitere Themen zur

Vorbereitung des Audits besprochen. Die Zertifizierungsstelle führt die Auditierung nach den Anforderungen der DIN EN ISO 17021 und DIN EN ISO 17065 durch.

**Senceive**

**Harnessing intelligent monitoring to keep people and infrastructure safe**

Wireless solutions for continuous observation of geometric change in track, earthworks and structures

Visit us at **Innotrans Hall 22 Stand 275**

Contact us [info@senceive.com](mailto:info@senceive.com)  
**Senceive.com**

Der Zertifizierungsprozess besteht aus zwei Auditstufen. Im Audit der Stufe 1 (Dokumentenprüfung) wird die Dokumentation des Instandhaltungsmanagements überprüft. Das Bewertungsteam der Zertifizierungsstelle erfragt beim Antragssteller, mit welchen Verfahren und dokumentierten Informationen die Anforderungen erfüllt werden.

Fehlende oder nichtzutreffende Angaben können bis zum Audit der Stufe 2 nachgereicht werden. Sollte die Dokumentation den Anforderungen gar nicht gerecht sein, so kann auch hier der Zertifizierungsprozess abgebrochen werden.

Beim Audit der Stufe 2 prüft das Bewertungsteam, ob die Organisation die Verfahren verstanden hat und auch anwendet. Es handelt sich hier um die Kontrolle der praktischen Anwendung der Dokumente aus dem Audit der Stufe 1. Je nach Größe, Art und Komplexität der Organisation kommen verschiedene Methoden wie z. B. Mitarbeiterbefragungen, Beobachtungen und Inspektionen zum Einsatz.

Im Detail wird geprüft, ob die Struktur der Prozesse des Instandhaltungssystems dem Personal bekannt ist. Weiterhin wird mittels Stichproben kontrolliert, ob die Mitarbeiter in ihrer ECM-Rolle geeignet sind. Die Mitarbeiter

müssen hier erforderliches Wissen sowie das notwendige Bewusstsein der Verantwortung aufbringen. Des Weiteren müssen die Anforderungen des Anhangs II bekannt sein. Bei der Bewertung in Stufe 2 soll nachgewiesen werden, dass alle Mitarbeiter, die im Instandhaltungsmanagement involviert sind, alle Aktivitäten nach den Verfahren ausführen. Somit wird kontrolliert, ob die Anforderungen der ECM-Verordnung erfüllt werden.

Das Bewertungsteam klassifiziert die Feststellungen im Audit wie folgt:

- Kritische Nichtkonformitäten: Zwingend zu erledigende Auflagen vor Erteilung des Zertifikates.
- Nichtkonformitäten: Auflagen, welche bis zu einem Termin, spätestens jedoch nach sechs Monaten zu erledigen sind. Ein Maßnahmenplan zur Abarbeitung der Auflagen kann in manchen Fällen erforderlich sein. Das Zertifikat kann aber ausgestellt werden.
- Empfehlungen: Verbesserungspotenziale und Bemerkungen, die zu einer positiven Weiterentwicklung des Zertifizierungssystems beitragen können.

Nach Abschluss des Audits und positivem Ergebnis erstellt das Bewertungsteam einen Auditbericht mit einer Zertifizierungsempfehlung. Die eigentliche Entscheidung der Zertifizierung

führt die europäische Aufsichtsbehörde ERA durch. Anschließend wird das Zertifikat übergeben. Es hat eine Gültigkeit von fünf Jahren und wird mindestens einmal im Jahr durch ein Überwachungsaudit überprüft. Beim Überwachungsaudit wird mit einer Stichprobenkontrolle begutachtet, ob die Organisation die jeweiligen Anforderungen des Zertifizierungssystems noch erfüllt. Ein Entziehen des Zertifikates durch die Zertifizierungsstelle oder der europäischen Aufsichtsbehörde ist zu jeder Zeit möglich. Nach fünf Jahren beginnt der Zertifizierungsprozess von vorn.

### Fazit

Der Weg zur zertifizierten ECM ist komplex und ausdauernd. Die Grundlage dieses Weges ist das Verständnis der Anforderungen der (EU) VO 2019/779 und derer mitgeltenden Richtlinien und Verordnungen. Ein Instandhaltungsmanagementsystem muss sich nicht ausschließlich nach den Anforderungen der Verordnung richten, sondern auch nach der eigenen Organisation und deren Kunden. Darüber hinaus muss das Managementsystem gelebt werden.

Erst dann ist eine reibungslose Zertifizierung möglich, und die Eisenbahnsicherheit sowie TSI-Konformität werden ohne Einschränkungen gewährleistet. Es ist ein entschlossener Weg zur zertifizierten ECM. ■

**FIT locomotives. FIT wagons. FIT trains.**



VIT keeps your railway vehicles FIT.

**Preventive and corrective maintenance**

**Modification and renewal**

**Wheelsets and components**

**Mobile services**

**Engineering and technical support**



**SŽ – Vleka in tehnika, d.o.o.**  
 Zaloška cesta 217  
 1000 Ljubljana, Slovenia  
[www.sz-vit.si](http://www.sz-vit.si)  
[sales@sz-vit.si](mailto:sales@sz-vit.si)

### QUELLEN

- [1] DB Systemtechnik GmbH, TT.TVI 5, ECM-Handbuch, Version 2.0, 02.11.2021, S. 5-21
- [2] Europäische Union, Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über Eisenbahnsicherheit, Artikel 2
- [3] Europäische Union, Durchführungsverordnung (EU) 2019/779 der Kommission vom 16. Mai 2019 mit Durchführungsbestimmungen für ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständigen Stellen gemäß der Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 445/2011 der Kommission, Artikel 4 und Anhang II
- [4] Rösch, W.: Compendium Schienenfahrzeuginstandhaltung, 1. Auflage 2019, S. 58-61
- [5] TÜV SÜD Akademie GmbH, Ausbildungsunterlagen Qualitätsmanagement-Fachkraft, Revisionsstand 06, Juni 2016, Modul 2, S. 5-21
- [6] European Agency for Railways, Rohübersetzung Certification scheme for ECM and outsourced maintenance functions under Regulation (EU) 2019/779, ERA 1172/003 Version 1.1, S. 13-17
- [7] [https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Instandhaltung/ECM\\_FAQ/ecm\\_fa\\_node.html?jsessionid=35C0BB06E4641D9115A171F5653C4154.live21322](https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Instandhaltung/ECM_FAQ/ecm_fa_node.html?jsessionid=35C0BB06E4641D9115A171F5653C4154.live21322), 24.05.2021, 14:30
- [8] TÜV SÜD Akademie GmbH, Ausbildungsunterlagen Qualitätsmanagement-Fachkraft, Revisionsstand 06, Juni 2016, Modul 2
- [9] DB Systemtechnik GmbH, TT.TVI 5, ECM-Handbuch, Version 2.0, 02.11.2021, S. 21



### Erik Siegemund

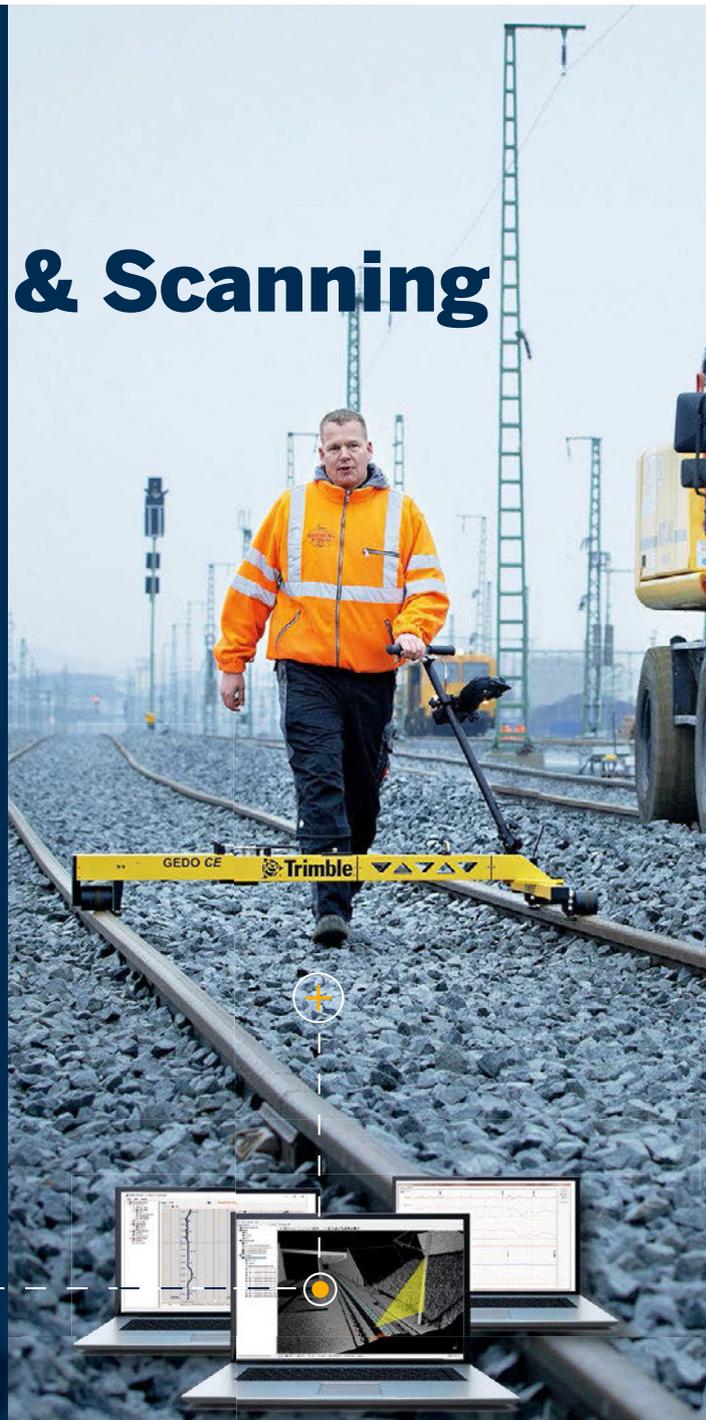
Senior Ingenieur  
 Instandhaltungssysteme und  
 IH-Consulting Schienenfahrzeuge  
 DB Systemtechnik GmbH,  
 Brandenburg an der Havel  
[erik.siegemund@deutschebahn.com](mailto:erik.siegemund@deutschebahn.com)

# Trimble Track Survey & Scanning

HARDWARE & SOFTWARE

- Gleiskontrolle
- Bestandsaufnahme
- Feste Fahrbahn
- Vormessen
- Lichttraumprüfung
- Laserscanning

InnoTrans  
Halle 25  
Stand 385



Bei den **Trimble® GEDO Systemen** werden unterschiedliche Technologien zusammengeführt. Die Systeme werden bei der Gleisvermessung entsprechend den Umgebungs- und Einsatzbedingungen individuell zusammengestellt. So kann ein **Trimble GEDO CE 2.0 Gleismesswagen** sowohl mit GNSS als auch mit optischen Instrumenten, Laserscanner und Inertialmesstechnik ausgerüstet werden. Der flexible und modulare Aufbau ermöglicht die Anpassung der **Trimble GEDO Systeme** an neue Herausforderungen und künftige Entwicklungen.



Mehr Informationen:  
[gedo.trimble.com](https://gedo.trimble.com)

© 2022, Trimble Inc. All rights reserved. (07/22) GED0216

# Detektion und Bewertung von Störstellen am Fahrbahnsystem

Charakterisierung von Fahrbahneigenschaften durch die Messung von Achslagerbeschleunigungen in Regelzügen und den gezielten Einsatz von Analyseverfahren

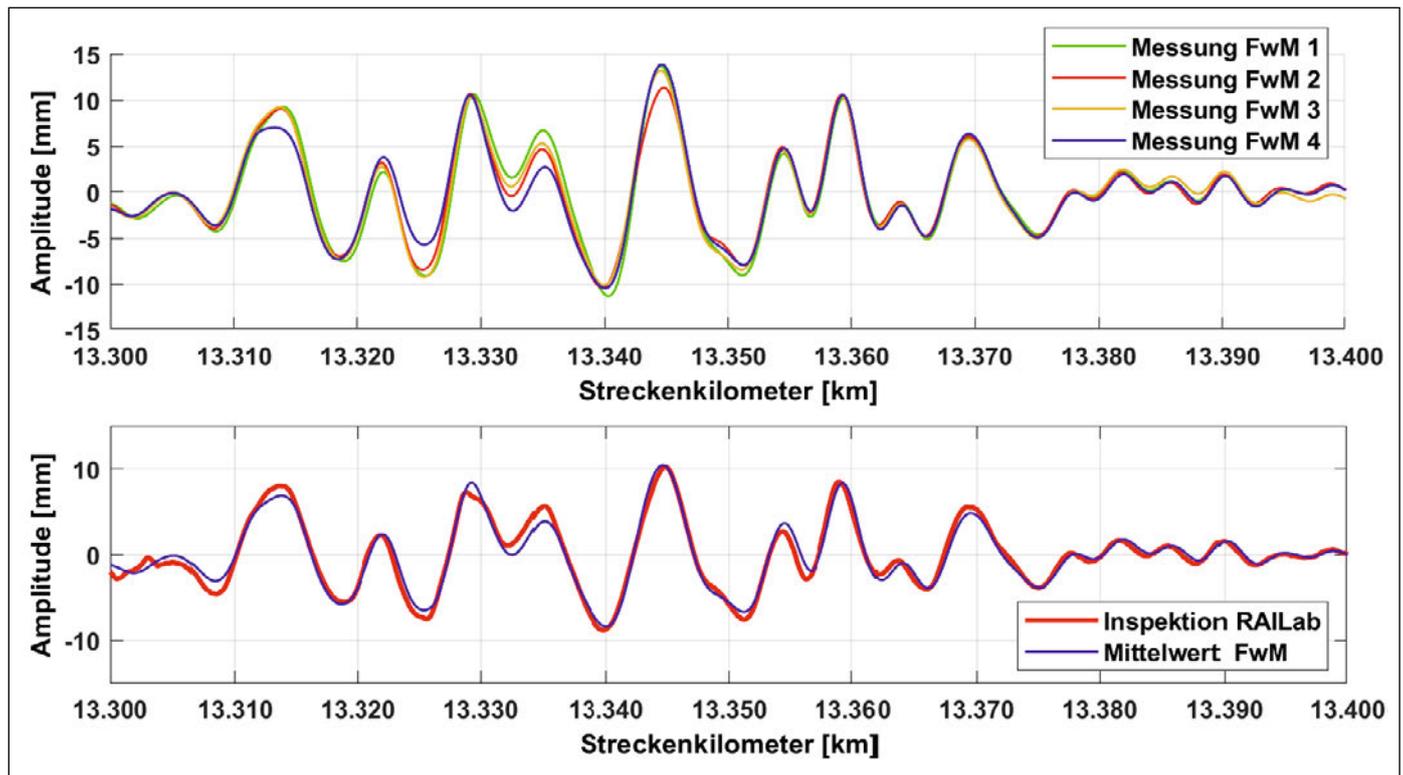


Abb. 1: Dreipunktsignale der Längshöhe aus doppelt integrierten Beschleunigungssignalen von vier FwM-Messfahrten (oberes Diagramm) sowie RAILab-Messung der Längshöhe und Mittelwert der FwM-Längshöhensignale (unteres Diagramm) Quelle aller nachfolgenden Abb.: [5]

CHRISTOPHER SANDNER | BURCHARD RIPKE |  
JOSEPH FENG | MANFRED ZACHER

Die Instandhaltung des Schienennetzes stellt sehr hohe Ansprüche an die Infrastrukturbetreiber. Die Kenntnis über die tatsächliche Abnutzung und das Verhalten von Komponenten der Fahrbahn nimmt dabei einen besonderen Stellenwert ein. Aufgrund von örtlichen Besonderheiten bzw. betrieblichen Änderungen können in Einzelfällen Mängel schneller auftreten und wachsen und damit zu Störungen des betrieblichen Ablaufs führen. Für die frühzeitige Detektion von Gleislagenfehlern nutzt die DB Netz AG Regelfahrzeuge (Fahrwegmonitoring, FwM), die mit Beschleunigungssensoren an Radsatzlagern ausgestattet sind [12]. Aus den gemessenen Beschleunigungen wird einerseits durch Doppelintegration die vertikale Gleislage berechnet, und andererseits lassen sich mit weitergehenden Analysen noch zusätzliche

Erkenntnisse über den Zustand des Fahrwegs gewinnen. Darüber hinaus ist eine Prognose des Fehlerwachstums möglich und durch die häufige Befahrung der Strecken eine Beurteilung der Nachhaltigkeit von Instandhaltungsmaßnahmen.

## Bestimmung und Bewertung von Längshöhenfehlern im Eisenbahnoberbau

Nach den Anforderungen der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität der Europäischen Union (TSI) sind die europäischen Eisenbahninfrastrukturbetreiber verpflichtet, die Gleislage regelmäßig zu inspizieren. Dabei werden die Parameter Spurweite, die vertikale und laterale Lage der rechten und linken Schiene, die gegenseitige Höhenlage der Schienen und die Verwindung gemessen. Für die vertikale und laterale Lage (Längshöhe und Pfeilhöhe) der Schienen werden bei der DB Netz die Amplituden eines Wandersehenmessverfahrens (Dreipunktsignal) beurteilt. Die geschwindigkeits-

abhängigen Beurteilungsmaßstäbe sind in der Richtlinie (Ril) 821.2001 [4] enthalten und lehnen sich an den in der DIN 31051 beschriebenen Abnutzungsvorrat an, siehe Tab. 1. Entsprechend den in der Ril 821.1000 definierten SR-Werten (Störgrößen/Reaktion) ergibt sich bei Überschreitung folgender Handlungsbedarf.

- $SR_A$ -Wert: „Der Wert, bei dessen Überschreitung der Zustand untersucht und in die regelmäßig geplanten Instandhaltungsarbeiten einbezogen werden muss.“ [3]
  - $SR_{100}$ -Wert: „Der Wert, bei dessen Überschreiten korrektive Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, um zu verhindern, dass die Soforteingriffsschwelle ( $SR_{lim}$ ) vor der nächsten Inspektion erreicht wird.“ [3]
  - $SR_{lim}$ -Wert: „Der Wert, bei dessen Überschreitung Maßnahmen ergriffen werden müssen. Eine Instandsetzung ist unverzüglich durchzuführen.“ [3]
- Wie eingangs erwähnt, wird beim Fahrwegmonitoring aus den gemessenen Achslagerbeschleunigungen das Dreipunktsignal für die Längshöhe der beiden Schienen berechnet. Vergleiche zwi-

			Beurteilungsmaßstäbe														
			für die örtlich zulässige Geschwindigkeit v [km/h]														
			SR <sub>A</sub>					SR <sub>100</sub>					SR <sub>lim</sub>				
Prüfgröße	Einheit	Auswertung	v ≤ 80	80 < v	120 < v	160 < v	v > 230	v ≤ 80	80 < v	120 < v	160 < v	v > 230	v ≤ 80	80 < v	120 < v	160 < v	v > 230
			≤ 120	≤ 160	≤ 230	≤ 120	≤ 160	≤ 230	≤ 120	≤ 160	≤ 230	≤ 120	≤ 160	≤ 230			
Längshöhe	mm	Null/Spitze	12	10	8	6	5	15	13	11	9	7	21	17	14	11	9
Pfeilhöhe	mm	Null/Spitze	12	10	8	6	5	15	13	11	9	7	21	17	14	11	9
gegenseitige Höhenlage	mm	Mittelwert/Spitze	10	8	7	6	5	13	11	9	8	7			11	10	9
Spurweite	mm	1435/Spitze	15	15	15	10	5	27	27	27	20/-3	15/-3					
Verwindung	‰	Null/Spitze						ORE B55 Kurve 1					ORE B55 Kurve 2				

Tab. 1: Beurteilungsmaßstäbe für die Gleislage

Quelle: [4]

schen der gemessenen Gleislage aus den Regelinpektionen mit Gleismessfahrzeugen zeigen eine gute bis sehr gute Übereinstimmung. In Abb. 1 sind im oberen Diagramm exemplarisch die Längshöhensignale von vier verschiedenen Messungen auf einem Streckenabschnitt dargestellt. Das untere Diagramm zeigt den Mittelwert der einzelnen Messungen und die zugehörige Längshöhe aus der Regelinpektion eines Gleismessfahrzeugs (RAILab). Die maximale Abweichung beträgt nur einige zehntel Millimeter (Abb. 1 unten).

### Wachstum von Längshöhenfehlern

Durch die häufige Befahrung von Streckenabschnitten mit Regelzügen kann einerseits eine Prognose des Fehlerwachstums und andererseits die Nachhaltigkeit von Instandsetzungsmaßnahmen überprüft werden. In Abb. 2 sind die Amplituden der Längshöhenfehler über einen Zeitraum von vier Monaten aufgetragen. Die Instandsetzung der Gleislage erfolgte nach dem 19. Januar 2022. Das Beispiel zeigt die Entwicklung der Längshöhen im Bereich eines Bahnübergangs.

### Detektion von Fahrflächenfehlern im Gleis durch die Wavelet-Analyse

Zusätzlich zur Bewertung von Längshöhenfehlern ermöglicht die Wavelet-Analyse der Beschleunigungssignale die Detektion und Bewertung von Fahrflächenfehlern wie z.B. Riffeln, Schlupfwellen, ausgefahrenen Schweiß- oder Isolierstößen. Mit der Wavelet-Analyse können bestimmte Muster in Signalen erkannt und lokalisiert werden. Mathematisch ausgedrückt handelt es sich bei der Wavelet-Analyse um eine Kreuzkorrelation zwischen einem Mustersignal  $\psi(t, \eta, \tau)$  (Wavelet) und dem Originalsignal  $g(t)$  (Achslagerbeschleunigung). Bei der Überfahrt eines Rades über eine Störstelle erfährt das Rad eine (zusätzliche) Beschleunigung, die häufig mit einem Morlet-Wavelet (Formel 1 und Abb. 3) vergleichbar ist. Dieser Wavelet-Typ ist aufgrund seiner Signaleigenschaft optimal für das Auffin-

den unterschiedlicher Fehlerformen im Bereich der Fahrfläche und der Fahrbahnkomponenten geeignet. Dabei ändert sich je nach Geschwindigkeit des Zuges und Form der Störstelle der Frequenzinhalt der Beschleunigungen im Bereich der Störstelle [6, 9].

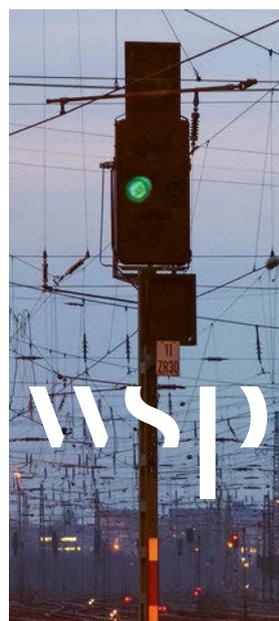
$$\psi(t, \eta, \tau) = \exp\left(\frac{-\left(\frac{t-\tau}{\eta}\right)^2}{2}\right) \cos\left(5\left(\frac{t-\tau}{\eta}\right)\right) \quad (1)$$

Mithilfe der Kreuzkorrelation (Formel 2) wird ein Übereinstimmungsgrad  $C_{\psi}(\eta, \tau)$  zwischen dem Wavelet und dem Originalsignal berechnet. Bei  $C_{\psi} = 1$  stimmt das Wavelet an der Stelle  $\tau$  mit dem Originalsignal vollständig überein, bei  $C_{\psi} = 0$  gibt es an dieser Stelle keine Übereinstimmung. Durch Variation von  $\eta$  und  $\tau$  sowie der

wiederholten Anwendung der Integration nach Formel 2 werden die unterschiedlichen Frequenzinhalte und Phasenlagen berücksichtigt. Die Frequenz  $f$  des Morlet-Wavelets berechnet sich aus der Kreisfrequenz ( $\omega = 2\pi f = 5/\eta$ ) zu  $f(\eta) = 5/(2\pi\eta)$  [1, 8].

$$C_{\psi}(\eta, \tau) = \frac{1}{\sqrt{\eta}} \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \psi(t, \eta, \tau) dt \quad (2)$$

Der Vorteil der Wavelet-Transformation gegenüber der Fouriertransformation besteht einerseits in der Ortsbestimmung durch den Parameter  $\tau$  und andererseits in der Bestimmung von Übereinstimmungsmerkmalen von Signalverläufen, nach denen gezielt gesucht wird. Bei der Fouriertransformation geht durch die Trans-



## Bahninfrastrukturplanung aus einer Hand - von WSP

Werden Sie Teil unseres interdisziplinären Expertenteams und wirken Sie in den bedeutenden und komplexen Eisenbahninfrastrukturprojekten Deutschlands mit.

WSP bietet Ihnen hervorragende Perspektiven als Planungsingenieure und Projektleiter der Gewerke Leit- und Sicherungstechnik, Oberleitungsanlagen, Elektrotechnik, Telekommunikation, Verkehrsanlagen und Ingenieurbauwerke.

40

JAHRE  
BAHNEXPERTISE IM  
DEUTSCHEN MARKT

150

MITARBEITENDE  
IM BAHNSEKTOR  
IN DEUTSCHLAND

55.300

MITARBEITENDE  
WELTWEIT

[beruf.wsp.com](http://beruf.wsp.com)

WSP Infrastructure Engineering GmbH

Frankfurt/Main | Berlin Braunschweig Dresden Hannover Leipzig

[wsp-ie@wsp.com](mailto:wsp-ie@wsp.com) | [wsp.com](http://wsp.com)

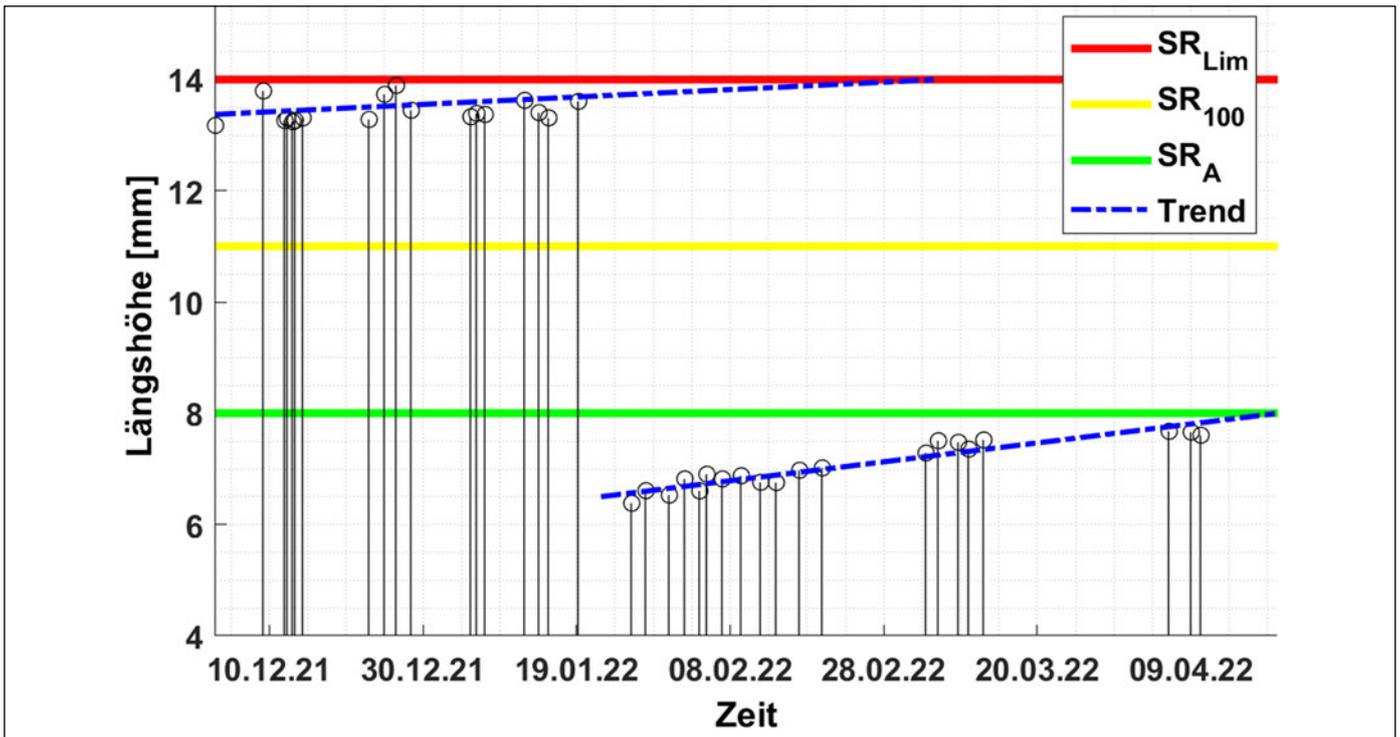


Abb. 2: Fehlerentwicklung und Prognose (Trend)

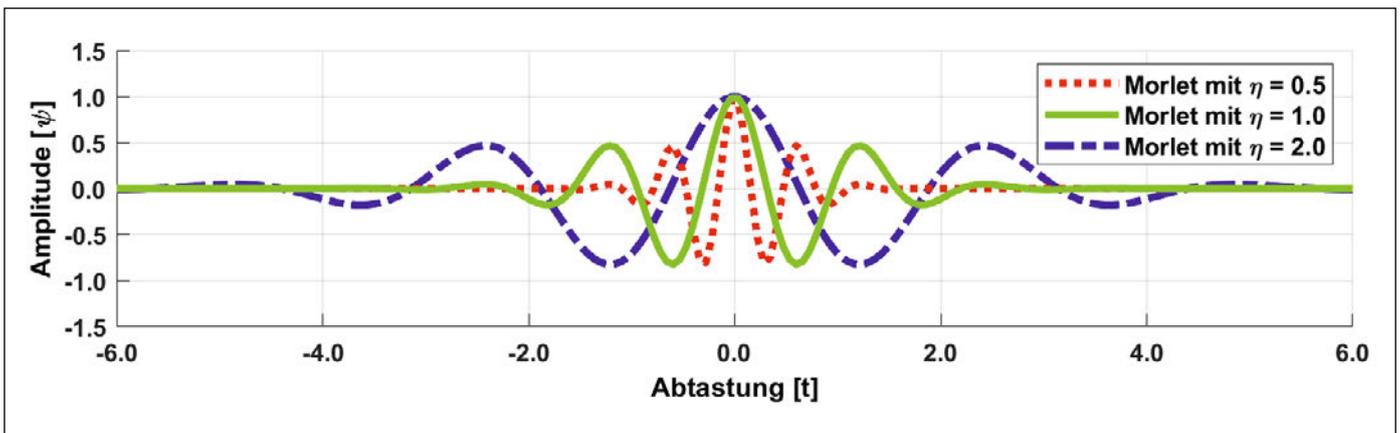


Abb. 3: Morlet-Wavelets für  $\eta = 0.5, 1.0, 2.0$  und  $\tau = 0$

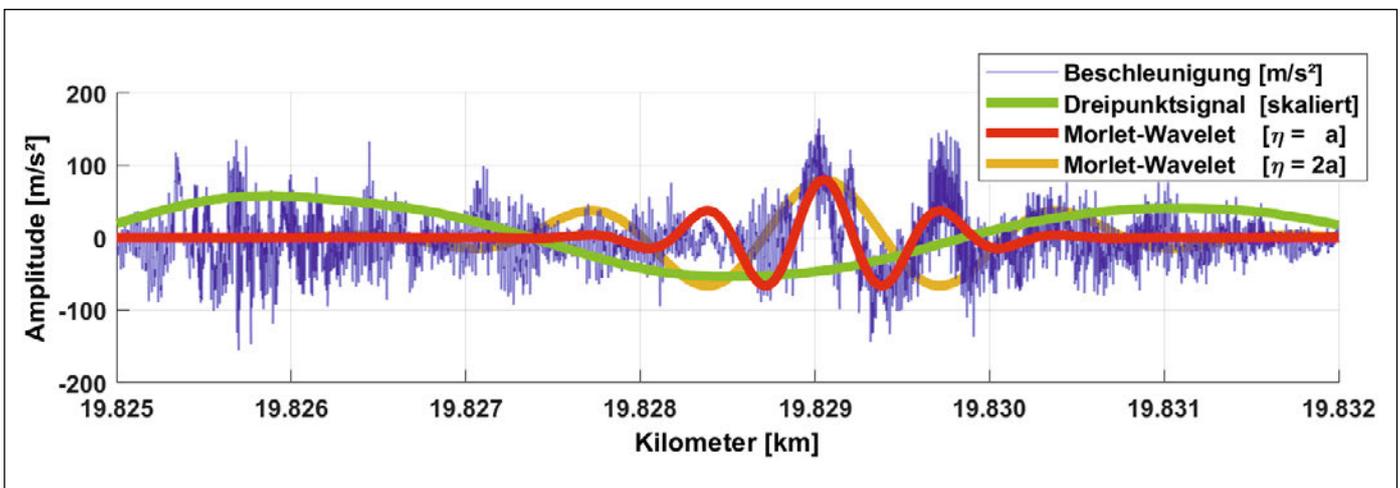


Abb. 4: Unterschiede zwischen dem Achslagerbeschleunigungssignal (blau) und dem Dreipunktsignal der Längshöhe (grün) sowie Gemeinsamkeiten in Bezug auf verschiedene Morlet-Wavelet-Formen (rot und gelb)

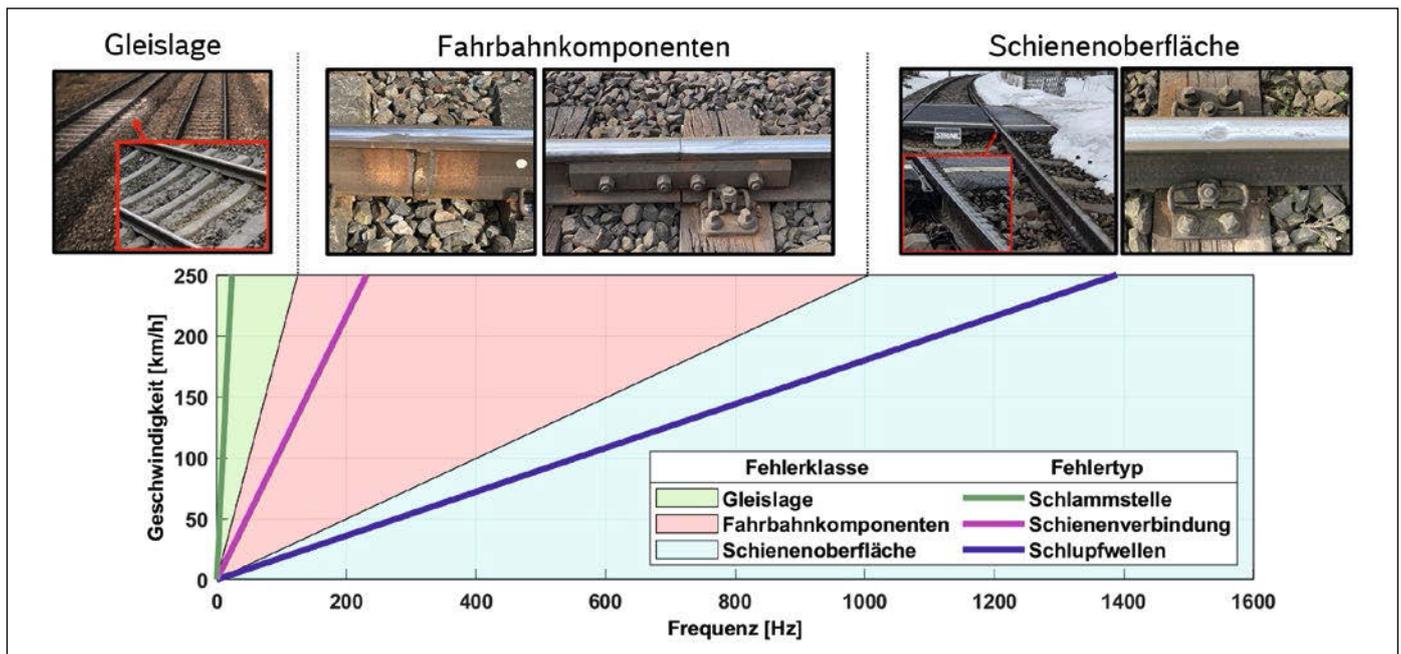


Abb. 5: Einordnung von Fehlerklassen anhand von Beispielen

formation der genaue Ort der Störstelle verloren, und das Originalsignal wird durch die Summe der Sinus- und Cosinus-Funktionen rekonstruiert. Die Signalantwort auf die Störstelle ist aus den Sinus- und Cosinus-Termen nur durch weitere Analysen ermittelbar.

In Abb. 4 ist der oben beschriebene Sachverhalt nochmals veranschaulicht. Die blaue Kurve zeigt die gemessene Achslagerbeschleunigung und die grüne Kurve das zugehörige Dreipunktsignal. Die rote und die gelbe Kurve repräsentieren ein Morlet-Wavelet für  $\eta = 55$  und  $\eta = 110$ . Aus der Frequenz  $f_0$  und dem Skalierungsparameter  $\eta$  des Wavelets wird die Pseudo-Frequenz  $F$  berechnet. Die Bezeichnung Pseudo beschreibt hier die Annäherung an das absolute Frequenzverhalten. Die Formel 3 zeigt die Berechnung der Frequenzinhalte.

$$F = \frac{f_0}{\eta} \quad (3)$$

Dies entspricht einer Frequenz von 1,48 Hz und 0,74 Hz. Man erkennt eine gute Übereinstimmung beim roten und eine geringere im gelben Kurvenverlauf mit dem Beschleunigungssignal.

#### Klassierung von Fehlern im Gleis

Aus der Wechselwirkung zwischen Fahrzeug- und Fahrwegeigenschaften lassen sich Fehler am Eisenbahnoberbau charakterisieren. Diese äußern sich im unterschiedlichen Zeitverhalten und im Frequenzinhalt der Achslagerbeschleunigung bei der Überfahrt einer Störstelle [10]. In Abb. 5 sind die maßgebenden Frequenzbereiche den unterschiedlichen Fehlern an der Fahrbahn zugeordnet. Diese wurden wie folgt unterteilt:

- Fehler in der Schienenoberfläche,
- Fehler an Fahrbahnkomponenten und
- Fehler in der Gleislage.

Für die Interpretation der Messergebnisse ist neben der Störstelle die gefahrene Geschwindigkeit des Zuges entscheidend. Über diese lässt sich aufgrund der typischen Wel-

lenlängen der oben genannten Störstellen der Frequenzinhalt zuordnen. Hohe Geschwindigkeiten führen vor allem bei langwelligen Gleislageveränderungen zur Beeinträchtigung

**Hochverfügbare Leistungselektronik**  
**Individuallösungen und Standard**  
 für fahrbeeinflussende Bahnanwendungen  
 stationär und mobil

**DC/DC - DC/AC - AC/DC**  
 Fahrdraht 600/750/1200/1500 VDC  
 UIC550 1000 V/16,7 Hz-1500 V/50 Hz-DC  
 Frontendversorgung  
 Batterielader  
 1 Ph/3 Ph-Umrichter

**SYKO®**  
**POWER**

an Land zu Wasser  
 in der Luft

[www.syko.de](http://www.syko.de)  
[info@syko.de](mailto:info@syko.de)  
 0049 6182 9352-0

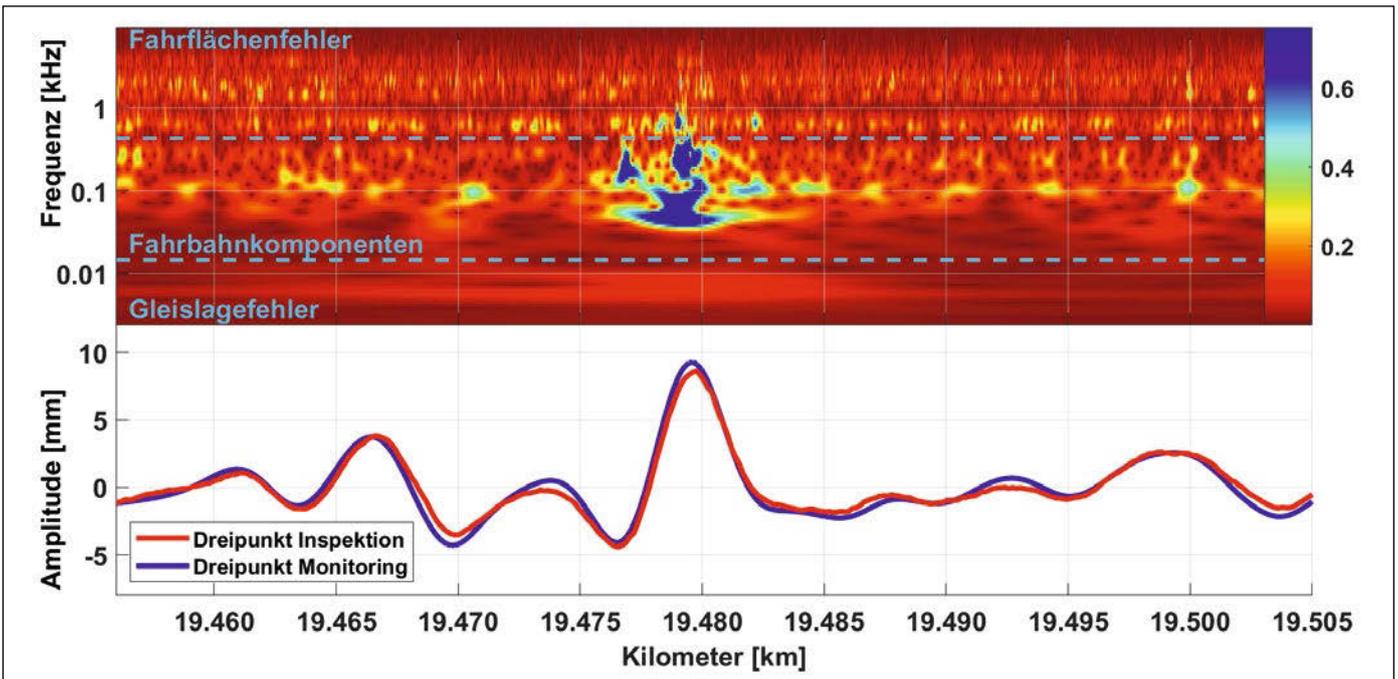


Abb. 6: Ergebnis der Wavelet-Transformation (oben) bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 100 km/h und Dreipunktsignale der Längshöhe aus Inspektionsmessung und Fahrwegmonitoring

des Fahrkomforts. Bei kurzweiligen Ereignissen werden höhere Frequenzen auch schon bei geringen Geschwindigkeiten angeregt. Abb. 5 zeigt anhand verschiedener praktischer Beispiele den Zusammenhang zwischen der Fahrgeschwindigkeit und den zu erwartenden Frequenzen.

Gleislagefehler regen Frequenzen bis ca. 80 Hz an. Als Repräsentant für den niedrigen Frequenzbereich (grün) wird ein Gleislagefehler an einer Schlammstelle angeführt (grüne Linie). Defekte an Fahrbahnkomponenten sind in das rosafarbene Gebiet einzuordnen, wie z.B. die Eigenschaften von Schienenverbindungen (magentafarbene Linie). Je nach Fahrgeschwindigkeit und Fehlerart können Frequenzen bis

1000 Hz angeregt werden. Riffeln mit Wellenlängen von 5 cm – 8 cm erzeugen hochfrequente Schwingungen, die oberhalb von 1000 Hz (blaues Gebiet) zu finden sind [2]. Mit der Zuordnung von Fehlern in die jeweiligen Frequenzklassen kann bei der Analyse der Achslagerbeschleunigung häufig bereits auf die Fehlerart geschlossen werden.

Um die Fehler für alle Fahrgeschwindigkeiten identifizieren zu können, ist eine hohe Abtastrate der Beschleunigungen notwendig. Die DB Netz hat gute Erfahrungen mit piezo-elektrischen Beschleunigungssensoren, die mit 25 kHz abgetastet werden, gemacht. Mit diesen Aufnehmern können Achslagerbeschleunigungen bis etwa 9000 Hz gemessen werden [7, 11].

In Abb. 6 ist im oberen Diagramm exemplarisch das Ergebnis einer Wavelet-Transformation graphisch dargestellt. Die Kilometrierung ist über die Abszisse und die Frequenz über die Ordinate aufgetragen. Die Farbe stellt den Übereinstimmungsgrad des Morlet-Wavelets mit dem gemessenen Beschleunigungssignal dar (normierte Wavelet-Koeffizienten). Tiefblaue Bereiche zeigen eine gute Übereinstimmung; in den roten Bereichen stimmt das Morlet-Wavelet mit dem Beschleunigungssignal nicht überein. Die waagrecht gestrichelten Linien geben in etwa die Frequenzbereiche an, in die die oben genannten Fehler eingestuft wurden. Wie bereits erläutert, steht die Beurteilung der Frequenzinhalte in Abhängigkeit zur gefahrenen Geschwindigkeit.

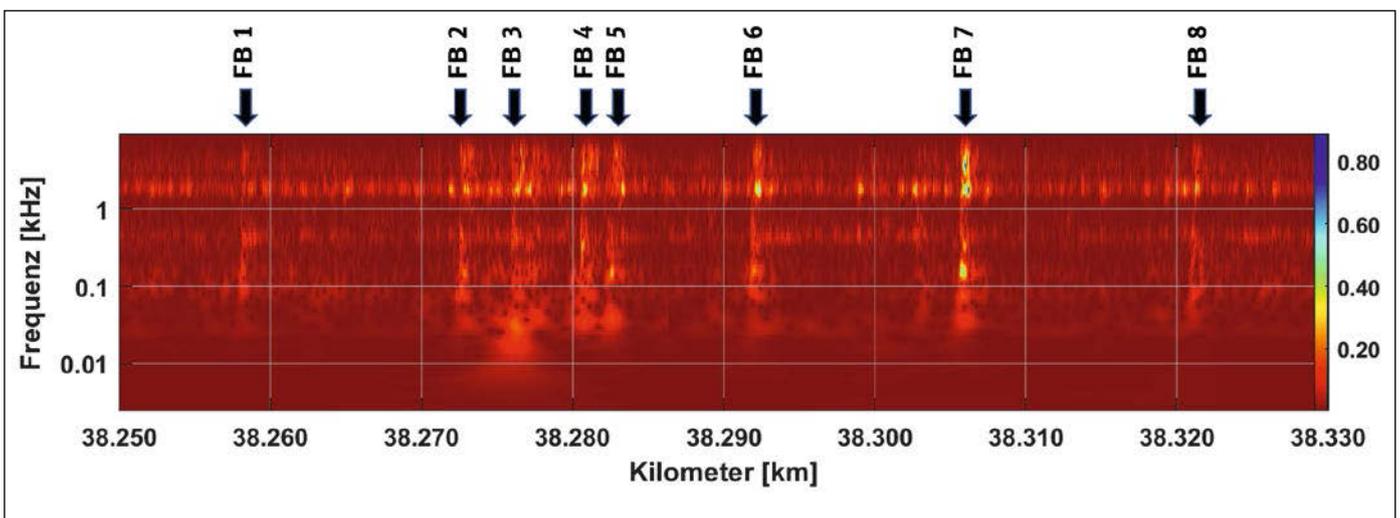


Abb. 7: Ergebnis der Wavelet-Transformation mit Auffälligkeiten im Frequenzverhalten; Detailanalyse von Frequenzbändern (FB) mit hohen Frequenzinhalten zwischen 400 Hz – 800 Hz

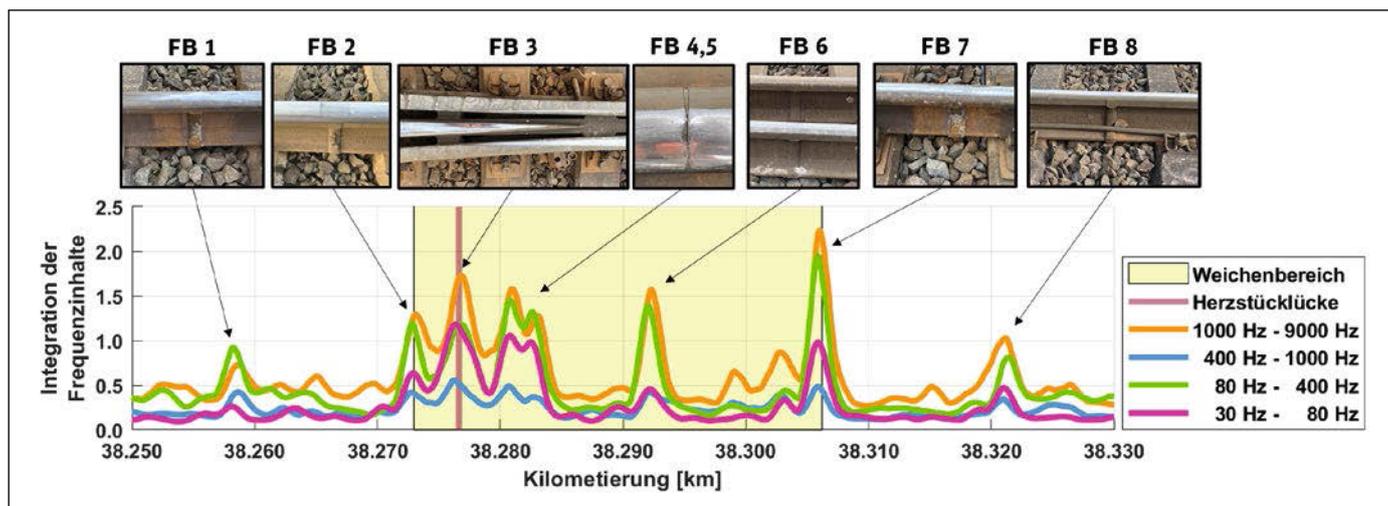


Abb. 8: Klassifikation von Frequenzinhalten und Zuordnung zu Fehlerursachen

Im unteren Diagramm ist zusätzlich das Dreipunktsignal der Längshöhe aus dem Fahrwegmonitoring und der Inspektionsmessung dargestellt. Es zeigt sich wiederum eine gute Übereinstimmung der Fehleramplitude der Dreipunktsignale über die abgewinkelte Wegstrecke.

#### Bewertung der Fahrflächenfehler mittels Wavelet-Transformation

Mit der oben erwähnten Zuordnung der Fehler in einzelne Frequenzbereiche wird eine automatisierte Detektion von Störstellen ermöglicht. Die Detektion erfolgt über den Flächeninhalt unter dem Frequenzband zum Zeitpunkt  $\tau$  bzw. dem zugehörigen Streckenkilometer. Die Berechnung der Fläche  $A$  resultiert aus der Integration über die berechneten Wavelet-Koeffizienten  $C_{\psi}(\eta, \tau)$ , siehe Formel 4. Die untere und obere Bereichsgrenze  $\eta_1$  und  $\eta_2$  können je nach Fehlerart variieren.

$$A(\tau) = \int_{\eta_1}^{\eta_2} C_{\psi}(\eta, \tau) d\eta \quad (4)$$

Mit dieser einfachen Methode lassen sich Störstellen im Gleis detektieren und bewerten, da der Flächeninhalt  $A$  vom Fahrbahnzustand ab-

hängig ist. Bei zunehmender Schädigung wird der Flächeninhalt  $A$  größer. Für eine Bewertung der Fehler sind noch Beurteilungsmaßstäbe zu ermitteln.

Abb. 7 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer Wavelet-Transformation über eine Streckenlänge von 80 m. An den markierten Stellen FB 1 bis FB 8 (FB = Frequenzband) sind Auffälligkeiten sichtbar (Übereinstimmungen mit dem Morlet-Wavelet). Die normierten Wavelet-Koeffizienten beschreiben Werte zwischen 1 und 0. Der Zustand 1 (tiefblau) beschreibt eine vollkommene Übereinstimmung. Die größte Übereinstimmung lässt sich an FB 7 oberhalb von 1 kHz lokalisieren. Der Wert 0 (rot) zeigt hingegen keine Ähnlichkeit zwischen dem Achslagerbeschleunigungssignal und dem Morlet-Wavelet.

Die zugehörigen Flächeninhalte zeigen die Graphen in Abb. 8. Die Farben der Graphen repräsentieren die unterschiedlichen Integrationsgrenzen. An den Markierungen FB 1 bis FB 8 sind die Flächeninhalte signifikant erhöht. Eine Gleisbegehung zeigte, dass an diesen Stellen entweder ausgefahrene Schweißstöße, Isolierstöße oder ein Herzstück das Rad zu vertikalen Schwingungen anregen.

#### Fazit und Ausblick

Beim Fahrwegmonitoring wird die Längshöhe der rechten und linken Schiene bestimmt und bewertet. Durch die häufige Befahrung von Strecken mit Zügen des FwM können Längshöhenfehler schon in einem frühen Stadium erkannt und deren Wachstum prognostiziert werden. Dadurch ist eine bessere Planung von Instandsetzungsmaßnahmen möglich. Darüber hinaus bietet das FwM die Möglichkeit, die durchgeführten Instandsetzungsmaßnahmen auf ihre Nachhaltigkeit zu überprüfen.

Zusätzlich können Fahrflächenfehler auf der Schiene oder Mängel an den Komponenten der Fahrbahn mithilfe der Wavelet-Transformation detektiert werden. Die Signalanalyse erfolgt derzeit landseitig nach der Datenübertragung vom Zug auf den Server. Der Zeitaufwand für die Bestimmung der Wavelet-Koeffizienten ist dabei mit dem für die Berechnung des Dreipunktsignals vergleichbar und ermöglicht eine zusätzliche Beurteilung von Störstellen im Eisenbahnerbau. Durch die unterschiedlichen Frequenzinhalte, die sich aus den Achslagerbeschleunigungen des Fahrwegmonitorings identifizieren lassen, wird eine Zuordnung von Fehlerursachen ermöglicht.

WE DEVELOP THE SAFETY OF TOMORROW

FIPSYSTEMS® cable protection solutions

FULL IP PROTECTION IP IP66-IP67-IP68-IP69

FRÄNKISCHE INDUSTRIAL PIPES

20. – 23.09.2022

InnoTrans Berlin

Halle 15.1, Stand 380

www.fipsystems.de

Die Bewertung der Fahrflächenfehler oder Mängel an Fahrbahnkomponenten steht noch aus. Dies kann durch eine Analyse aus historisch vorhandenen Messungen bis zum Schadenseintritt von bekannten Schäden erfolgen. Eine andere Möglichkeit ist die Korrelation von gemessenen Beschleunigungsdaten mit der zeitlichen Entwicklung von Schäden.

Die Identifizierung und Charakterisierung von Störstellen stellen nur eine Herausforderung dar. Eine weitere verbirgt sich in der exakten Verortung der Ergebnisse. Aktuell ist dies mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden. Moderne Verortungsmethoden wie z.B. das Map Matching bieten einen möglichen automatisierten Lösungsansatz. Durch eine Nachverortung der gemessenen Inertial- und GNSS-Informationen kann die Verortungsgenauigkeit des Zuges und der Messwerte deutlich gesteigert und automatisiert werden. Dies erlaubt zukünftig eine noch effizientere Lokalisierung von Störstellen. ■

#### QUELLEN

- [1] Bäni, W.: Wavelets: eine Einführung für Ingenieure, 1. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2002  
 [2] Chiavarella, M.; Afferante, L.: Recent Progress On Railways Corrugation, 8th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems, Florence, Italy, 2009  
 [3] DB Richtlinie 821.1000; Oberbau inspizieren: Grundlagen der Oberbauinspektion, Deutsche Bahn AG, Version 2, 2022

- [4] DB Richtlinie 821.2001; Oberbau inspizieren: Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleisfahrzeugen, Deutsche Bahn AG, Version 16, 2020  
 [5] DB Netz AG, I.NAI 414, München, 2022  
 [6] Heunecke, O.; Kuhlmann, H.; Welsch, W.; Eichhorn, A.; Neuner, H.: Handbuch Ingenieurgeodäsie: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Wichmann Verlag, 2013  
 [7] Feng, F.; Ripke, B.: Shift2RAIL, IN2SMART, Intelligent Innovative Smart Maintenance of Assets by Integrated Technologies, Assessment of prototypes and further developments D4.4, München, 2020  
 [8] Louis, A. K.; Maaß, P.; Rieder, A.: Wavelets: Theorie und Anwendung, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Teubner Studienbücher, 1998  
 [9] Misiti, M.; Misiti, Y.; Oppenheim, G.; Poggi, J.-M.: Matlab Wavelet Toolbox; User's Guide, 2022  
 [10] Ripke, B.: Hochfrequente Gleismodellierung und Simulation der Fahrzeug-Gleis-Dynamik unter Verwendung einer nichtlinearen Kontaktmechanik, Dissertation, TU Berlin, 1994  
 [11] Sandner, C.: Charakterisierung von Einzelfehlern im Eisenbahnoberbau aus Messfahrten der Regelinspektion und dem Fahrwegmonitoring mit Regelzügen, Dissertation, TU München, 2022  
 [12] Wolter, K. U.; Erhard, F.; Gabler, H.; Hempe, T.: Fahrzeugseitige Überwachung der Infrastruktur im Regelbetrieb, Eisenbahntechnische Rundschau, 2014

Alle Autoren:  
 Messtechnik und Rad-Schiene-System  
 DB Netz AG, München



**Dr. Christopher Sandner**  
 Referent Fahrwegmonitoring  
 christopher.sandner@deutschebahn.com



**Dr. Burchard Ripke**  
 Strategie Fahrwegmonitoring  
 burchard.ripke@deutschebahn.com



**Dr. Manfred Zacher**  
 Leiter  
 manfred.zacher@deutschebahn.com



**Dr. Joseph Feng**  
 Referent Fahrwegmonitoring  
 Joseph.Feng@deutschebahn.com

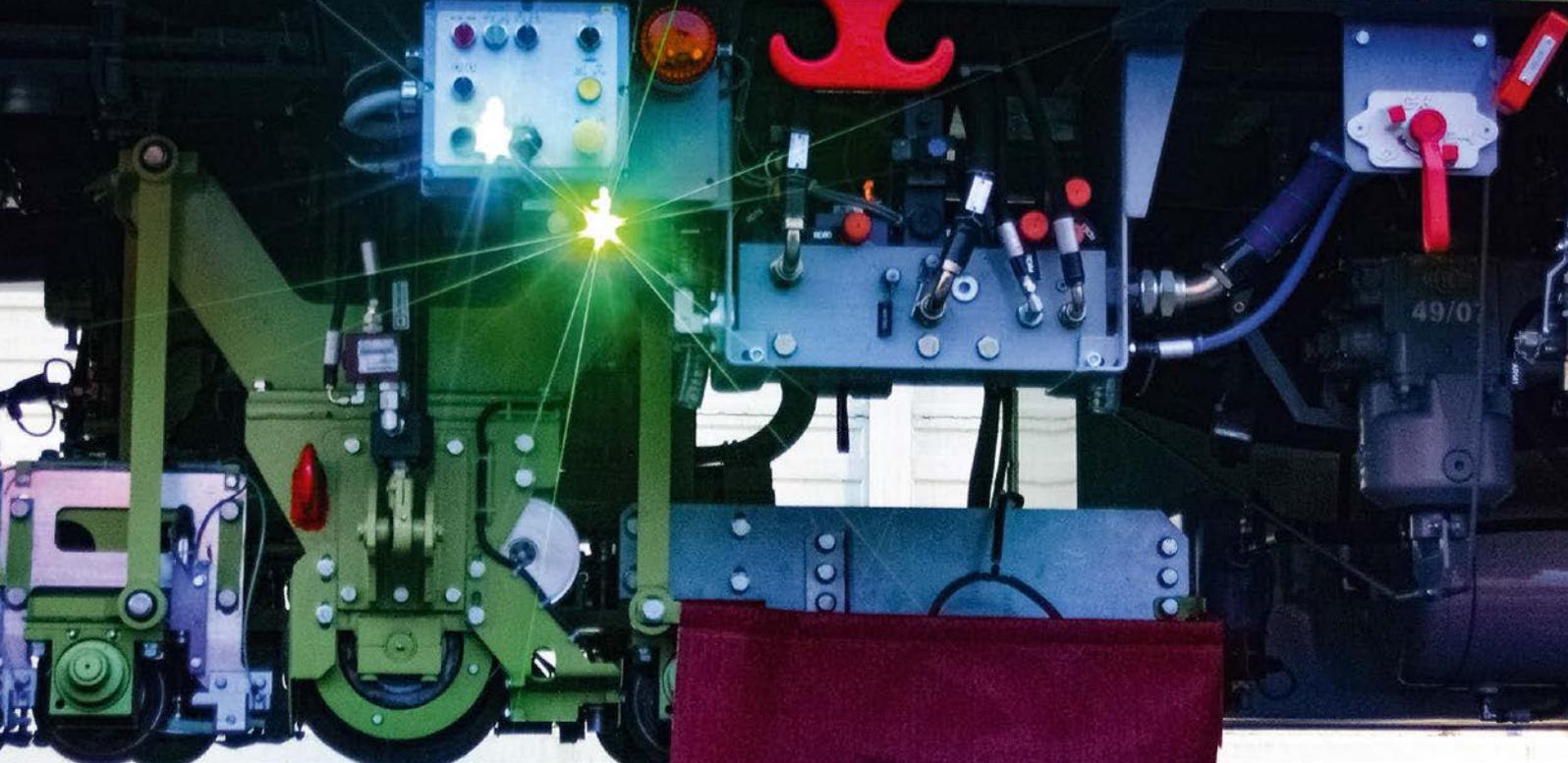


## Wir sehen uns auf der InnoTrans vom 20.–23.09.2022 in Berlin. Besuchen Sie uns in Halle 23, Stand 200.

- **Täglich: Career Point**
- **Täglich: Vorträge und Vorstellung der VDEI-Fachbereiche**
- **InnoTrans Plus: Erstellen Sie sich ein Besucherprofil unter [plus.innotrans.de](https://plus.innotrans.de) und finden Sie neue Kontakte.**

Der Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e. V. – VDEI – ist der mitgliederstärkste deutschsprachige Berufsverband der Ingenieure und Ingenieurinnen im spurgeführten Verkehr. Rund 4000 Fachleute der Branche haben sich zusammengeschlossen, um ein Netzwerk aus Kompetenz und Wissen zu schaffen und sich fachlich von der Praxis für die Praxis auszutauschen. Besuchen Sie uns in Halle 23, Stand 200 und erfahren sie mehr über den VDEI: Mit seinen 12 Fachbereichen bietet er seinen Mitgliedern die Möglichkeit, ihre berufliche Expertise sachtechnisch zu vertiefen sowie das Berufsbild in Politik und Gesellschaft zu stärken und zu vertreten.

Tickets 11,90 € inkl. Mwst für Mitglieder des VDEI.  
 Senden Sie eine E-Mail mit dem Stichwort „Ticket InnoTrans 2022“ an [service.gmbh@VDEI.de](mailto:service.gmbh@VDEI.de)



# Ist Ihr Schienenkopf richtig dokumentiert?

Innovative On Board Echtzeitmessungen

- Einzigartiger rotativer Wirbelstromsensor zur Erkennung von Head Checks und Spalling
- Optische Querprofilmessung
- Optische Materialabnahmemessung
- Längsprofilmessung
- Berührungslose Rauigkeitsmessung
- Kontinuierliche Spurweitenmessung

Keine Bediener im Gleis → erhöht Ihre Personalsicherheit

Keine Zeitverluste für Gleissperrungen → erhöhte Produktivität.

**SPENO INTERNATIONAL**

[speno.ch](http://speno.ch)



# Behandlung von Rissen und Abplatzungen bei Spannbetonschwellen

Das Schwellenrissvergussverfahren kann die Nutzungsdauer von beschädigten Spannbetonschwellen und der Festen Fahrbahn verlängern.

**GEORG GABLER | NORMAN KRUMNOW**

**Einer der häufigsten auftretenden Schäden bei Spannbetonschwellen (SBS) und der Festen Fahrbahn (FF) sind Risse, welche aus einer Vielzahl von Einflüssen resultieren sowie Betonabplatzungen infolge mechanischer Einflüsse bei Oberbaumaßnahmen (Schotterpflug, Stopf-Richtarbeiten), beim Transport der SBS oder von entgleisten Rädern. Risse und Abplatzungen können die Gebrauchstauglichkeit von SBS oder von FF einschränken. Der Fachbeitrag erläutert im Überblick die Entwicklung und den Einsatz von SBS bei der Deutschen Bahn AG (DB) und zeigt eine technisch und wirtschaftlich optimierte Lösung auf, um bestimmte Schäden, welche bei SBS und FF auftreten können, zu behandeln (Abb. 1).**

## Einleitung

Die Gleisinfrastruktur, welche sich aus den Gruben- und Werkbahnen seit ca. 200 Jahren entwickelt hat, besteht zum überwiegenden Teil im Streckennetz der DB und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) in Deutschland als Schottergleis. Der Aufbau solch eines Schottergleises besteht aus den recht einfachen und verhältnismäßig kostengünstigen Komponenten Schiene, Schwelle, Schotter und Schienenbefestigungsmitteln. Diese Komponenten wurden in den letzten Jahrzehnten weitestgehend standardisiert und werden stetig durch die Bahnindustrie und die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) weiterentwickelt. Bezogen auf das Konstruktionsprinzip des Schotteroberbaus haben die Schwellen die Aufgabe, die statischen und dynamischen Lasten bzw. Kräfte aus der Schiene und den Schienenbefestigungsmitteln aufzunehmen und sicher in den Schotter abzutragen. Hierbei haben sich durch die steigenden Anforderungen an das Gleis (wie z.B. durch höhere Geschwindigkeiten, Achslasten, Fahrkomfortansprüche und Zugfolge) seit etwa den 1960er Jahren SBS und FF als zuverlässige Gleisbaukomponenten etabliert.

## Entwicklung, Konstruktion, Herstellung, und Anteil der SBS

Die ersten Versuche, eine SBS zu konstruieren und im Streckennetz des Deutschen Reiches

einzusetzen, gehen auf das Jahr 1884 zurück. Die damals entwickelte konstruktive Lösung konnte jedoch den Anforderungen aus den Witterungseinflüssen in Verbindung mit den einwirkenden Lasten aus dem Eisenbahnverkehr nicht gerecht werden. Im Weiteren wurde in den 1930er und 1940er Jahren die Entwicklung des Spannbetons vorangetrieben, und nach dem Ende des zweiten Weltkrieges gelang aufgrund von Mangel an Holzrohstoff zwischen 1950 und 1970 der Durchbruch zum Einsatz von SBS im Streckennetz der damaligen Deutschen Bundesbahn, der Deutschen Reichsbahn auf dem Gebiet der DDR und in den Netzen des ÖPNV. Diese damals produzierten und verwendeten SBS hatten, bedingt durch verschiedene Hersteller, keine standardisierten geometrischen Abmessungen. Vielmehr gab es eine Vielzahl von SBS, welche alle mit dem K-Oberbau, d.h. einem Schienenbefestigungssystem mit Rippenplatte, ausgestattet waren. Einen maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung und jetzigen geometrischen Abmessungen der SBS hatte der Wechsel vom K-Oberbau zum W-Oberbau [1]. Die SBS der Bauform B70 der DB Netz AG (DB Netz) hat eine Länge von 2600 mm, eine Höhe von 210 mm und eine Breite an der Unterseite von 300 mm [2] und wird bis zu Geschwin-

digkeiten von 250 km/h eingesetzt. Bei höheren Geschwindigkeiten setzt die DB Netz die SBS der Bauform B07 ein, die im Vergleich zur B70 eine größere Schwellenauflagerfläche hat.

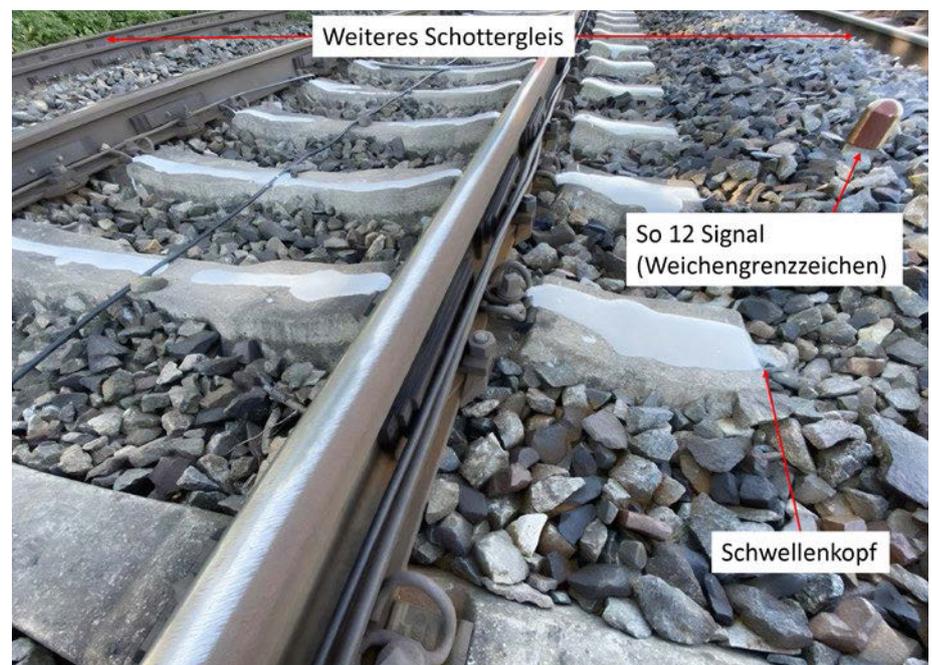
Die Herstellung der SBS erfolgt in Deutschland und weltweit als industriell produziertes Betonfertigteile. Es gibt drei verschiedene Produktionsverfahren für die Herstellung von SBS:

- Sofortentschalverfahren mit nachträglichem Verbund
- Spätentschalverfahren mit sofortigem Verbund ohne Endverankerung
- Spätentschalverfahren mit sofortigem Verbund und Endverankerung [1].

Das Streckennetz der DB umfasst ca. 80 Mio. Schwellen. Davon beträgt der Anteil von SBS im Gleis ca. 78 % und von Spannbetonweichenschwellen (SBWS) ca. 46 % (Stand 2017) [3]. Die verbleibenden 20 % im Streckennetz (ca. 14 200 km) wurden mit Holz-, Stahl- oder Kunststoffunterschwellung oder in einer Bauart der FF hergestellt.

## Risse und Schäden an SBS

Risse an SBS und SBWS im Schottergleis oder Risse im Beton einer FF können die Nutzungsdauer von Schwellen maßgeblich beeinflussen. Folgende Risse werden unterschieden:



**Abb. 1:** Draufsicht auf ein Schottergleis mit mittels SRV-Verfahren sanierten SBS

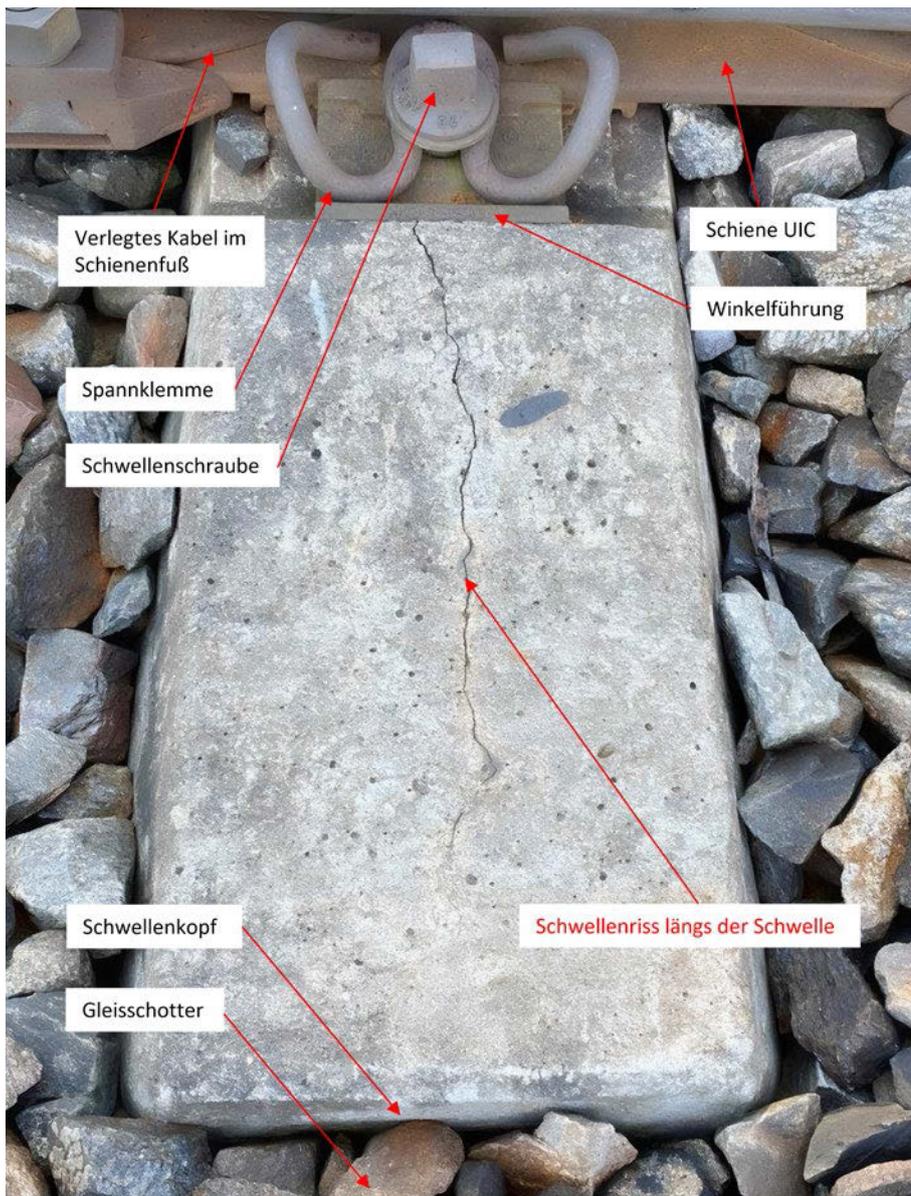


Abb. 2: Draufsicht auf einen Spannbetonschwellenkopf mit Schwellenriss

- Längsrisse (Abb. 2),
- Dübelrisse,
- Sickenrisse,
- Querrisse/Biegerisse,
- Verbundrisse,
- Kopfrisse und
- Treibrisse [4].

Neben Schwellenrissen können in einer FF auch Risse im Füllbeton oder offene Fugen zwischen Füllbeton und Schwelle auftreten.

Um geeignete Maßnahmen ableiten zu können, werden bei der DB Netz die Risse an SBS und FF gemäß Richtlinie (Ril) 821.2018 [4] nach abnehmenden Fehlerstufen (FS) beurteilt:

- FS1, Verlust der Tragfähigkeit
- FS2, Rissbreite > 0,5 mm bzw. > 1,0 mm
- FS3, Rissbreite ≤ 0,5 mm bzw. ≤ 1,0 mm.

Für die Inspektion der FF und der auftretenden Betonrisse erfolgt die Beurteilung gem. Ril 821.2003Z05 und die Instandsetzung gem. Ril 824.0101Z01.

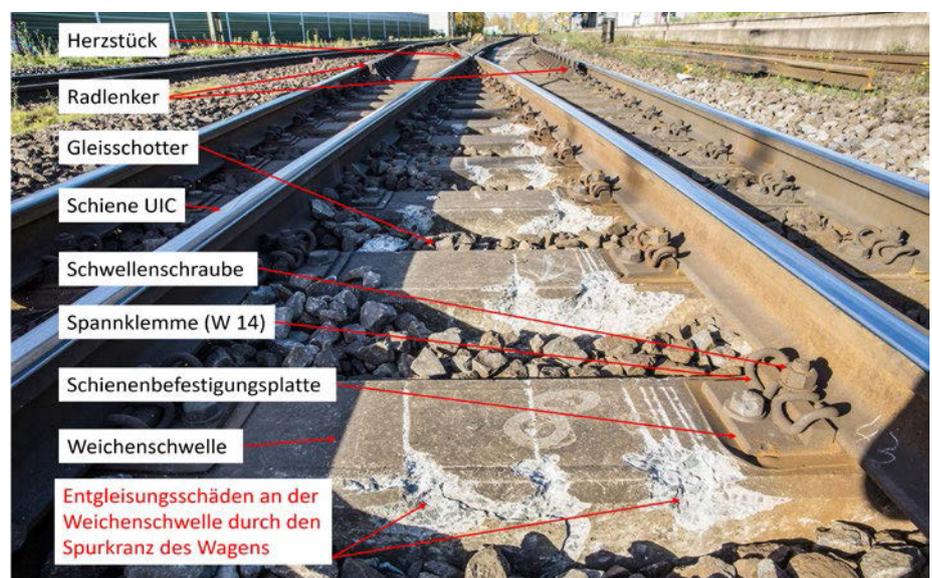


Abb. 3: Draufsicht auf eine Betonschwellenweiche mit Abplatzungen

In der Ril 821.2018 sind auch der Zeiträume für die Beseitigung oder weitere Maßnahmen hinsichtlich der Risse festgelegt.

Schäden an SBS und SBWS können auch durch mechanische Einwirkungen im Rahmen von Arbeitsverfahren des Oberbaus entstehen. Auch Ausbrüche (Abb. 3) und als Folge freiliegende Bewehrungsstäbe (z.B. durch Entgleisungen) oder Verankerungsstäbe sowie sonstige Fehler (Schwindrisse, raue und porige Betonoberflächen, Abrieb/Abplatzungen/Schleifspuren) können die Nutzungsdauer einer Schwelle herabsetzen.

### Entwicklung und Etablierung des SRV-Verfahrens

Treten Fehler oder gar eine Beschädigung an einer SBS auf, muss der Anlagenverantwortliche (ALV) entsprechende Maßnahmen einleiten, um die Gebrauchstauglichkeit aufrecht zu erhalten. Die Risse werden anhand der gültigen Richtlinien der DB beurteilt und entsprechende Maßnahmen abgeleitet. Risse der Fehlerstufen FS2 und FS3 können gemäß Ril 824.3620 [5] u.a. mit dem Schwellenrissverguss (SRV)-Verfahren behandelt werden. Die Idee zur Entwicklung eines Reparatur- und Instandhaltungsverfahrens für SBS und FF wurde in den Jahren 2000 bis 2004 u.a. durch Ingenieure der Rhombert Sersa Rail Group (RSRG) vorangetrieben, nachdem gerissene SBS und SBWS im Schottergleis und der FF ab dem Jahr 2000 im Streckennetz der DB gehäuft auftraten [6]. Der Fokus lag dabei auf der Entwicklung einer effektiven und wirksamen Sanierungsmethode. Maßgabe war die Behandlung von Rissen in möglichst kurzer Zeit (< 1 Minute je Betonriss) unter dem „Rollenden Rad“, selbstverständlich unter Berücksichtigung der einschlägigen Arbeits- und Sicherheitsbestimmungen wie u.a. der Einrichtung einer Langsamfahrstelle (Abb. 4). Mit dieser Zielstellung wurde ein Vergussma-



Abb. 4: Sanierungsarbeiten mit dem SRV-Verfahren unter dem „Rollenden Rad“

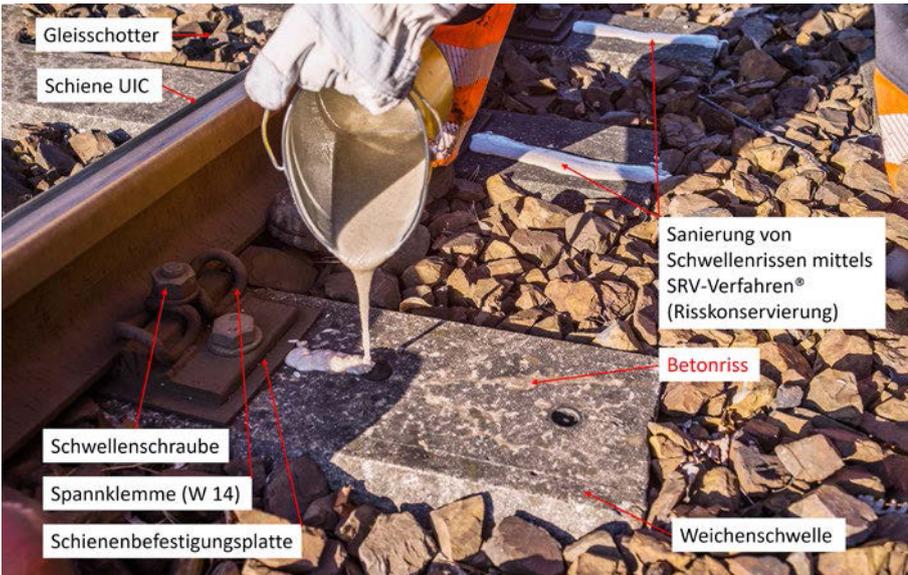


Abb. 5: Händischer Verguss eines Dübelrisses



Abb. 6: Einsatz des SRV-Verfahrens zur Sanierung von Abplatzungen

terial entwickelt, dessen Eindringtiefe abhängig von der Rissbreite ist. Die Eindringtiefe des Vergussmaterials beträgt ca. das 10-fache der Betonrissbreite und versiegelt und konserviert den Riss durch eine hochfeste Brücke gegen eindringende Feuchtigkeit. Durch diese Versiegelung wird eine ansonsten zu befürchtende Korrosion der Bewehrung bzw. der Spannstähle in der Schwelle unterbunden, und somit kann die Nutzbarkeit des Gleisabschnittes um mindestens vier Jahre verlängert und die Erneuerung entsprechend hinausgeschoben werden. Um die entsprechenden Materialkennwerte des Verfahrens und seine Gebrauchstauglichkeit zu überprüfen, wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. RailOne GmbH entsprechend den gültigen Richtlinien der DB und den anerkannten Regeln der Technik die notwendigen Untersuchungen an Probekörpern vorgenommen. Dazu wurden an den behandelten Prüfkörpern Biegezugprüfungen durchgeführt. Die Prüfung galt als bestanden, wenn bei mindestens 80 % der Prüfkörper eine neue Bruchfläche entstand und die mit dem SRV-Verfahren sanierte Fläche der SBS ohne Veränderungen blieb. Nachdem diese Forderung durch die Prüfungen erfolgreich nachgewiesen werden konnte, war die Gebrauchstauglichkeit des Verfahrens bewiesen. Im Weiteren wurden mit den Fachingenieuren der DB die ersten Gespräche zur Erprobung des entwickelten Verfahrens unter eisenbahnspezifischen Bedingungen geführt. Die ersten drei Anwendungen im Streckennetz der DB erfolgten in dem Zeitraum von November 2011 bis April 2012 im Bahnhof (Bf.) Minden (Westfalen) an den Weichen Nr. 8 und 9 und im Bf. Rheydt (Nähe Mönchengladbach) an der Weiche Nr. 14, bei denen in Summe 300 Betonrisse in 240 SBWS saniert wurden, sowie im Bf. Bad Bentheim, wo 32 SBWS Schäden aufwiesen (Abb. 3) und saniert wurden. Bei den zuerst genannten drei Sanierungsmaßnahmen wurde vom Fachdienst der DB eine jährliche Begutachtung der versiegelten Betonrisse vorgenommen, um ggf. eine Vergrößerung oder ein Anwachsen von Rissbreiten zu erkennen. Hierbei wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren, auch nach mehrmaligem maschinellem Stopfen und Richten der Gleis- und Weichenanlagen, keine Veränderungen an den sanierten Betonrisse oder weitere fortschreitende Betonschädigungen mit Auswirkungen auf die Tragfähigkeit der SBWS festgestellt. Das Verfahren hat somit seine technologische sowie betriebliche Machbarkeit und Zuverlässigkeit für das EIU erfolgreich nachgewiesen. Aufgrund der guten Ergebnisse im Schottergleis und der FF wurde das Verfahren von der DB im Jahr 2018 zur Betriebserprobung freigegeben und im Jahr 2020 in die Ril 824.3620Z01 als von der DB freigegebenes technisches Sanierungsverfahren aufgenommen.

**Herstellungsmethode**

Vor dem Einsatz im Streckennetz eines EIU muss die technische und wirtschaftliche



Abb. 7: Überfahrt eines Güterzuges unmittelbar nach dem Einsatz des SRV-Verfahrens

Machbarkeit geprüft werden. Diese Prüfung erfolgt durch eine optische Begutachtung der Schottergleise im Schottergleis oder in der FF durch den verantwortlichen Vertreter der RSRG in Zusammenarbeit mit dem Vertreter des EIU unter Beachtung der geltenden Richtlinien. Vor allem die Einordnung der Fehlerstufen (FS, s.o.) der Betonrisse ist für eine technisch erfolgreiche Ausführung des Verfahrens entscheidend, um den EIU eine Liege- und Nutzungsverlängerung der betreffenden Gleisabschnitte garantieren zu können. Um den weiteren Aufwand für die Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen mit dem SRV-Verfahren zu ermitteln, werden alle Schäden an den Betonschwellen aufgenommen und in der weiteren Vorbereitung der Sanierung ausgewertet, um die erforderlichen Kapazitäten an Personal, Geräten und Material bereitzustellen. Die Ausführung des Verfahrens für die Versiegelung und Konservierung der Betonrisse erfolgt wie folgt:

1. Detaillierte Vor-Ort-Kennzeichnung der zu vergießenden Risse vor der Ausführung
2. Temperatur- und Feuchtemessung (Verarbeitungstemperaturbereich von 5 °C bis 35 °C)
3. Ausräumen der Bettung an den Stirnseiten der zu vergießenden Schwellen
4. Ggf. Trocknung der Risse mittels Propan-Auftaegerät und gleichzeitigem Ausblasen von losen Kleinteilen aus den Betonrisse
5. Bei der Sanierung von Entgleisungsschäden ggf. Montage einer Abschalung
6. Manueller Verguss der Risse mit Icosit KC 220/60 TX und Quarzsand (Körnungsgrößenabhängig) bei einer Lufttemperatur von 5 °C (in Einzelfällen 0 °C) bis 35 °C. Die Trocknungszeit beträgt ca. 15–20 Minuten. Eine Zugüberfahrt während der Trocknungszeit ist möglich (Abb. 4 bis Abb. 6).

7. Betriebsfreigabe unmittelbar nach Beendigung der Arbeiten.

Die Rissbehandlung mit dem SRV-Verfahren kann ohne Sperrung und somit ohne wesentliche Betriebsbeeinträchtigung des Eisenbahnverkehrs ausgeführt werden (Abb. 7). Eine derartige Behandlung unter dem „Rollenden Rad“ trägt zu einer kapazitätsschonenden Instandhaltung der Gleise bei. Von RSRG wird eine Gewährleistung von vier Jahren für die ausgeführten Leistungen übernommen.

#### Zusätzliche Untersuchungen

Nach den ersten erfolgreichen Sanierungen von Betonrisse bei SBS, SBWS und FF in den Jahren 2011/2012 folgten zunächst weitere technische Gespräche mit der DB, um das SRV-Verfahren in die technischen Ril der DB aufzunehmen. Mit diesem Ziel wurde im Jahr 2014 eine Zusammenarbeit zwischen der DB und der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden (HTW) initiiert, bei der zwei unterschiedliche Betonschwellensanierungsverfahren (u.a. das beschriebene Verfahren) zu prüfen, zu begutachten und in einer wissenschaftlichen Arbeit darzulegen waren. Hierbei wurde die Aufgabe gestellt, eine „Instandhaltung geschädigter Betonschwellen unter geringstmöglicher Beeinträchtigung des Fahrbetriebes“ zu erreichen. Dafür wurden für die zwei verschiedenen Betonschwellensanierungsverfahren je zwei SBS (eine sanierte und eine unsanierte SBS) der Überprüfung unterzogen. Der Lösungsansatz (Stand 2014) war bis dahin, die geschädigten SBS und SBWS komplett auszutauschen. Hierfür sind neben Gleisperrungen mit Beeinträchtigung des Eisenbahnbetriebes auch Bereitstellung und Einsatz von Stopf- und Richtmaschinen sowie weiterer Kapazitäten und Neumaterialien in erheblichem Umfang erforderlich. Der neue Lösungsansatz war, durch den Einsatz des Verfahrens

**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](http://www.HARTING.com/hptc)



## THEMENSCHWERPUNKTE:

### Ausgabe Nr. 10/22

- Zukunftsprogramm Schienengüterverkehr
- Digital & automated freight train
- Ökologische Ausgleichsflächen Entflechtung Wylerfeld
- Innovative Zweigegetechnik
- Fahrassistenzsysteme – Klimaneutralität in der Hand des Lokführers
- Update zur Erneuerung der Zugsicherungstechnik der VGF
- Berufsorientierung ins Bahnsystem

Anzeigenschluss: 13.09.22

Erscheinungstermin: 14.10.22

### Ausgabe Nr. 11/22

- Vorplanung Pfaffensteigtunnel
- Beschleunigung der Disposition durch ein Traffic Management System (TMS)
- Wirtschaftlichkeit von ETCS
- CTMS Leittechnik
- Blöcke waren gestern – über die Chancen der zugzentrischen LST
- Schrauben am Gleis
- Aus Unfällen umfassend lernen: CAST
- Verfahren zur Sicherheitsnachweisführung bei DSTW

Anzeigenschluss: 13.10.22

Erscheinungstermin: 11.11.22

### Ausgabe Nr. 12/22

#### Berichtsheft von der InnoTrans

- Optimierung des Hauptbahnhofs Ulm
- Auswirkung der Einstiegssituation auf Haltezeit und Pünktlichkeit
- Entwicklung der Bauüberwachung bei DB Station&Service
- Alternative Antriebskonzepte
- Gleisinspektion durch Drohnen – erste Erkenntnisse
- Die praktische Einführung und Messung der Safety Culture

Anzeigenschluss: 09.11.22

Erscheinungstermin: 07.12.22



Abb. 8: Sanierte Schwellen in FF

eine Verlängerung der Liege-/Nutzungsdauer bis zur planmäßigen Schwellenauswechslung zu ermöglichen und so erhebliche monetäre Einsparungen in der Anlagenvorhaltung und im Betrieb zu erzielen. Bei den Untersuchungen wurde eine SBS mit einem mittels SRV-Verfahren sanierten Betonriss und gleichzeitig eine weitere SBS mit einem unsanierten Betonriss einer abwechselnd fünfmaligen Bewässerung und einem Frost-Tau-Wechsel von +20 °C/-20 °C unterzogen. Zum Abschluss der Untersuchungen wurden dann die sanierte SBS und die unsanierte SBS gemäß DIN 13230-2 mit 4 Mio. Lastwechsel (LW) bei einer maximalen Last von 70 kN je LW geprüft. Die Messergebnisse zeigten, dass bei dem unsanierten Betonriss ein kontinuierliches Risswachstum über die gesamte Länge erfolgte, während bei dem sanierten Betonriss kein Risswachstum und keine Vergrößerung der Rissöffnung festgestellt werden konnte. Die sanierte SBS zeigte nach den Belastungen keine Veränderungen des Verbundes zwischen Epoxidharz und der Betonfläche. Diese Untersuchungen sind zwar nicht repräsentativ, jedoch unterstreichen sie die gewonnenen Erkenntnisse zum Verfahren aus der Betriebserprobung der letzten Jahre.

#### Resümee

Seit mehr als zehn Jahren bewährt sich das SRV-Verfahren im Streckennetz der DB technisch und wirtschaftlich. Im Zuge der Sanierung von Betonrissen der FF konnten mehr als 5000 Risse erfolgreich behandelt werden (Abb. 8). Im Schottergleis wurden mehrere hundert SBWS in Weichen sowie mehrere tausend SBS im Gleis mit dem Verfahren versiegelt und saniert. Die Liege- und Nutzungszeiten der betroffenen FF, SBS und SBWS konnten um mittlerweile mehr als vier Jahre verlängert werden, was erhebliche Einsparungen im Millionen-Euro-Bereich für das Instandset-

zungsbudget des EIU bedeutete sowie eine deutliche Reduzierung der Einschränkungen der Verfügbarkeit der Schieneninfrastruktur. Somit stellt das Verfahren eine innovative, nachhaltige, qualitativ hochwertige und mittlerweile bewährte Sanierungsmethode für SBS im Schottergleis und in Weichen und sowie für die FF dar. ■

#### QUELLEN

- [1] Haban, F. X.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Spannbetonenschwellen, 2016
- [2] Betonenschwellen, Feste Fahrbahn, Fertigteilplatten, Komponenten, Herausgeber: Betonenschwellenindustrie e.V., 2. Auflage 2017
- [3] Hentschel, V.: Fahrwegstrategie der DB Netz, 14.11.2017
- [4] DB Richtlinie 821.2018 „Oberbau inspizieren, Beurteilung von Fehlern an Spannbetonenschwellen“, gültig ab 15.10.2021
- [5] DB Richtlinie 824.3620 „Oberbauarbeiten durchführen, Risse in Spannbetonenschwellen im Schotteroberbau und der Festen Fahrbahn behandeln“, gültig ab 01.10.2020
- [6] Hempe, T.; Müller, T.; Srocka, F.: Qualitätsinitiative Betonenschwellen, DER EISENBAHNINGENIEUR, 06/2017



Dipl. Ing. Georg Gabler  
CEO  
georg.gabler@rsrg.com



Dipl. Ing. (FH) Norman Krumnow  
Prokurist, Leiter Innovation  
norman.krumnow@rsrg.com

Beide Autoren:  
Rhombert Sersa Deutschland GmbH, Berlin

The advertisement features two individuals in OBB work attire. On the left, a woman in a black cap and jacket holds a large metal tool, with a semi-transparent image of a red and white OBB train superimposed over her. On the right, a man in a yellow hard hat and jacket holds a green printed circuit board (PCB) and a laptop. The background is a bright, modern interior with white structural elements.

**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](http://traintech.oebb.at)

# Zum Zusammenhang von Schienenschleifen und Seriensquats

Ein Bericht über umfangreiche Untersuchungen der Auswirkungen von unterschiedlichen Schleifregimen auf die Entstehung von Seriensquats

MATHIAS LUTHER | KATRIN MÄDLER |  
JÜRGEN REINHARDT

**Seriensquats sind in den vergangenen Jahren als Schienenfehler zunehmend in den Vordergrund getreten und stellen Infrastrukturbetreiber europaweit vor große Herausforderungen. Im Auftrag der DB Netz AG (DB Netz) hat die DB Systemtechnik ein Projekt zu ihren Ursachen und möglichen Abhilfemaßnahmen durchgeführt. In diesem Rahmen fand ein Feldversuch zum Zusammenhang zwischen Schienenschleifen und Seriensquats statt: Führt eine raue Schleifoberfläche zu einer bevorzugten Bildung von Squatanrissen? Auf einem gesperrten Streckenabschnitt wurden verschiedene Schienenwerkstoffe mit unterschiedlichen Schleifverfahren geschliffen und anschließend auf einem Rad-Schiene-Prüfstand realitätsnah so belastet, dass die Bildung von Seriensquats maximal begünstigt wurde.**

## Einleitung

In den zurückliegenden Jahrzehnten hat sich die Werkstoffbeanspruchung im Rad-Schiene-Kontakt durch höhere Beschleunigungen, Geschwindigkeiten und Radsatzlasten und damit zwangsläufig höhere Antriebs- und Bremsleistungen der Fahrzeuge deutlich erhöht. Neben gestiegenem Materialabtrag führte dies auch zu einer starken Zunahme von Schäden durch Rollkontaktermüdung (Rolling Contact Fatigue, RCF), und zwar an beiden Kontaktpartnern. Während vor 25 Jahren noch Head Checks an der Fahrkante der dominierende RCF-Schienenfehler waren, sind in den letzten zehn Jahren vermehrt Seriensquats auf der Fahrfläche in den Fokus geraten.

Zur Beseitigung der RCF-Schäden und zur Wiederherstellung des Soll-Querprofils wurde eine immer häufigere Schienenbearbeitung notwendig. Ob dies aber nur Folge oder vielleicht auch Ursache – sprich: Henne oder Ei – der Zunahme von Seriensquats ist, wurde und wird fachlich kontrovers diskutiert.

So haben beispielsweise Rasmussen [1, 2] und Steenbergen [3] anhand von Schadensuntersuchungen an geschliffenen Schienen mit Seriensquats die sogenannten White Etching Layer (WEL) als maßgebliche Ursache der

Squatentstehung benannt. Dabei handelt es sich um spröden Verformungsmartensit an der Oberfläche, der neben der Oberflächenaufräuhung durch die beim Schleifen eingebrachte Verformungsenergie entsteht. Vonseiten der Schienenbearbeitungsfirmen und Schienenhersteller wurde darauf hingewiesen, dass WEL nur ein Faktor unter vielen bei der Squatentstehung sein können [2].

Neuere Untersuchungen, auch der DB Systemtechnik [5], kommen zum Schluss, dass vor allem die deutlich größeren, thermisch induzierten WEL infolge von Reibwärme aus der Fahrzeugtraktion einen relevanten Einfluss haben.

Um die Auswirkung von schleif- und thermisch induzierten WEL auf die Squatinitiation methodisch zu untersuchen, hat die DB Systemtechnik im Auftrag der DB Netz im Rahmen des sogenannten Squat-Projekts einen Hybridversuch, bestehend aus einem Feld- und Prüfstandsversuch, zum Schienenschleifen durchgeführt (Abb. 1). Dabei wurden Versuchsschienen zunächst in einem Gleisabschnitt der DB Netz von verschiedenen Schienenbearbeitungsfirmen bearbeitet. Anstelle eines klassischen Gleistests, in dem die Versuchsschienen durch eine Vielzahl unterschiedlichster Fahrzeuge überrollt werden, wurden die Schienen unmittelbar nach dem Schleifen jedoch aus-

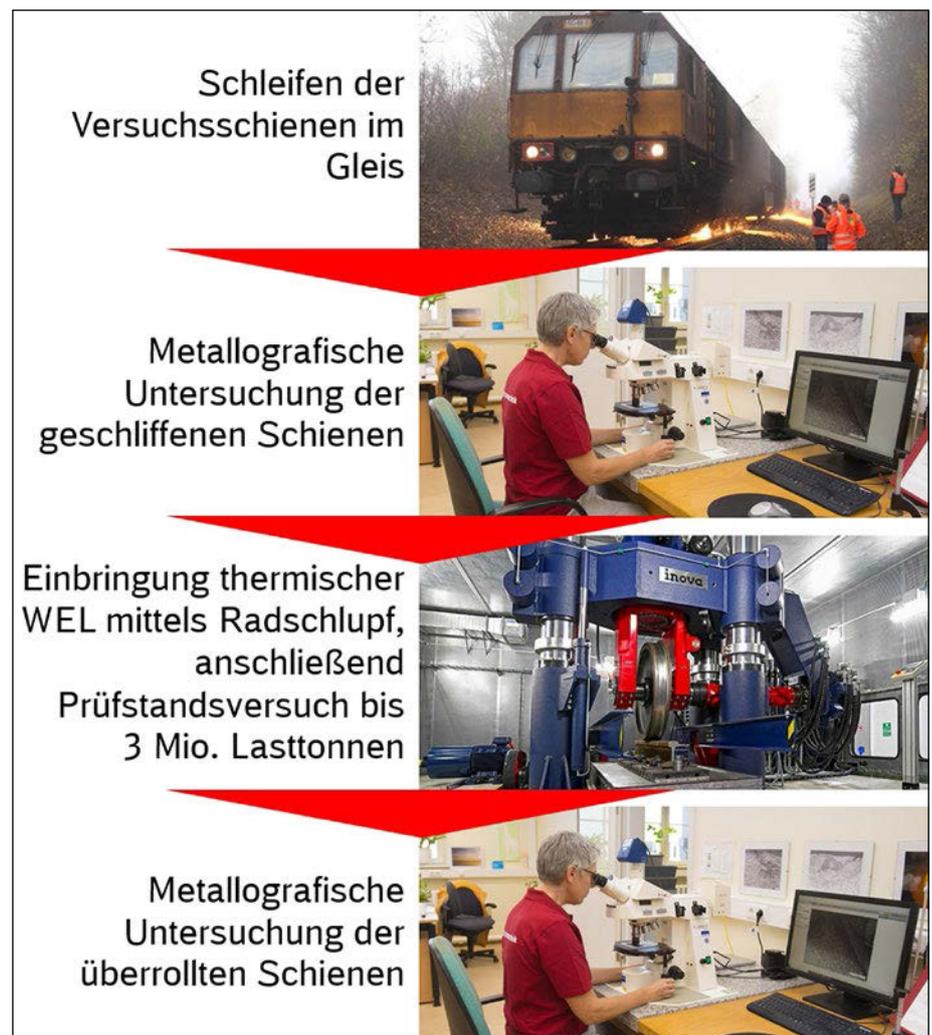


Abb. 1: Versuchsablauf

Quelle: DB Systemtechnik

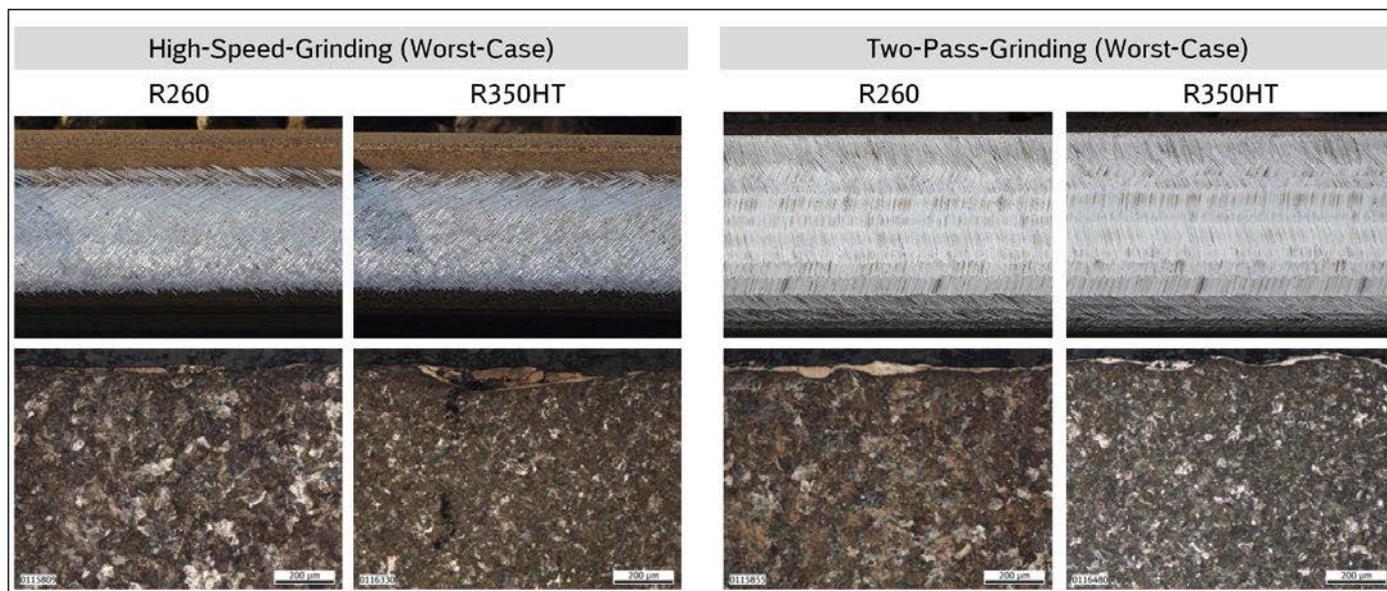


Abb. 2: Oberfläche und Mikrogefüge der Versuchsschienen nach dem Schleifen

Quelle: DB Systemtechnik

Abschnitt	km	Schienenbearbeitung	Schienenwerkstoffe
Arnstein	9,000	High-Speed-Grinding Grob – Grob – Fein	R260   R350HT
	9,550	High-Speed-Grinding Worst-Case Grob – Grob – Grob	R260   R350HT
Mühlhausen	5,500	Two-Pass-Grinding Geschwindigkeit und Anpressdrücke normal	R260   R350HT
	5,700	Two-Pass-Grinding Worst-Case Geschwindigkeit und Anpressdrücke erhöht	R260   R350HT
Waigolshausen	2,070	Two-Pass-Grinding Geschwindigkeit und Anpressdrücke normal	R260   R350HT
	2,270	Two-Pass-Grinding Worst-Case Geschwindigkeit normal, Anpressdrücke erhöht	R260   R350HT

Tab. 1: Übersicht Bearbeitung der Versuchsschienen

gebaut und auf einem Rad-Schiene-Prüfstand der DB Systemtechnik einem Prüfzenario ausgesetzt, das nach derzeitigem Erkenntnisstand optimal ist, um Squats zu initiieren. So wurden betriebsbedingte Störeinflüsse im Gleis vermieden und reproduzierbare Versuchsparameter gewährleistet. Die Testschienen wurden vor dem eigentlichen Überrollversuch auf dem Prüfstand durch kontrollierten Radschlupf mit thermisch induzierten WEL versehen, um deren Anrissempfindlichkeit mit der von durch das Schleifen hervorgerufenen Oberflächendefekten vergleichen zu können. Die geschliffene Oberfläche der Versuchsschienen wurde jeweils vor und nach dem Prüfstandsversuch metallografisch dokumentiert, um so den Ausgangszustand und die Auswirkung der Überrollung auf eine mögliche RCF-Bildung zu überprüfen.

#### Schleifversuch

Auf der eingleisigen Strecke 5230 Waigolshausen–Würzburg wurden während einer baubedingten Streckensperrung in drei geraden Teilabschnitten bei Arnstein, Mühlhausen und

Waigolshausen jeweils zwei 15 m lange Versuchsschienen eingebaut, die wiederum jeweils aus zwei Einzelschienen aus der Standardschiengüte R260 und dem kopfgehärteten Schienenwerkstoff R350HT [4] bestanden.

Die Konfiguration der einzelnen Schienen und die angewendeten Schleifparameter sind in Tab. 1 dargestellt.

Im Abschnitt Arnstein wurden die Versuchsschienen mittels High-Speed-Grinding (HSG)

**PROFILSCOPE**  
www.profilscope.de

**Ihr Spezialist für Teleskop-schienen im Schwerlastbereich**

Technische Beratung unter:  
Tel. +49 (0)89 27399605 · info@profilscope.de

	R260		R350HT	
	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 1	Messpunkt 2
HSG Arnstein Normal	3,75	4,13	4,45	4,90
HSG Arnstein Worst-Case	9,42	10,34	11,85	9,53
TPG Mühlhausen Normal	7,09	7,53	7,8	7,37
TPG Mühlhausen Worst-Case	10,60	10,50	11,05	10,68
TPG Waigolshausen Normal	6,53	7,21	7,67	8,02
TPG Waigolshausen Worst-Case	5,81	5,38	6,01	5,76

■ Qualitätsklasse 2 (QKw ≤ 5)    
 ■ Qualitätsklasse 3 (QKw ≤ 10)    
 ■ Unzulässig (QKw > 10)

**Tab. 2:** Schienenrauheit nach dem Schleifen, Qualitätskennwerte nach DIN EN 13231-2

geschliffen. In den Abschnitten Mühlhausen und Waigolshausen erfolgte die Schienenbearbeitung mit unterschiedlichen Schleifzügen mittels Two-Pass-Grinding (TPG). In jedem Abschnitt wurde jeweils eine Versuchsschiene mit „normalen“ Maschinenparametern bearbeitet, die andere mit bewusst aggressiv gewählten „Worst-Case“-Parametern.

Die HSG-Testschienen wurden in drei Überfahrten mit eingeschliffenen Schleifsteinen bearbeitet. Regulär erfolgen die ersten zwei Überfahrten zur Erzielung des nötigen Abtrags mit groben Schleifsteinen und die letzte Überfahrt für eine bessere Akustik mit feineren Schleifsteinen. Bei der Testschiene „Worst-Case“ wurde abweichend vom regulären Prozess ein drittes Mal mit den groben Steinen geschliffen.

Die TPG-Testschienen wurden ebenfalls mit bereits eingeschliffenen Schleifsteinen bearbeitet. Im Abschnitt Mühlhausen wurden vier Überfahrten statt der üblichen zwei durchgeführt, da hier ein „Halbzug“ mit der Hälfte der benötigten Schleifsteine verwendet wurde. Die „Worst-Case“-Versuchsschienen wurden hier für ein aggressiveres Schleifbild jeweils mit erhöhtem Anpressdruck bei erhöhter Vorschubgeschwindigkeit geschliffen.

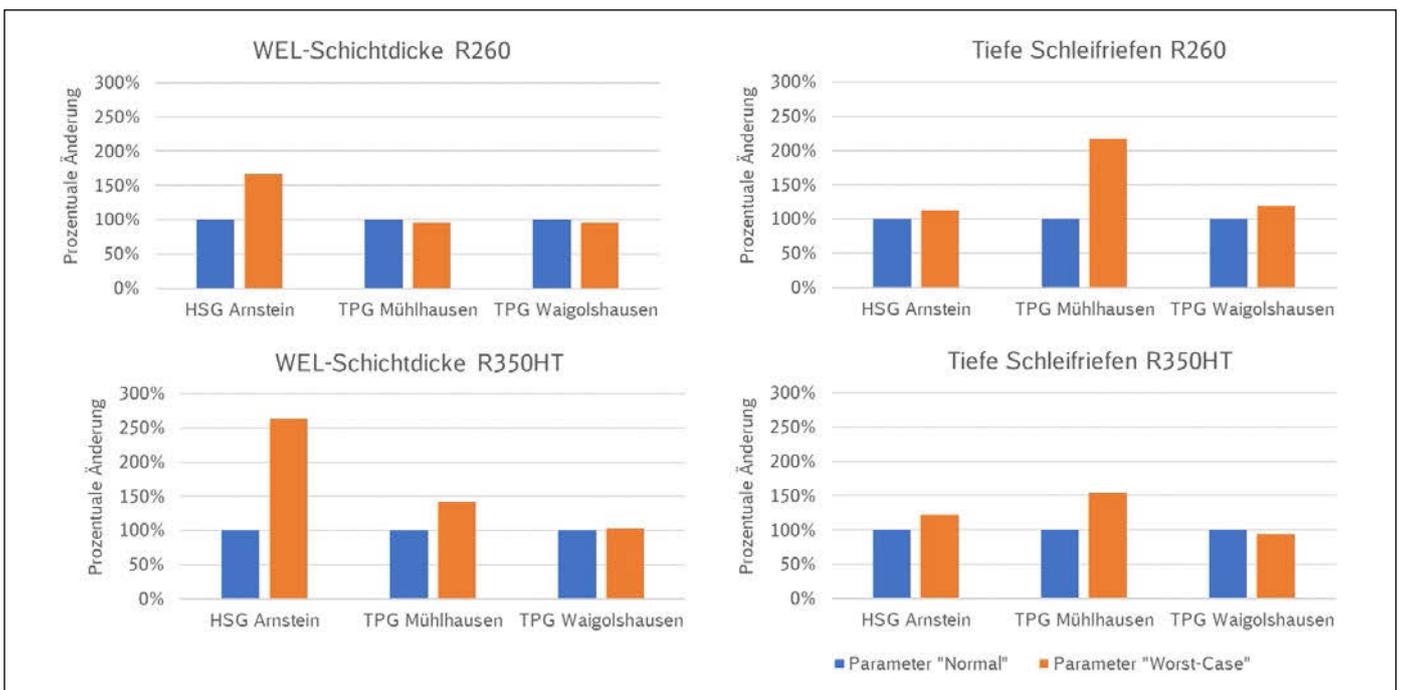
**Zustand der Fahrfläche direkt nach dem Schleifen**

Direkt nach dem Versuch wurden Abtrag und Rauheit der geschliffenen Schienen gemessen: Mit den Worst-Case-Parametern wurden erwartungsgemäß Rauheiten erzeugt, die laut

DB-Regelwerk [6] unzulässig hoch waren. Die Rauheit der normal geschliffenen Testschienen bewegte sich in den TPG-Abschnitten im zulässigen Bereich, im HSG-Abschnitt erfüllten sie sogar die Anforderungen an nächstbessere Qualitätsklasse für „Gleise mit besonderen Anforderungen an die Oberflächenqualität“ (Tab. 2).

Sogenannter „Blauschliff“, also sichtbare Anlassarben durch lokal hohe Erwärmung der Schienenoberfläche beim Schleifen, wurde nur in schwacher Ausprägung an den TPG-Testschienen beobachtet, auch an den Worst-Case-Schienen.

Die Testschienen wurden unmittelbar nach dem Schleifen ausgebaut und bei der DB Systemtechnik in Kirchmöser metallografisch untersucht (Abb. 2).



**Abb. 3:** WEL- und Schleifriefentiefe nach dem Schleifen (Maximalwerte)

Quelle: DB Systemtechnik

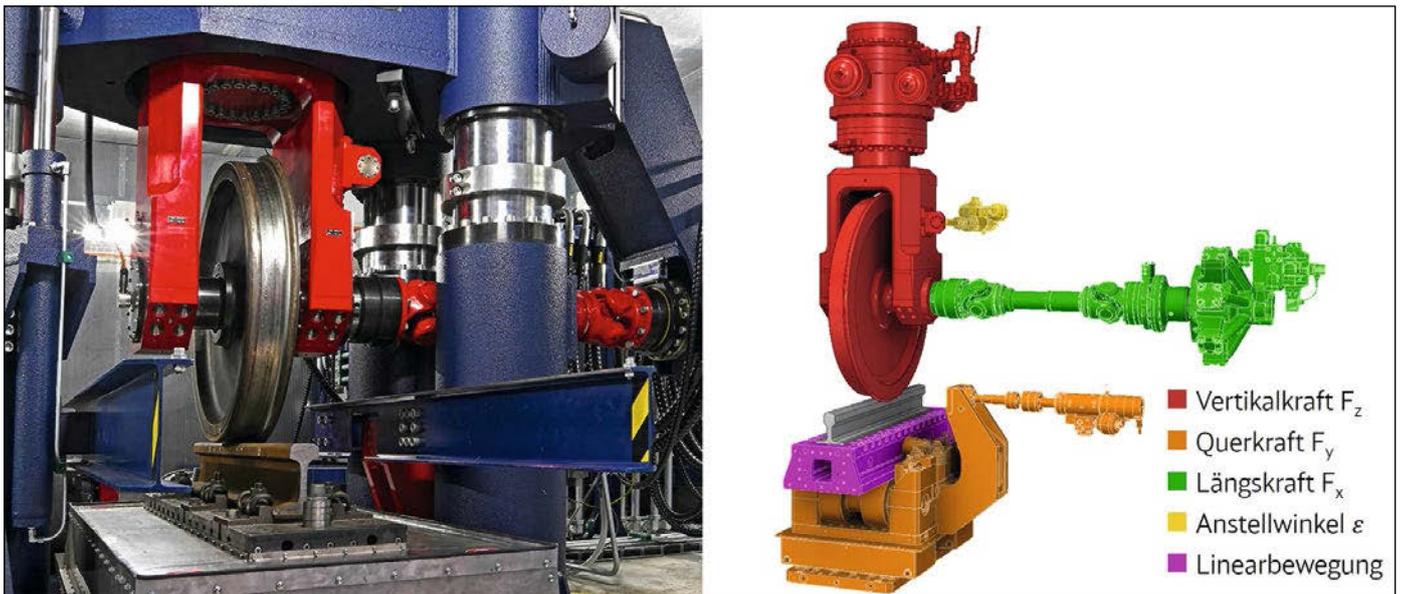


Abb. 4: Der Rad-Schiene-Prüfstand und sein schematische Aufbau

Quelle: DB Systemtechnik / INOVA

Die Worst-Case-Parameter hatten nur in einem Fall, beim TPG im Abschnitt Mühlhausen, zu signifikant tieferen Schleifriefen geführt. Bereiche mit Blauschliff wiesen mikroskopisch keine erkennbaren Gefügeveränderungen wie z.B. Wärmeinflusszonen oder Martensit auf.

Die Dicke der schleifinduzierten WEL in den mittels TPG geschliffenen Abschnitten betrug zwischen 40 und 70  $\mu\text{m}$  und lag bei normalen wie Worst-Case-Parametern auf annähernd gleichem Niveau.

Bei der mittels HSG geschliffenen Worst-Case-Testschiene ohne abschließenden Feinschliff betrug die WEL-Dicke bis zu 80  $\mu\text{m}$ , gegenüber 20-30  $\mu\text{m}$  mit abschließendem Feinschliff (Abb. 3).

#### Prüfstandsversuche

Der verwendete Linear-Prüfstand simuliert den Rad-Schiene-Kontakt im Originalmaßstab: Ein Schienensegment wird unter einem Einzelrad hin- und her bewegt. Das Rad überrollt die Schiene dabei nur während der Lastfahrt und wird bei der Rückfahrt abgehoben (Abb. 4).

Die Schienen wurden unter trockener Atmosphäre mit einer Vertikalkraft von 90 kN, einer Längskraft (Bremskraft) von 20 kN und ohne Anstellwinkel überrollt. So wurde ein Maximum an Längsspannungen bei noch moderatem Verschleiß realisiert.

Die Räder mit dem Radprofil S1002 bestanden aus den härtesten Stahlsorten ER9 [7] und

C64M [8]. Der Aufsetzpunkt des Rades pendelte zur Simulation des Spurspiels um  $\pm 10 \text{ mm}$  um die Mittelposition.

Vor dem eigentlichen Prüfstandsversuch wurden die Testschienen zusätzlich mit thermisch induzierten WEL versehen: Durch kurzes Aufsetzen des langsam rotierenden Rades auf die Schiene wurden ca. 20-30 mm breite und 140-170  $\mu\text{m}$  tiefe martensitische Randzonen auf der Schienenoberfläche erzeugt. Sie gleichen im makroskopischen und mikroskopischen Erscheinungsbild WEL aus Traktionsereignissen, wie sie bei Schadensuntersuchungen oftmals im Umfeld von Serienschliffs festgestellt werden.

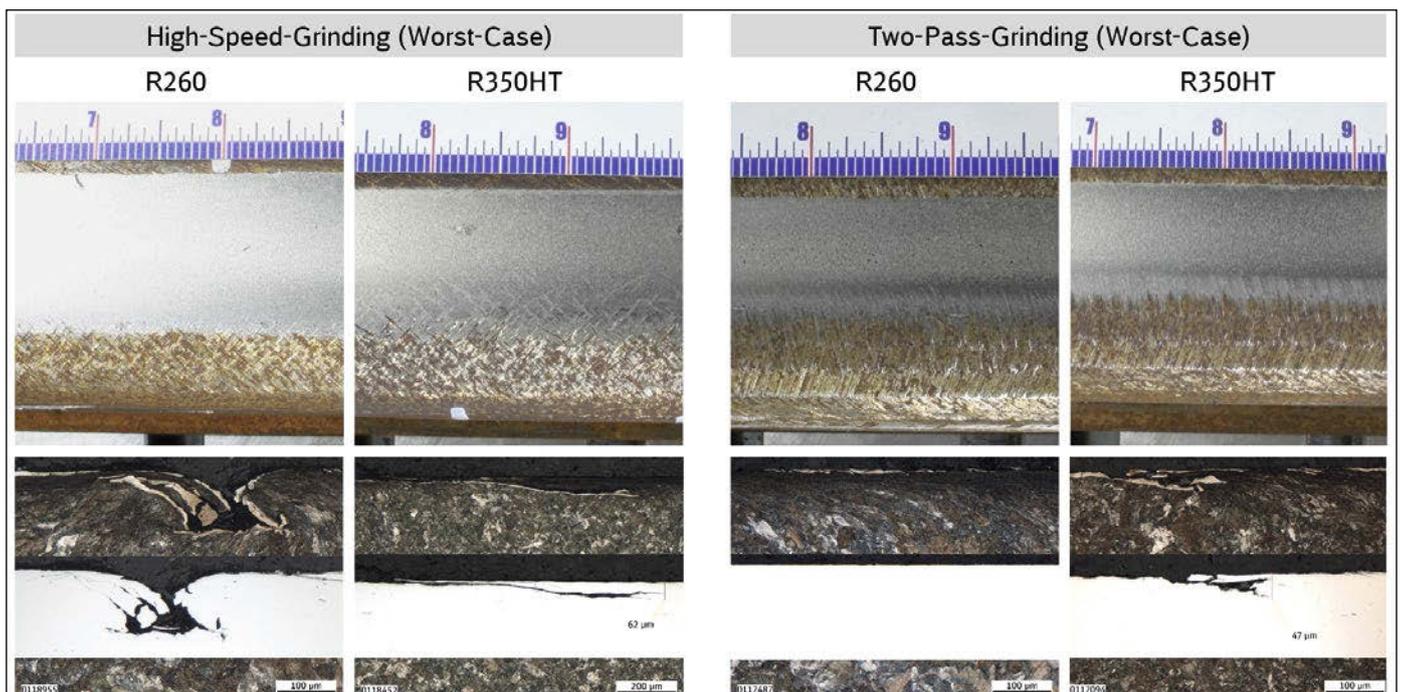


Abb. 5: Oberfläche und Mikrogefüge der Versuchsschienen nach 3 Mio. Lt. Prüfstandsbelastung

Quelle: DB Systemtechnik

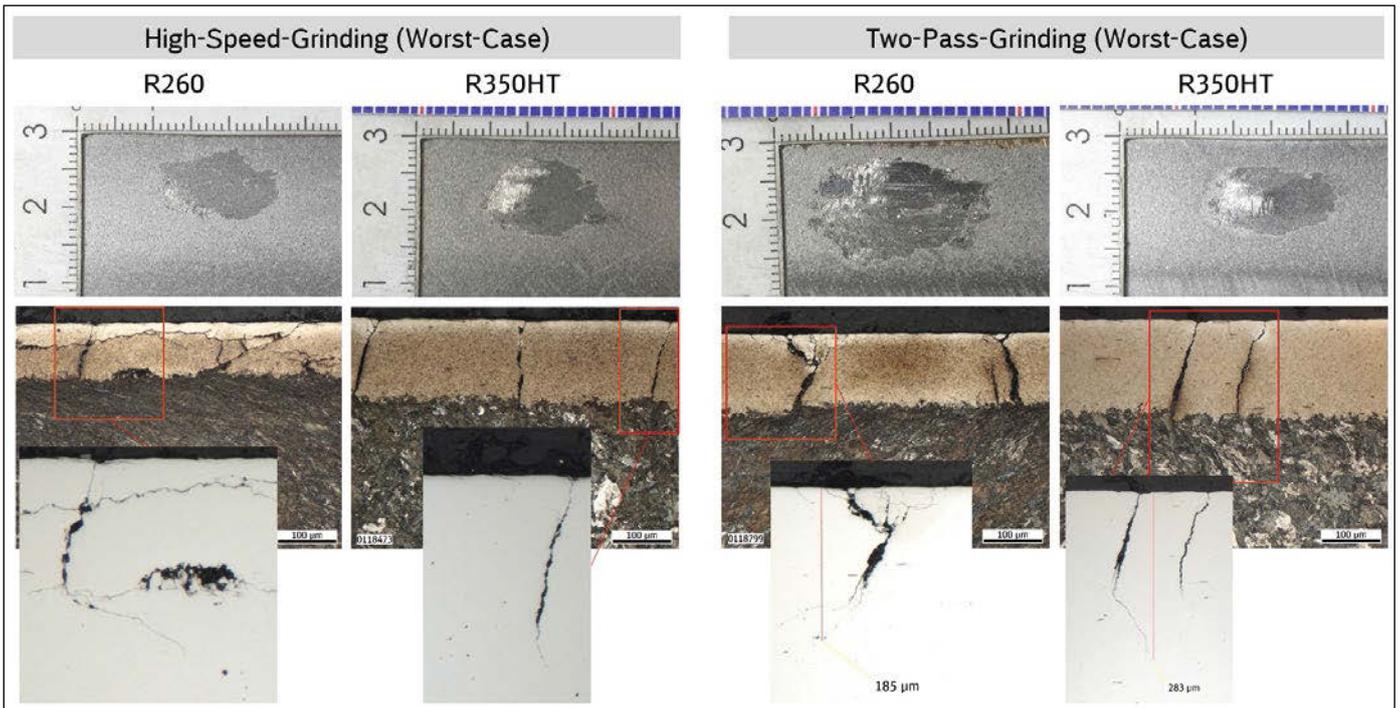


Abb. 6: Oberfläche und Mikrogefüge der schlupfinduzierten WEL nach 3 Mio. Lt. Prüfstandsbelastung

Quelle: DB Systemtechnik

Anschließend wurden die Schienen bis zu einer Gesamttonnage von 3 Mio. Lasttonnen (Lt.) überrollt.

Nach Versuchsende zeigten die Schienen in der Mitte einen blanken Fahrspiegel. Zu den Rändern des Fahrspiegels hin waren flache, überwalzte Reste von Schleifriefen erkennbar (Abb. 5). Die thermisch induzierten WEL waren kaum verschlissen und leicht erhaben im Fahrspiegel erkennbar. Auf ihrer Oberfläche war eine Vielzahl sehr eng beieinanderliegender Anrisse entstanden (Abb. 6).

Jeder Schiene wurden vier Mikrolängsschliffe am Rand des Fahrspiegels und zwei Mi-

krolängsschliffe aus den thermisch induzierten WEL entnommen. Die Schliffe wurden hinsichtlich der verbliebenen Schleifriefentiefe sowie auf Anrisse oder neu gebildete WEL hin untersucht.

Die Schleifriefen und auch die dünnen WEL auf deren Oberfläche waren im Fahrspiegelbereich teils von benachbartem Material überwalzt worden. Ein von diesen Oberflächendefekten ausgehendes RCF-Risswachstum wurde aber in keinem Fall festgestellt.

Die Risse in den thermisch induzierten WEL verliefen überwiegend in der martensitischen Schicht (WEL), an mehreren Stellen waren

sie jedoch auch als bis zu 280 µm tiefe Ermüdungsanrisse ins Grundmaterial hineingewachsen (Abb. 7).

**Auswertung der Ergebnisse**

Die Schleifqualität bewegte sich bei den normal geschliffenen Testschienen im zulässigen Bereich des Regelwerks. Durch die Worst-Case-Parameter waren die Grenzwerte des Qualitätskennwerts teilweise überschritten worden. An den TPG-Testschienen wurde zudem sogenannter „Blauschliff“, allerdings nur in schwach ausgeprägter Form beobachtet, der zu keiner erkennbaren Veränderung des Mikrogefüges

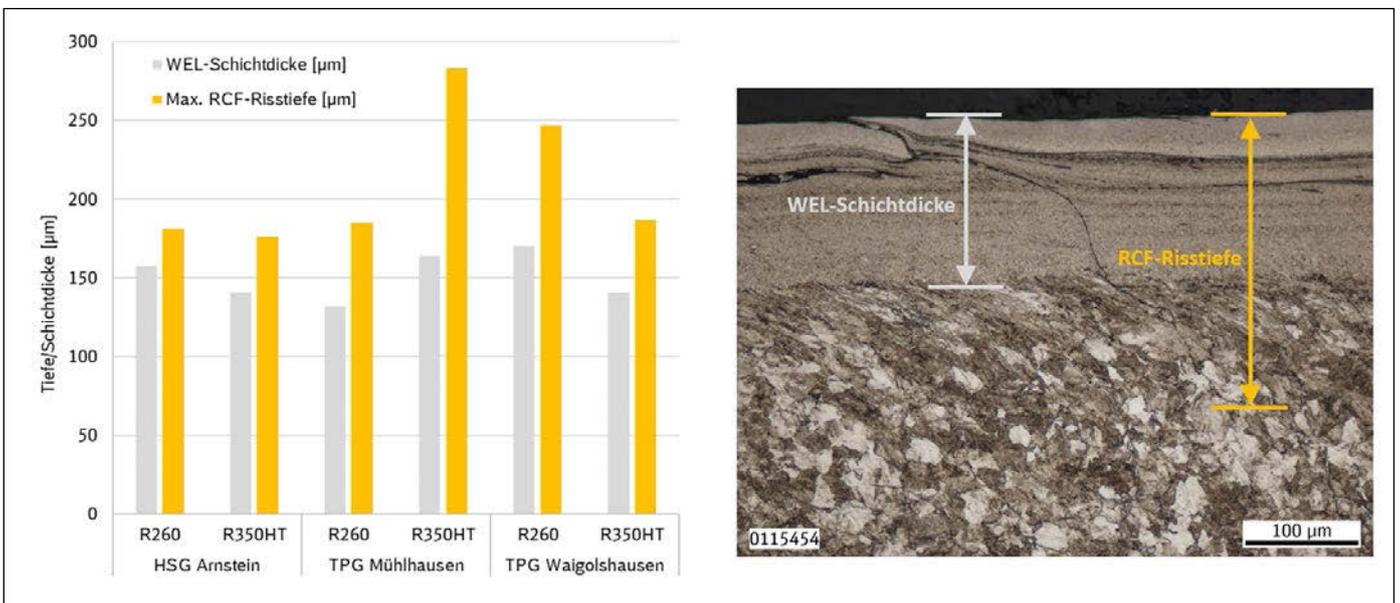


Abb. 7: Tiefe der RCF-Anrisse an den traktionsinduzierten WEL nach 3 Mio. Lt. Prüfstandsbelastung

Quelle: DB Systemtechnik

geführt hatte. Dies zeigt, dass das Vorhandensein von Anlassfarben auf der Oberfläche allein, die bereits bei Temperaturen ab 200°C entstehen, nicht zwangsläufig mit einem so großen Wärmeeintrag einhergeht, dass Veränderungen im Mikrogefüge auftreten.

Insgesamt gesehen hat die Anwendung ungünstiger Schleifparameter eine zwar nicht mehr regelwerkskonforme Oberflächenqualität hergestellt, von tatsächlichen Worst-Case-Zuständen, wie sie in der Praxis gelegentlich beobachtet werden, kann jedoch nicht die Rede sein. Die jeweils aggressiveren Schleifparameter haben unabhängig von der Stahlsorte zu einer meist nur moderaten Zunahme der Tiefe der Schleifriefen und der Dicke der schleifinduzierten WEL gegenüber der normalen Variante geführt. Eine signifikante Zunahme der WEL-Dicke wurde lediglich durch Weglassen des abschließenden Feinschliffs bei der HSG-Bearbeitung bewirkt.

Im Prüfstandsversuch zeigten die Schienen nur moderaten Verschleiß, der aber ausreichte, um die Schleifriefen – bis auf die Randbereiche – vollständig zu entfernen. Diese Randbereiche waren bei den kopfgehärteten Schienen aus R350HT naturgemäß ausgeprägter als bei den weniger verschleißresistenten Schienen aus dem Standardwerkstoff R260. Die verbliebenen Schleifriefen im Randbereich des Fahrspiegels wiesen mikroskopisch zwar Oberflächendefekte in Form überwalzter Schleifriefen und dünner schleifinduzierter WEL auf, jedoch waren darin keine RCF-Anrisse entstanden.

Im Unterschied dazu entwickelten die zu Versuchsbeginn durch Makroschlupf in die Testschienen eingebrachten „thermischen“ WEL unter der anschließenden Belastung auf dem Prüfstand reproduzierbar RCF-Anrisse mit Anrisstiefen von bis zu 0,3 mm. Die Dicke dieser WEL betrug anfangs 0,1-0,2 mm, ein Vielfaches der Dicke der schleifinduzierten WEL. Allerdings lag sie damit durchaus in einer Größenordnung, wie sie in der Praxis auf der Fahrfläche häufiger festgestellt wird.

### Schienenbearbeitung – Henne oder Ei?

Im Ergebnis des Schleifversuchs zeigt sich deutlich, dass thermische Veränderungen der Fahrfläche durch Antriebs- und Bremschlupf weitaus eher Squats verursachen, als dies durch die Aufrauung der Schienen beim Schienenschleifen geschieht. Eine vergleichbar schnelle Initiierung von RCF-Anrissen wie durch schlupfinduzierte WEL erscheint allenfalls bei einer massiven Abweichung von der normalen Schleifqualität nach Regelwerk denkbar.

Wenn die Schienenbearbeitung innerhalb der bestehenden Qualitätsgrenzen stattfindet, darf deren Schädigungspotenzial als sehr gering angesehen werden. Der Nutzen durch eine regelmäßige, sparsame Profilkorrektur überwiegt in diesem Fall bei weitem. Das häufigere Schienenschleifen ist mithin kein Verursacher der zunehmenden Zahl von

Seriensquats, sondern vielmehr deren Folge. Die schlupf- bzw. traktionsinduzierten WEL wurden auf Basis der im Squat-Projekt gewonnenen Erkenntnisse [4] gesondert in den Fokus genommen. Aktuell werden diese WEL von DB Netz und DB Systemtechnik gemeinsam mit Kooperationspartnern aus der Bahnindustrie und dem Virtual Vehicle Research Center Graz in dem Forschungsprojekt „Thermische Grenzlasten WEL“ untersucht. Das Projekt soll klären helfen, in welchen Kontaktsituationen und Betriebszuständen es zur Bildung von WEL auf Rad und Schiene kommt. Dabei wird auch betrachtet, welche Auswirkungen die durch das Schleifen veränderte Schienenrauheit auf die WEL-Entstehung hat. Mit ersten Ergebnissen ist 2024 zu rechnen. ■

### QUELLEN

- [1] Rasmussen, C. J.; Faester, S.; Dhar, S.; Quadde, J. V.; Bini, M.; Danielsen, H. K.: Surface crack formation on rails at grinding induced martensite white etching layers, *Wear*, Vol. 384-385, 2017, S. 8-14
- [2] Rasmussen, C. J.; Nielsen, B.; Prettnner, L.; Scheriau, S.; Jörg, A.; Stock, S.; Schöch, W.: Tracking down the origin of squats, *Railway Gazette International* 1, 2016, S. 39-43
- [3] Steenbergen, M.: Rolling contact fatigue in relation to rail grinding, *Wear* Vol. 356-357, 2016, S. 110-121
- [4] DIN EN 13674-1 „Bahnanwendungen – Oberbau – Schienen – Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m; Deutsche Fassung EN 13674-1:2011+A1:2017“, Beuth Verlag, Juli 2017
- [5] DB Richtlinie 824.8310 V3.0 „Schienen bearbeiten, Schienenbearbeitung abnehmen“, 01.01.2020, DB Netz AG
- [6] Luther, M.; Mädler, K.; Hartmann, S.; Hoffmann, P.: Seriensquats an Schienen – Erkenntnisse zum Fahrzeugeinfluss aus Versuch und Praxis, *ZEVraill* 145, 2021, S. 154-161
- [7] DIN EN 13262 „Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Räder-Produktanforderungen“, Beuth-Verlag, Dezember 2020
- [8] DBS 918277 „Technische Lieferbedingungen – Vollräder für Triebfahrzeuge und Wagen“, DB Systemtechnik, Januar 2022



#### Dipl.-Ing. Mathias Luther

Fachreferent Schadensanalytik und Rad-Schiene-Verschleiß  
DB Systemtechnik GmbH,  
Brandenburg-Kirchmöser  
mathias.luther@deutschebahn.com



#### Jürgen Reinhardt

Leiter Schienentechnik  
DB Netz AG, Frankfurt a. M.  
juergen.ju.reinhardt@deutschebahn.com



#### Dr.-Ing. Katrin Mädler

Leiterin der Abteilung Werkstoff- und Fügetechnik  
DB Systemtechnik GmbH,  
Brandenburg-Kirchmöser  
katrin.maedler@deutschebahn.com

# Orten und Einmessen mit nur einem Gerät

## vLoc3 RTK-Pro

- Präzise Ortung erdverlegter Leitungen sowie von Schubkabeln und Sonden
- Zentimetergenaue Positionserfassung
- Permanente Tiefen- und Signalstromanzeige
- Einfache, intuitive Bedienung
- Cloud-basiertes Datenmanagement mit Echtzeitübertragung



- Einzigartige All-in-One Lösung
- Voll integrierter RTK-GNSS-Empfänger
- Handlich und kompakt

16.7 Hz  
Spezialist

## vLoc3-XLF Ortungsgerät

- Optimiert für extra niedrige Frequenzen von 16.7 Hz bis 32.8 kHz
- Passive Ortungsmodi für Strom und Radio
- Sonden- & Schubkabelortung
- Frei konfigurierbar
- **Signal Direction** Funktion (Signalrichtungsanzeige)
- Kostenlose App + Cloud-Speicher
- Optional mit Bluetooth



Jetzt anmelden: Ortungstechnik-Seminare 2023  
[www.vivax-metrotech.de/seminare-trainings](http://www.vivax-metrotech.de/seminare-trainings)



**VIVAX**  
**METROTECH**

Metrotech Vertriebs GmbH ☎ 09542 77227-42  
Am steinernen Kreuz 10a ✉ SalesDE@vxmt.com  
96110 Scheßlitz [www.vivax-metrotech.de](http://www.vivax-metrotech.de)

# Neue Messtechnologie zur Bestimmung rissartiger Oberflächenfehler

Zuverlässige Quantifizierung des Schädigungszustandes als Basis für zielgerichtete strategische Schieneninstandhaltung

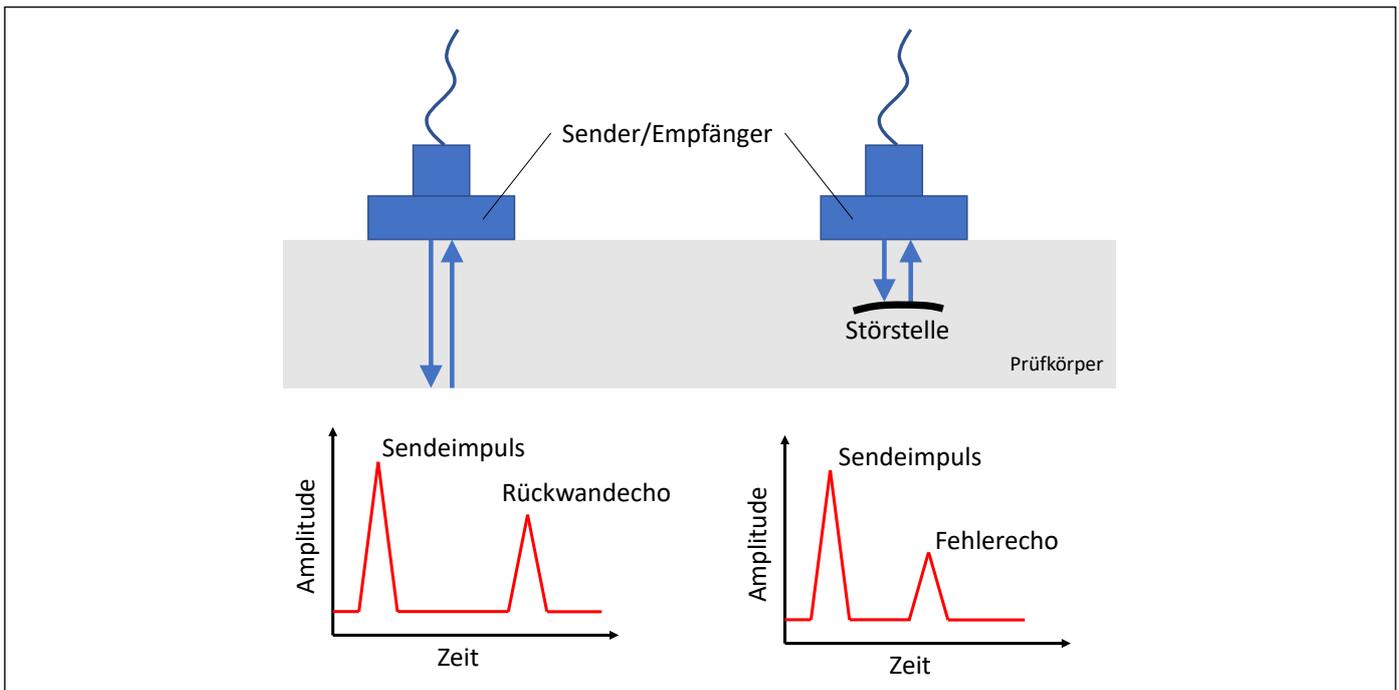


Abb. 1: Schematische Darstellung der Funktionsweise der Ultraschallprüfung von Werkstücken

Quelle: Richard Stock

## RICHARD STOCK | ROLF HERTER

**Die Schieneninstandhaltung mittels Fräsen oder Schleifen ist eine zentrale Maßnahme, um die Liegedauer eines der wichtigsten Elemente des Fahrweges, der Schiene, zu verlängern. Um Schienenschädigung zu entfernen bzw. unter Kontrolle zu halten und um das Schienenprofil innerhalb gewünschter Toleranzen zu halten, stehen verschiedene Strategien zur Wahl. Die Anwendung der richtigen Technologie im Zusammenhang mit der jeweiligen Strategie setzt genaue Kenntnis über den (Schädigungs-)Zustand der Schiene voraus. Denn nur, was sich durch zuverlässige Messtechnologie quantifizieren lässt, kann in weiterer Folge zielgerichtet gewartet werden.**

### Erkennen von oberflächennahen Fehlern

Im Laufe der letzten ca. 70 Jahre wurden eine Reihe von Schieneninspektionssystemen entwickelt, zur Anwendung gebracht und sogar in diversen Normen und Regelwerken verankert. Zumeist führte ein vorausgehender

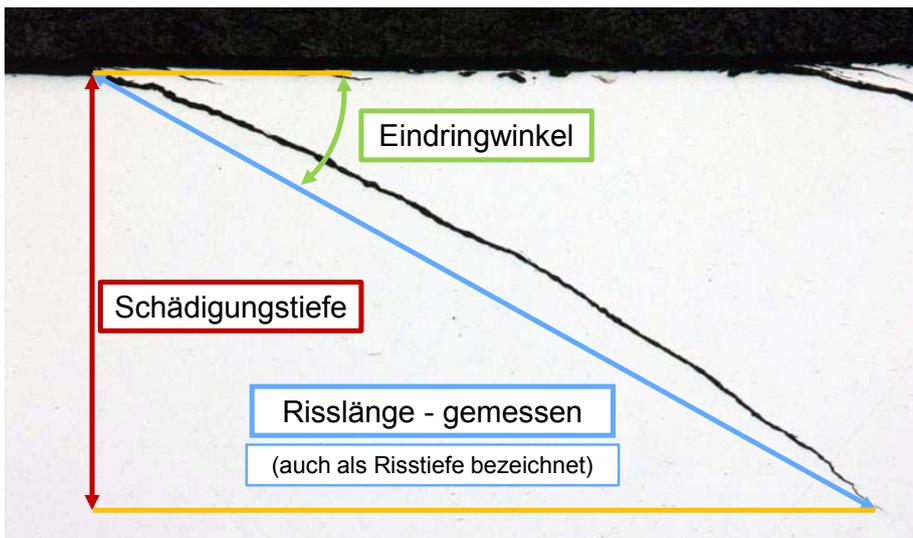
Schadensfall zu einem Entwicklungssprung in der Mess- und Detektionstechnologie. Durch die Anwendung neuer Technologien sollen bekannte Schadensursachen in einem frühen, noch unbedenklichen Zustand erkannt werden. Um das eigentliche Schadensereignis zu vermeiden, kommen zusätzlich gezielte Maßnahmen wie z.B. die Schienenbearbeitung zur Anwendung.

### Ultraschalltechnologie

Eines der ersten Verfahren, das nach einer schweren Entgleisung in den 1950er Jahren entwickelt wurde, ist die Ultraschallprüfung von Schienen. Unter Ultraschall versteht man Schallwellen, deren Frequenz oberhalb des für das menschliche Ohr hörbaren Bereichs liegen, typischerweise in einem Frequenzband zwischen 20 kHz und 10 GHz. Die Ultraschallprüfung beruht auf dem Konzept, dass sich Ultraschallwellen in unterschiedlichen Medien unterschiedlich schnell ausbreiten und an Grenzflächen teilweise reflektiert werden. Bei der Grenzfläche zwischen einem metallenen Werkstoff (z.B. Eisenbahnschiene) und der (Umgebungs-)Luft ist dieser Reflexionsanteil besonders hoch.

Im Fall der Werkstoffprüfung an Schienen kommt das sogenannte Impuls-Echo-Verfahren zur Anwendung. Ein Prüfsensor erzeugt mittels des sogenannten piezoelektrischen Effektes (elastische Verformung eines Festkörpers bei Anlegen einer elektrischen Spannung und umgekehrt) einen Schallwellenimpuls, der in die Schiene gesendet wird. An einer Grenzfläche, z.B. dem Schienenfuß, wird diese Schallwelle reflektiert (Rückwandecho) und dann von demselben Sensor wieder durch den piezoelektrischen Effekt detektiert (Abb. 1).

Befindet sich eine Störstelle in der Schiene, z.B. eine Materialtrennung wie Nieren oder Lunker, erzeugt diese Störstelle eine zusätzliche Reflexion, die ebenfalls detektiert wird (Fehlerecho). Bei der modernen Ultraschallprüfung gemäß EN 16729-1:2016 wird unter verschiedenen Abstrahlwinkeln (0°, 35° und 60°) ein Großteil des Schienenkopfes, des Schienenstegs und ein Teil des Schienenfußes geprüft. Ultraschallprüfsysteme werden mithilfe von Testschienen mit definierter Fehlerkonfiguration kalibriert. Dies stellt sicher, dass Fehler mit einer gewissen Größe und Konfiguration mit ausreichender Nachweiswahrscheinlich-



**Abb. 2:** Ermittlung der Schädigungstiefe bei der Wirbelstromprüfung mithilfe der gemessenen Risslänge und eines angenommenen Eindringwinkels. Schematische Darstellung *Quelle: Richard Stock*

keit detektiert werden. Ein Nachteil der Ultraschallprüfung besteht darin, dass oberflächennahe Fehler zwischen 0-3 mm/12 mm (je nach Art des verwendeten Sensors) Abstand von der Oberfläche nicht erfasst werden können. Diese sogenannte „Tote Zone“ entsteht, weil der Sensor nicht gleichzeitig senden und empfangen kann. Des Weiteren können Faktoren wie Oberflächenzustand der Schiene (Rauigkeiten, Oberflächenfehler, Schleifriefen), Witterung, Beschaffenheit und Lage der zu detektierenden Fehler sowie der menschliche Faktor (Bediener und Auswerter) das Prüfergebn maßgeblich beeinflussen. Mit der Ultraschallprüfung wird folglich nach definierten Fehlern gesucht, die erfahrungsgemäß häufig auftreten bzw. ein besonders hohes Risiko darstellen und mit einer praktikablen Prüfung aufzufinden sind. Die Ultraschallprüfung ist demnach ein Prüfverfahren zur Unterstützung der Bewertung und Beurteilung eines bestimmten Zustandes der Schiene. Ein Nichtauffinden eines Fehlers in einer Schiene garantiert somit nicht Fehlerfreiheit. Die Ultraschallprüfung wird mittels Prüfzügen, Zwei-Wege-Fahrzeugen und

Handprüfgeräten durchgeführt und ist ein integrales und behördlich vorgeschriebenes Verfahren für Eisenbahnsysteme auf der ganzen Welt.

**Wirbelstromtechnologie**

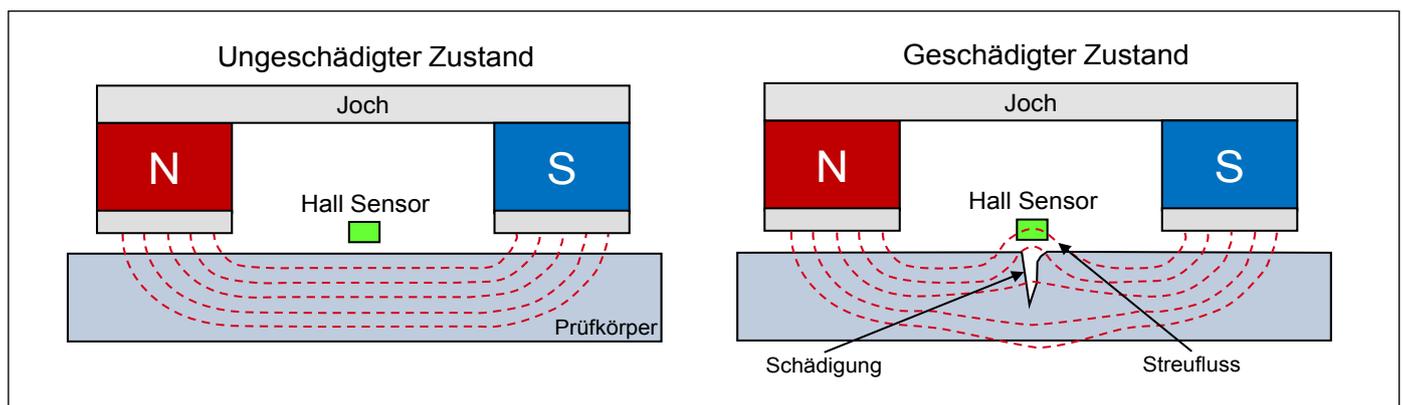
Stellten in den 1970er und 1980er Jahren Innenfehler, Schienenverschleiß und Riffelbildung die Hauptgründe für den vorzeitigen Ausbau von Schienen dar, so trat ab den 1990er Jahren der Fehlertyp Head-Check in Europa in den Vordergrund. Head-Checks sind periodische Risse an der Fahrkante der Schiene (Rollkontaktermüdung) die, wenn nicht mittels Schieneninstandhaltung entfernt, unter gewissen Umständen zu katastrophalem Versagen der Schienen in Form von Trümmerbrüchen führen können. Das bekannteste Beispiel eines solchen Trümmerbruches ist das fatale Zugunglück von Hatfield in England, bei dem am 17. Oktober 2000 ein Intercity-Zug bei 185 km/h entgleiste und vier Menschen starben sowie über 70 Personen verletzt wurden [1].

Da Oberflächenfehler wie Head-Checks nicht mittels Ultraschallverfahren zu erkennen sind,

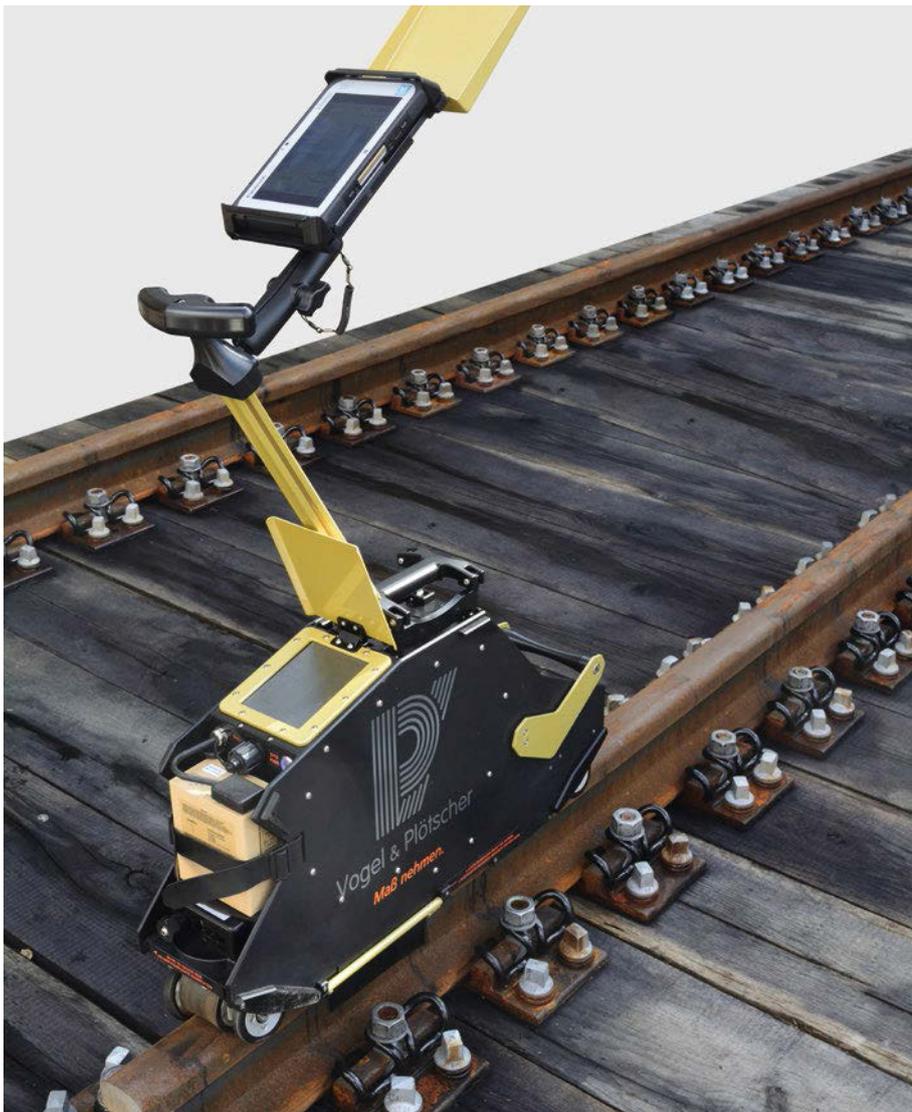
begann ab ca. dem Jahr 2000 die Entwicklung der Wirbelstromprüfung als alternatives Verfahren. Dabei wird über eine Spule ein wechselndes Magnetfeld erzeugt, das Wirbelströme in den zu untersuchenden Werkstoff induziert (Prinzip der elektromagnetischen Induktion). Dieser Wirbelstrom wiederum generiert ein sogenanntes sekundäres Magnetfeld, das dann von einem Sensor (Spule) detektiert wird. Befindet sich eine Fehlstelle an der Oberfläche des Prüfkörpers (z. B. ein Riss), muss der Wirbelstrom um diesen Riss durch das Material herumlaufen, und die daraus resultierende Veränderung des sekundären Magnetfeldes wird detektiert. Das Verfahren kann folglich nur zur Prüfung elektrisch leitender Materialien verwendet werden.

Auf diese Art lassen sich üblicherweise Oberflächenfehler mit einer Tiefe von bis zu 3 mm nachweisen. Da das Prüfergebn von der Homogenität der Materialeigenschaften, dem Abstand der Prüfsonde von der Oberfläche und vom Abstand einzelner Risse zueinander beeinflusst wird, ist eine komplexe Filterung des Ausgangssignals nötig, um eine Tiefeninformation zu erhalten. Des Weiteren bestimmt die Wirbelstromtechnologie eigentlich die Länge des Risses und nicht seine Tiefen in Bezug auf die Oberfläche. Um die tatsächliche Schädigungstiefe zu erhalten, muss ein Eindringwinkel angenommen werden, mit dem dann die Schädigungstiefe berechnet wird (Abb. 2). Für typische Head-Check-Defekte, wie sie in Europäischen Schienennetzen zu finden sind, wurde nach intensiven Untersuchungen ein durchschnittlicher Rissneigungswinkel von 25° gefunden und für die Prüfung festgelegt.

Allgemein kommen vier Prüfsonden mit überlappenden Prüfbereichen zum Einsatz, welche die Fahrkante der Schiene zwischen 45° und 7° abdecken, angewandt auf Prüfzügen, Zwei-Wege-Fahrzeugen und Handmessgeräten. Darüber hinaus ist es in Europa gesetzlich vorgeschrieben, dass auch Schieneninstandhaltungsfahrzeuge wie Schleif- oder Fräs-Züge mit dieser Technologie ausgerüstet sind, um den Fehlerzustand nach der Bearbeitung zu dokumentieren.



**Abb. 3:** Schematische Darstellung der magnetischen Streuflussprüfung mit unbeschädigtem und beschädigtem Prüfkörper *Quelle: Richard Stock*



**Abb. 4:** RSCM-Messgerät zur Fehlerprüfung von Schienen mittels magnetischer Streuflussprüfung

Quelle: Vogel & Plötischer

### Universale Prüftechnologie

Mit Anpassung der Instandhaltungspraktiken (präventive Instandhaltung, Anti-Head-Check-Profile) und der flächendeckenden Einführung der Wirbelstromtechnik konnte der Fehlertyp Head-Check unter Kontrolle gebracht werden. Jedoch begann ungefähr zur gleichen Zeit ein neuer Fehler auf der Fahrfläche der Schiene vermehrt aufzutreten – der Squat bzw. Seriensquat, auch Stud oder Squat-Type-Defekt genannt. Auch wenn dieser Defekt schon aus den 1970er Jahren bekannt war, so weisen diese „neuen“ Squats trotz gleichen Aussehens unterschiedliche Charakteristika auf. Aufgrund der flächigen Ausdehnung am Schienenkopf und der möglichen Risstiefen von bis zu 8 mm sowie der potenziellen Ausbrüche über längere Distanzen eignen sich weder Ultraschall- noch Wirbelstromtechnologie für die messtechnische Detektion und Charakterisierung dieses Defekts. Daher war es nötig, ein neues, universales Verfahren zur Prüfung des Schienenkopfes

bezüglich oberflächennaher Fehler zur Anwendung zu bringen.

### Magnetic Flux Leakage – Streuflussprüfung mit dem RSCM-System

Bei der Streuflussprüfung (Englisch „magnetic flux leakage“) wird ein ferromagnetischer Prüfkörper einem externen Magnetfeld ausgesetzt. Ein ferromagnetischer Werkstoff zeichnet sich dadurch aus, dass nach Einwirken eines externen magnetischen Feldes ein Restmagnetismus (oder Remanenz) zurückbleibt. Sollte nun ein Prüfkörper oberflächennahe Fehler aufweisen, so entsteht eine Wechselwirkung mit dem Remanenzfeld, und das Magnetfeld „stret“ aus dem Prüfkörper heraus (im Englischen: „flux leakage“). Dieses Streufeld wird dann mit einem sogenannten Hall-Sensor detektiert (Abb. 3). Der große Vorteil dieser Methode liegt darin, dass Fehler zwischen 0,2 mm und 7 mm unabhängig von ihrer Winkellage erfasst und ausgewertet werden. Einzig Fehler mit einer reinen Längsausrichtung und senkrecht zur Oberflä-

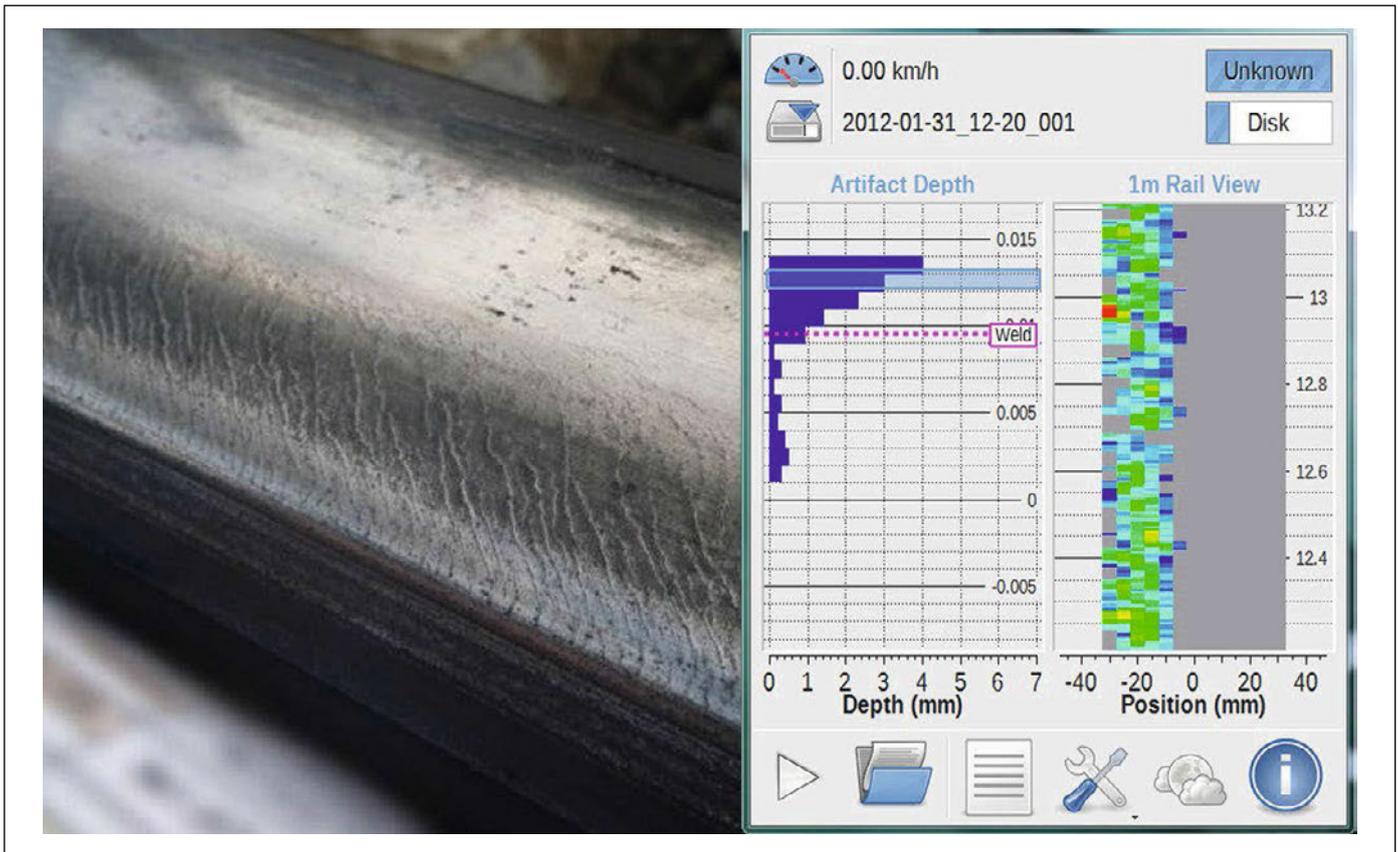
che der Schiene können nicht entdeckt werden, aber diese Restriktion gilt auch für Ultraschall und Wirbelstrom. Für die Prüfung ist wichtig, dass das Gleis zuvor noch nicht magnetisiert wurde. Sollte eine Restmagnetisierung im Gleis vorhanden sein, reicht es aus, die Überfahrt von ein bis zwei Zügen abzuwarten. Nach ca. 130 Achsen hat sich die etwaig vorhandene Restmagnetisierung komplett abgebaut.

Das RSCM (Rail Surface Crack Measurement)-System (Abb. 4) verwendet 19 Sensoren, die das gesamte Querprofil abdecken. Das Rohsignal jedes Sensors wird von der integrierten Software gefiltert und ausgewertet, sodass für den Bediener zwei Informationen zur Verfügung stehen. Pro geprüfem Meter wird die tiefste gemessene Fehlertiefe angezeigt. Da aber der gestreute Magnetfluss proportional zum geschädigten Volumen ist, werden außerdem die Geometrie und Schädigungsintensität (Farbcode) des Defektes auf der Schienenoberfläche abgebildet (Abb. 5). Das Verfahren detektiert somit nicht nur Risse an der Fahrkante, sondern auch flächigere Defekte auf der Lauffläche, z. B. Seriensquats.

Um die Effektivität des Messsystems zu bestätigen, hat die DB Netz AG (DB) eine umfangreiche Studie durchgeführt [2], bei der sowohl Head-Checks an der Fahrkante als auch Seriensquats auf der Lauffläche untersucht wurden. Nach der Messung mit dem RSCM wurden die Schienen ausgebaut und in 0,5 mm Schritten abgefräst, um die tatsächliche Fehlertiefe zu ermitteln. Für den Schienenfehler Head-Check wurde für zwölf der 14 Messungen eine übereinstimmende Tiefenaussage innerhalb eines 20 %-Toleranzbandes nachgewiesen. Nur bei zwei Messungen fand durch das RSCM eine Überbewertung des Fehlers statt. Zusätzlich wurden noch Messungen bei teilweise entfernten Head-Checks (Restschädigung nach dem Schienenschleifen) durchgeführt, und in allen sechs untersuchten Fällen wurde ein sogar noch geringeres Toleranzband von 10 % nachgewiesen. Bei dem Fehlertyp Seriensquat konnte bei allen 25 untersuchten Fällen ein Toleranzband von 15 % bezüglich der gemessenen Tiefe und der tatsächlichen Tiefe erreicht werden. Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass das RSCM die Lücke zwischen der Wirbelstromprüfung und der Ultraschallprüfung schließen und als Universalprüfsystem für oberflächennahe Fehler im oberen Schienenkopfbereich eingesetzt werden kann.

### Prüftechnologie mit Zukunftspotenzial

Aufgrund der oben angeführten Ergebnisse hat die Deutsche Bahn AG (DB) das RSCM als Standardprüfsystem zur Handprüfung in ihre aktuelle Richtlinie übernommen. Es ist geplant, dass das RSCM die Wirbelstromprüfung in diesem Bereich ablösen wird. Neben der DB kommt das RSCM auch bei London Underground und diversen Kunden in Australien und Nordamerika zum Einsatz. Das RSCM-System wurde ursprünglich in Australien entwickelt und jüngst



**Abb. 5:** Rollkontaktermüdung (Head-Checks) auf einer Schiene und RSCM-Messergebnis (Schädigungstiefe und Intensität) einer Schiene mit Head-Check-Schädigung  
 Quellen: voestalpine (Beispielbild), Vogel & Plötscher (Grafik)

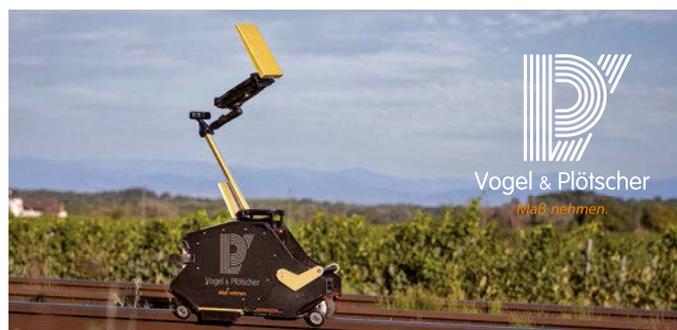
vom deutschen Gleismess-Spezialisten Vogel & Plötscher (V&P) erworben. Da das Potenzial dieser Technologie bei weitem noch nicht ausgereizt ist, konzentriert sich V&P im Moment auf die Weiterentwicklung. Bereits für den Einsatz verfügbar sind Handgeräte (Draisine) sowie ein Prototyp für fahrzeuggebundene Prüfung bei geringen bis mittleren Geschwindigkeiten. Ziel ist, hier eine Lösung für höhere Prüfgeschwindigkeiten zu entwickeln. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass das System nicht nur Head-Checks und Squats detektiert, sondern auch andere Defekte und Merkmale im Gleis automatisiert erkannt werden können. Weitere Entwicklungsrichtungen beschäftigen sich mit der Prüfbarkeit neuer Schienenwerkstoffe, der kompakteren Ausführung der Prüftechnik sowie der Verbesserung der Bedienungsergonomie. Die magnetische Streuflussprüfung ist eine bewährte und universelle Messtechnologie zur Quantifizierung der Schädigung in oberflächennahen Bereichen des Schienenkopfes. Sie ermöglicht, den Schädigungszustand mit hinreichender Genauigkeit zu quantifizieren, Instandhaltungsmaßnahmen abzuleiten und danach auch die Verifizierung und Qualitätskontrolle der umgesetzten Maßnahmen durchzuführen. ■



**DI Dr. mont. Richard Stock**  
 Global Head of Rail Solutions  
 Plasser American / Plasser & Theurer,  
 CA-Vancouver  
 rstock@plausa.com



**Rolf Herter**  
 Geschäftsführer  
 Vogel & Plötscher GmbH & Co. KG,  
 Breisach  
 rolf.herter@voploe.de



## RSCM

Das Prüfsystem der Zukunft für oberflächennahe Schienenfehler.

[vogelundploetscher.de](http://vogelundploetscher.de)

### QUELLEN

[1] Grassie, S.L.: Rolling contact fatigue on the British railway system: Treatment. Wear 2005, 258, S. 1310–1318

[2] Reinhardt, J.: Inspektion von oberflächennahen Schienenfehlern. RSCM – Prüfsystem der Zukunft? Interner Vortrag der DB Netz, 2016

# Automatisierung der Auswertung von Messungen mit Georadar

Automatisierte Textursegmentierung zur Interpretation und Quantifizierung geotechnischer Bewertungsindizes von Eisenbahnstrecken auf Basis von GPR-Daten

**GERALD ZAUNER | THOMAS HARFMANN**

**Mittels Georadar erfolgt die geotechnische Zustandserfassung von Eisenbahnstrecken. Anhand der ermittelten Daten lassen sich z. B. die Verschmutzung der Schotterbettung, die Feuchtigkeit der Bettung und des Unterbaus, die Welligkeit des Planums sowie Verlehungen und Schlammstellen orten. Die Auswertung ist derzeit in vielen Fällen eine manuelle und teilweise subjektive Analyse der Daten, die durch neue Automatismen ergänzt und abgelöst werden kann. Ein Ansatz dafür ist die automatisierte Texturerkennung auf Basis von 2D-Gabor-Filtern.**

**Einleitung**

Das Georadarverfahren oder auch GPR (Ground Penetrating Radar) ist eine Techno-

logie für die kontinuierliche geotechnische Zustandserfassung von Eisenbahnstrecken. Dies beinhaltet die Ermittlung von Kennzahlen, beispielsweise den Verschmutzungsindex der Schotterbettung, Feuchtigkeit in der Schotterbettung und im Unterbau, Welligkeit des Gleisplanums sowie Verlehmung/Schlammstellen.

GPR ist ein elektromagnetisches Reflexionsverfahren, bei dem über eine Sendeantenne elektromagnetische Impulse in den Boden abgestrahlt werden (Abb. 1). Ein Teil der Energie der elektromagnetischen Wellen wird an Grenzflächen zwischen Schichten mit unterschiedlichen dielektrischen Eigenschaften reflektiert und zur Antenne zurückgesendet. Aus der gemessenen Laufzeit und der materialabhängigen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen können die Tiefenlage und der Verlauf der Schichtgrenze bestimmt werden.

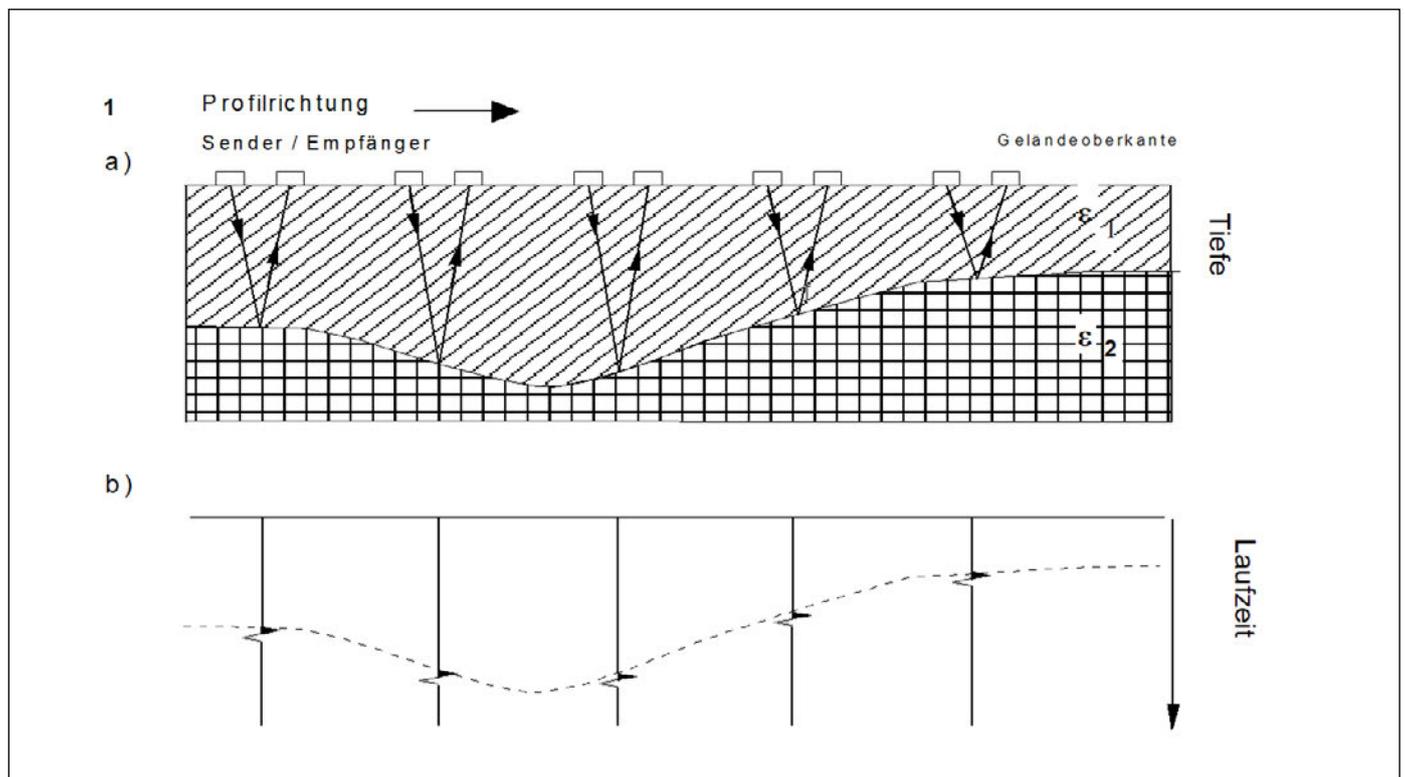
Die Auflösung von Schichten und Objekten wird einerseits durch die verwendete

Signalfrequenz und andererseits durch den Messpunktabstand bestimmt. Je höher die verwendete Frequenz der Radarwellen und je geringer der Abstand zwischen den Messpunkten, desto genauer können Objekte und Schichten im Untergrund erfasst werden.

**Vorteile Georadar**

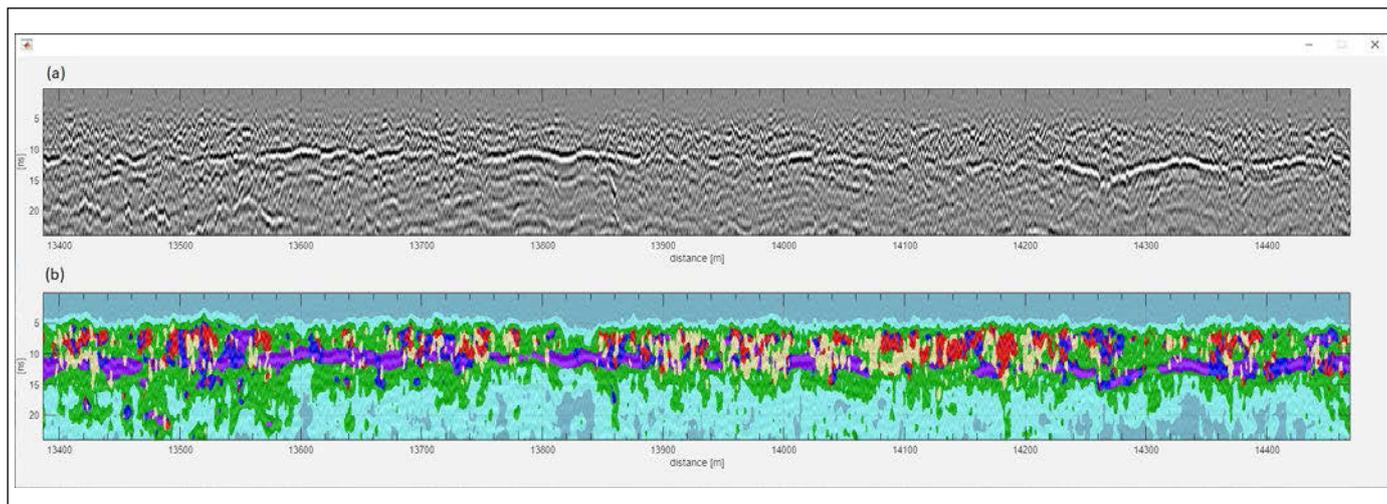
GPR kann als wirksames Instrument zur Untersuchung der Ursachen für schlechte Gleisgeometrien und instabile Fahrbahnen eingesetzt werden [1]. Es ist auch möglich, problematische Eisenbahnabschnitte zu identifizieren und weitergehend zu untersuchen, indem beispielsweise aufeinanderfolgende Inspektionskampagnen berücksichtigt werden, die eine systematische Zunahme der geometrischen Fehlerparameter im Laufe der Zeit zeigen [2].

Da die aufgezeichneten Datensätze typischerweise eine Strecke von vielen Kilometern umfassen, ist die Auswertung dieser



**Abb. 1:** (a) Laufwege von Radarwellen werden an der Schichtgrenze zwischen zwei Medien mit unterschiedlicher Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon$ ) reflektiert; (b) aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der Reflexionen bildet sich im Radargramm der Verlauf dieser Schichtgrenze ab.

Quelle aller Abb.: Ground Control GmbH



**Abb. 2:** (a) Original-Radargramm; (b) Segmentierungsergebnis der vorgeschlagenen Methode: Unterschiedliche Farben zeigen verschiedene relevante Radargrammstrukturen auf der Grundlage objektiver Kriterien (Streudiagrammkoordinaten), die von Eisenbahn-Radargrammexperten definiert wurden (z. B. blaue / lila Regionen: Gleisplanum; gelbe / rote Regionen: Hinweise auf Schotterverschmutzung).

Daten mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden. Aus diesem Grund bestand ein zunehmender Bedarf an automatisierter Unterstützung bei der Auswertung von GPR-Messdaten.

**Automatisierte Bildauswertung**

Aufgrund der komplexen Bildstruktur in den GPR-Rohbildern ist es selbst für das geschulte menschliche Auge schwierig, den genauen Verlauf und die Abgrenzung verschiedener relevanter Texturen zu bestimmen. Die kürzlich präsentierte automatische Segmentierung mittels Bildverarbeitung [3] bietet hier Vorteile, da z. B. der exakte Verlauf der Schichtgrenzen nun auf nachvollziehbaren Kriterien beruht und nicht mehr auf einer rein visuellen (subjektiven) Beurteilung, die möglicherweise bei verschiedenen Beurteilern zu unterschiedlichen Ergebnissen führen könnte. Der exakte Verlauf relevanter Radargrammbereiche (und deren exakte

Konturen) bilden in Folge die Grundlage für weitere Auswertungen, um etwa eventuelle Wellenbildungen in den Grenzschichten oder die genaue Tiefe und Mächtigkeit von Unterbauschichten zu bestimmen. Auf diese Weise können sehr schnell und automatisiert potenzielle Problemstellen identifiziert werden, die als Grundlage für die Gleisstandhaltung herangezogen werden können.

Die hier vorgestellte Form der automatischen Textursegmentierung (Abb. 2) auf Basis von 2D-Gabor-Filtern trägt wesentlich dazu bei, die Komplexität der Interpretation und Quantifizierung von Radargrammen in der Bewertung des Gleiszustands zu reduzieren. Auf Basis dieses neuen Ansatzes ist sofort erkennbar, ob z. B. anomale Charakteristika von Radargrammstrukturen vorhanden sind. Der Algorithmus identifiziert dabei automatisch diejenigen Bildbereiche, die sich in Bezug auf Ortsfrequenz, Amplitu-

de und lokale Streuung (Scattering) ähneln. Vorteile bringt diese Vorgehensweise z. B. bei der schwierigen Bestimmung kritischer Gleiszustände wie Schotterstellen oder Schlammstellen. Begleitet wird dieser Prozess durch automatisierte Bildmessungen, wie die Identifizierung unterschiedlicher Schichtstrukturen und die entsprechende pixelgenaue Bestimmung von Schichtdicken und Schichttiefen. Auch die Extraktion von Signalphaseninformationen an Schichtgrenzen wird möglich. Auf diese Weise können typische Radargrammausschnitte, die Bereiche von mehreren Kilometern Länge abdecken, auf modernen Computern innerhalb weniger Minuten ausgewertet werden. Die vorgestellte Radargrammanalyse wird von der Ground Control GmbH (Ground Control) bereits routinemäßig bei der Auswertung eingesetzt, und der Automatisierungsgrad konnte auf diese Weise bereits deutlich erhöht werden.

**L&S AUTOMATIC  
TURNOUT GRINDING**

**L&S Luddeneit und Scherf GmbH  
Wimmlerstr. 25  
07806 Neustadt an der Orla  
GERMANY**

**www.l-und-s.de**



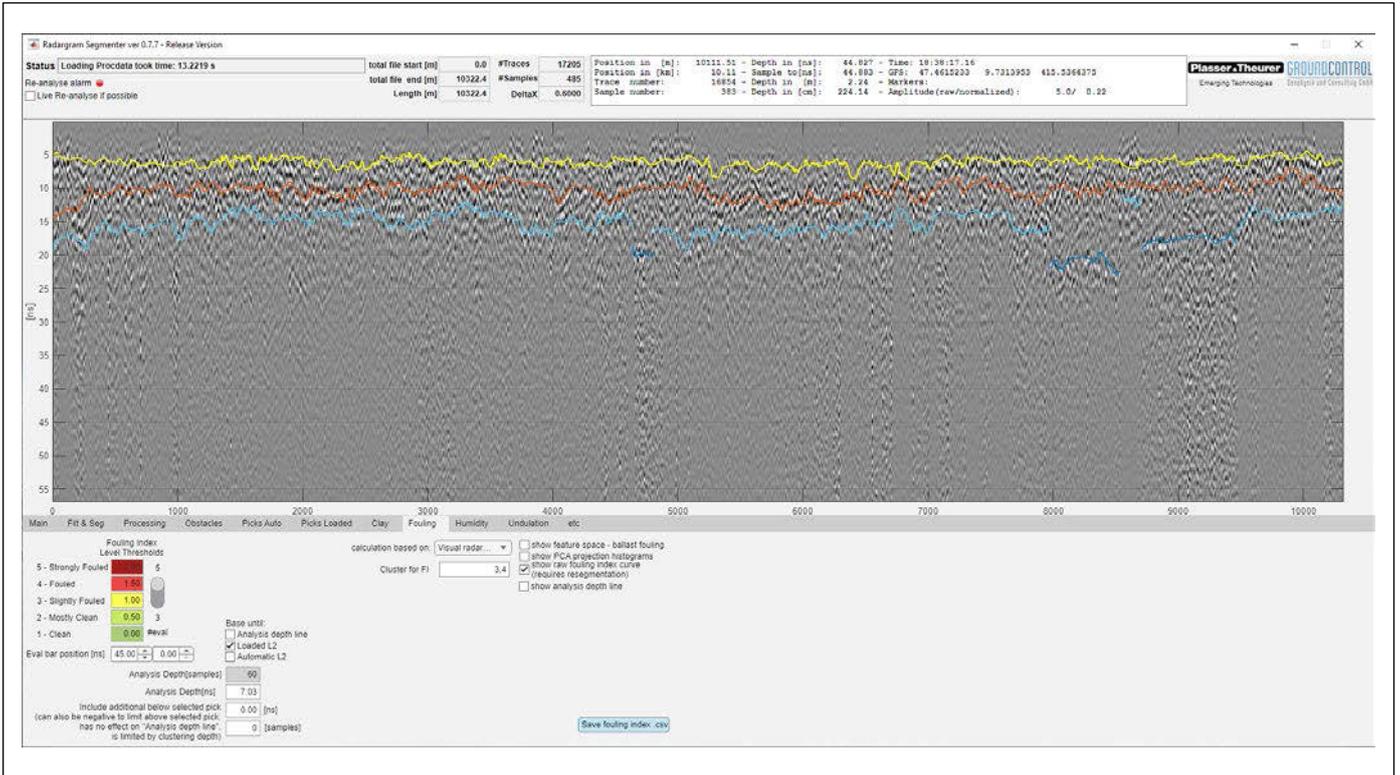


Abb. 3: Hauptansicht des Auswertetools

**Beispiel einer automatisierten Auswertung**

Die Ground Control GmbH entwickelt derzeit aktiv in Zusammenarbeit mit Plasser&Theurer und der FH Oberösterreich (FH OÖ), Campus Wels, ein Tool zur automatisierten Auswertung von Georadardaten auf Basis der oben erwähnten Texturseg-

mentierung (Abb. 3). Dieses Tool wird kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert, bietet jedoch bereits jetzt die Möglichkeit, mehrere Kennzahlen der Zustandserfassung von Eisenbahnstrecken voll automatisiert zu bestimmen. Dies wird im Folgenden an der Verschmutzung der Schotterbettung dargestellt.

In einem ersten Schritt werden das Radargramm und die derzeit noch semiautomatisch erzeugte Schichtgrenzsignatur geladen, welche die für die Verschmutzung der Schotterbettung relevanten Schichtgrenzen abbildet.

Anschließend wird die Textursegmentierung auf Basis von 2D-Gabor-Filtern durchgeführt

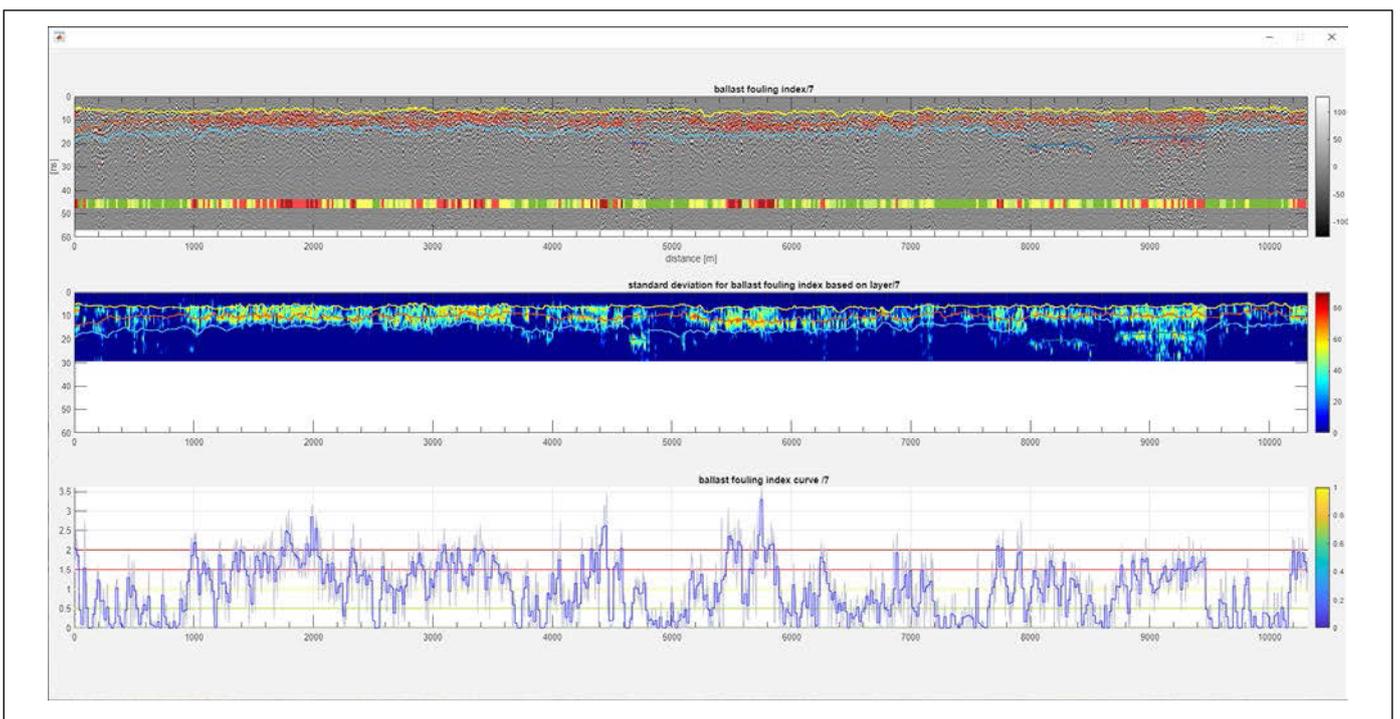


Abb. 4: Ergebnisdarstellung der Ballastverschmutzung inklusive Anzeige der berechneten Rohdaten und der Schwellenwerte

und durch festgelegte Parameter eine Kategorisierung der Ergebnisse (sauber/überwiegend sauber/leicht verschmutzt/verschmutzt/stark verschmutzt) auf Basis von vordefinierten Schwellenwerten berechnet (Abb. 4).

Die dadurch automatisch generierten Ergebnisse können anschließend ortsgenau (GPS und Hektometer-Position) in Form von CSV-Dateien oder anderen Dateiformaten exportiert und entweder direkt an den Kunden weitergegeben oder im hauseigenen Viewer (SRS Track Analyzer) weiter aufbereitet werden.

Eine solche Auswertung der Verschmutzung der Schotterbettung lässt sich heute in wenigen Minuten realisieren und ist bereits ebenfalls für die Feuchtigkeit in der Schotterbettung, die Feuchtigkeit im Unterbau und zudem für die Welligkeit des Gleisplanums möglich. In der Vergangenheit hätte diese Auswertung mehrere Stunden bzw. Tage in Anspruch genommen.

Aktuell ist zudem ein komplett neuer Ansatz für eine AI (Artificial Intelligence) basierte Automatisierung in Entwicklung. Ziel ist hierbei, zukünftig in der Lage zu sein, Schlammstellen bzw. Verletzungen sowie Weichen und Bahnübergänge ebenfalls automatisiert zu detektieren.

#### Fazit

Die automatisierte Auswertung von Radardaten bietet eine Reihe von Vorteilen:

- Zeitersparnis bei der Auswertung
- Kostenersparnis beim Kunden
- Auswertung auch durch ungeschultes Personal möglich
- Ausschluss von Auswertungsfehlern durch die Bearbeiter
- vollständige Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit der Ergebnisse
- standardisiertes Auswerteverfahren. ■

#### QUELLEN

[1] Li, D.; Hyslip, J.; Sussman, T.; Chrismer, S.: Railway Geotechnics. Taylor & Francis Ltd.: Abingdon, UK, 2015

[2] Fontul, S.; Fortunato, E.; De Chiara, F.; Burrinha, R.; Baldeiras, M.: Railways Track Characterization Using Ground Penetrating Radar. Procedia Eng. 2016, 143, pp. 1193–1200. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.120> (2022-08-01; 22:07 Uhr)

[3] Zauner, G.; Groessbacher, D.; Buerger, M.; Auer, F.; Staccone, G.: Gabor Filter-Based Segmentation of Railroad Radargrams for Improved Rail Track Condition Assessment: Preliminary Studies and Future Perspectives. Remote Sensing 2021, 13, 4293. <https://doi.org/10.3390/rs13214293> (2022-08-01; 22:08 Uhr)



#### Dr. Gerald Zauner

Professor für Signalverarbeitung  
Fakultät für Technik &  
Angewandte Naturwissenschaften  
FH Oberösterreich, AT-Wels  
gerald.zauner@fh-wels.at



#### Thomas Harfmann

Projektmanager  
Ground Control Geophysik &  
Consulting GmbH, Planegg  
harfmann@saferailsystem.com



## IN HOCHFORM FÜR DIE BAHN.

Wir bringen Züge auf die richtige Spur.

Weltweit liefern wir Produkte für insgesamt mehr als 30.000 Streckenkilometer für die Bahn. In jährlich dreistelliger Millionenstückzahl versorgen wir den Eisenbahn-Oberbau international mit Produkten wie Dübeln, Zwischenlagen oder Winkelführungsplatten zur Schienenbefestigung und mit Kabelkanälen.

Als Spezialist für Kunststofftechnik sorgen wir seit 1968 für die richtige Form. Mit weltweit 23 Unternehmen in Europa, Asien und den USA sind wir überall nah am Kunden.



Wirthwein AG • Walter-Wirthwein-Str. 2-10 • 97993 Creglingen • Germany  
+49 7933 702-0 • [bahn@wirthwein.de](mailto:bahn@wirthwein.de) • [www.wirthwein.de](http://www.wirthwein.de)

# WIRTHWEIN

Forming Innovation.

# Dynamische Stabilität von bindemittelstabilisierten Erdbauwerken

Nachweise der dynamischen Stabilität der Erdbauwerke mit Fester Fahrbahn für die Geschwindigkeit von 250 km/h für die Neubaustrecke Stuttgart 21 – Wendlingen – Ulm



**Abb. 1:** Probenahme und Transportbehälter der Bodenproben. Links: Ausführung von Sägeschnitten entlang der Schnittlinien, Mitte: Freilegung der würfelförmigen Probekörper, Rechts: Verpackung und Sicherung der Probekörper in Transportkisten

Quelle: VINCI Construction Terrassement Deutschland GmbH

**DIRK WEGENER | THOMAS NEIDHART |  
STEPHAN JUNG | CHRISTIAN HOTZ**

**Der Planfeststellungsabschnitt (PFA) 1.4 (Filderbereich bis Wendlingen) der Neubaustrecke (NBS) Stuttgart 21 – Wendlingen – Ulm wird als zweigleisige Strecke mit Fester Fahrbahn (FF) gebaut, auf der Hochgeschwindigkeitsreisezüge mit maximal 250 km/h und Güterzüge mit maximal 120 km/h sowie ausgewählte Schnellgüterzüge mit maximal 160 km/h verkehren werden. Für die Erdbauwerke mit einem Unterbau aus bindemittelverbesserten Böden sind nach Richtlinie (Ril) 836.3001, Abs. 3 (4) rechnerische Nachweise der dynamischen Stabilität erforderlich. Im vorliegenden Beitrag wird die Nachweisführung der dynamischen Stabilität einschließlich der dafür notwendigen Labor- und Feldversuche gezeigt.**

## Notwendigkeit und Ziel der Nachweisführung

Sowohl aufgrund des Oberbaus aus FF als auch der Streckengeschwindigkeit von 250 km/h sind nach Ril 836.3001 [2] Nachweise der dynamischen Stabilität generell notwendig und mit rechnerischen Verfahren zu führen. Dabei wird

der Nachweis geführt, dass die rechnerisch ermittelten, einwirkenden Scherdehnungen kleiner als die versuchstechnisch bestimmten Scherdehnungsgrenzen sind. In diesem Fall ist keine nennenswerte Akkumulation bleibender Verformungen des Bahnkörperunterbaues infolge der dynamischen Belastung durch den Zugverkehr zu erwarten.

Für das Oberbausystem der FF dürfen die Setzungen nach dem Einbau des Oberbaus die Regulierungsreserve von  $\leq 20$  mm (26 mm abzüglich 6 mm Regulierungsreserve beim Einbau) gemäß Ril 820.2020 Abs. 4 (13) [1] nicht überschreiten. Da nach Ril 836.3001 Abs. 4 (2) [2] die Gesamtrestsetzungen (Restsetzungen infolge Konsolidierung des Untergrundes und Eigensetzungen von Schüttungen nach dem Einbau der FF) planerisch nicht mehr als 15 mm betragen sollen, müssen Setzungen aus Verkehr  $\leq 5$  mm betragen. Folglich darf es zu keiner nennenswerten Akkumulation bleibender Verformungen infolge des Zugverkehrs kommen, was bei ausreichender dynamischer Stabilität der Fall ist. Dies wurde anhand von maßstabsgerechten Großversuchen mit dem Großprüfgerät DyStaFIT auf der NBS Köln – Rhein/Main [22] und auf der VDE 8.1 Nürnberg – Erfurt [23] nachgewiesen.

## Auswahl der maßgebenden Querschnitte, Untersuchungsprogramm

Für den ca. 10 km langen PFA 1.4 der NBS Stuttgart 21 – Wendlingen – Ulm wurden in [6] zwei maßgebende Berechnungsquerschnitte für den Dammbereich bei km 17,800 und für den Einschnittsbereich bei km 16,800 herausgearbeitet, in denen die bodendynamisch ungünstigsten Bodenschichten bestehend aus Lösslehmen, Umlagerungssedimenten und vollständig verwitterten Tonsteinen des Turneritons weitgehend verbleiben und oberflächennah mit geringer Überdeckung zum Schotteroberbau (SO) anstehen.

Im gesamten PFA 1.4 war der Einsatz qualifizierter verbesserter Böden innerhalb des abzusichernden Tragbereiches bis 3,0 m unter SO vorgesehen, um die bindigen Aushubmaterialien (Lösslehm (qlol), Umlagerungssediment (qum), Arietenkalk (si1) und Turneriton (si2)) wiederverwenden zu können. Als hydraulisches Bindemittel wurde das Spezialbindemittel Multicrete ST verwendet. Für den Einsatz qualifizierter verbesserter Böden zur Herstellung des Bahnkörperunterbaues wurde bereits im Vorfeld der Ausschreibung mit [8] eine Unternehmensinterne Genehmigung (UiG) erteilt. Für bindemittelverbesserte sowie unverbesserte Böden ist eine versuchstechnische Be-



# hyba

HYBRID REVOLUTION



Leistung, Sicherheit,  
Nachhaltigkeit und  
Konnektivität:  
**Die Hybrid-Revolution  
ist auf dem Weg.**

Die Baret Gruppe erfindet Hyba, eine neue und nachhaltige Hybridlösung. Der Hyba-Gleisunterbau profitiert von der Qualität und der Widerstandsfähigkeit des Holzes, das wegen seiner Hülle aus recyceltem Polymer dauerhaft Bestand hat - und das ganz ohne chemische Behandlungen.

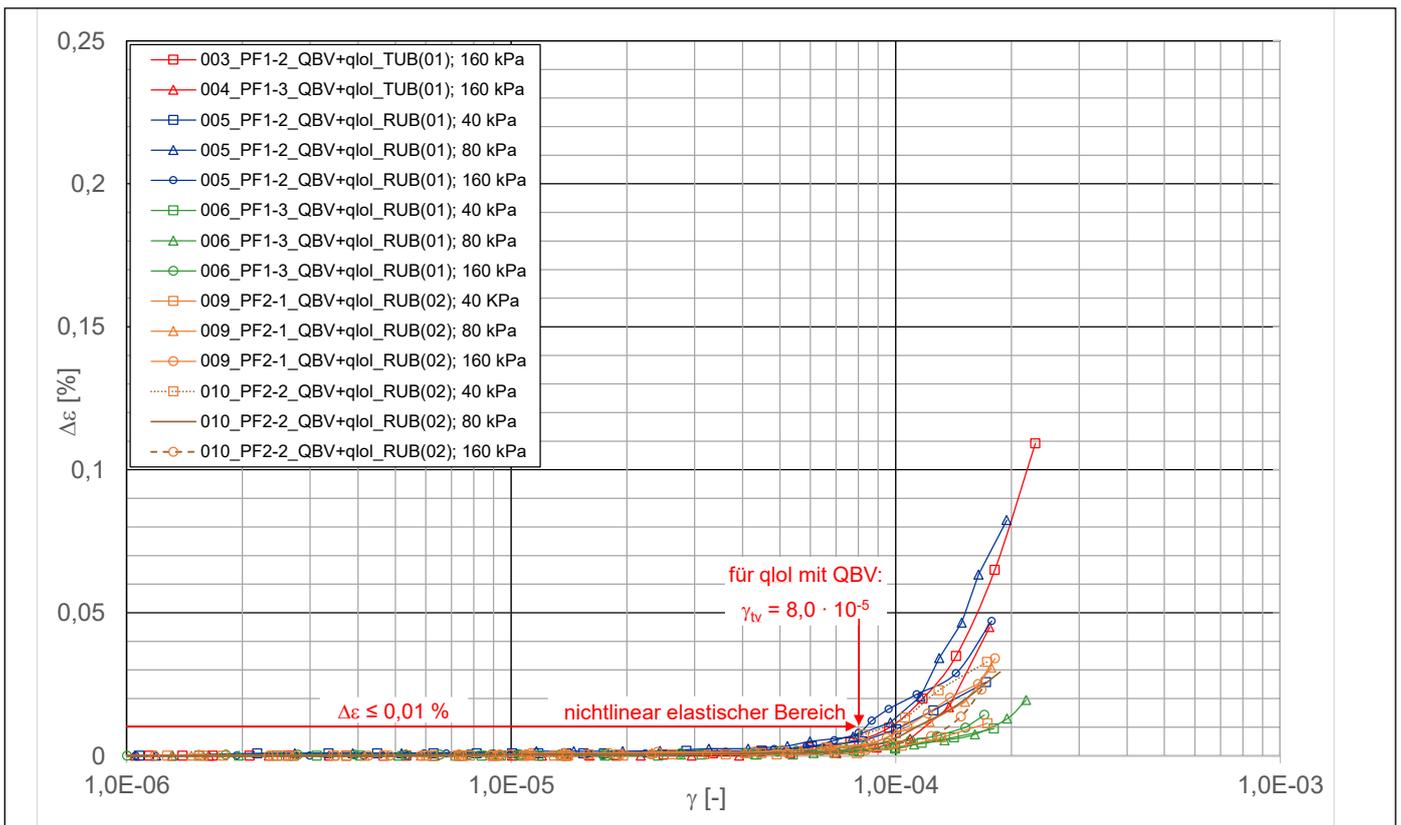


**ALS VORPREMIERE ZU ENTDECKEN AUF DER  
INNOTRANS-MESSE HALLE 25 - STAND 465  
(BERLIN, 20.-23. SEPTEMBER 2022)**

[hyba-tech.com](http://hyba-tech.com)

 **Groupe Baret**





**Abb. 2:** Akkumulation der axialen Dehnung in Abhängigkeit von der Scherdehnungsamplitude des qualifiziert verbesserten Lösslehms im Ergebnis von 14 RC-Versuchen mit unterschiedlichen Zelldrücken (40, 80 und 160 kPa) der RU Bochum und der TU Berlin Quelle: [12]

stimmung der bodendynamischen Kennwerte entsprechend der Ril 836.3001 Abs. 3 (4) und Abs. 5 (1) [2] erforderlich. In [7] wurden nachzuweisende Anforderungen an die bodendynamischen Kennwerte benannt sowie ein Labor- und Feldversuchsprogramm erstellt, die durch UiG [9] und Zustimmung im Einzelfall (ZiE) [11] auf Basis des Geotechnischen Berichts [10] bestätigt wurden.

**Labor- und Feldversuche**

**Erforderliche bodendynamische Kennwerte**

Für die Bestimmung der bodendynamischen Kennwerte wurden im Rahmen der Bauausführung in entsprechenden Probefeldern Cross-Hole-Messungen durchgeführt sowie Bodenproben mittels Kernbohrungen und Großschürfen entnommen [12]. Aus diesen Bodenproben konnten mittels Resonant-Column-Versuchen (RC-Versuchen) sowie ergänzenden Laborversuchen zur Dichte-, Wassergehalts- und Konsistenzgrenzenbestimmung folgende bodendynamische Kennwerte abgeleitet werden:

- der Grundwert des Schubmoduls  $G_0$ ,
- die Abnahme des Schubmoduls  $G(\gamma)/G_0$  mit zunehmender Scherdehnung  $\gamma$ ,
- die Referenz-Scherdehnung  $\gamma_{0,7}$ , bei der  $G(\gamma)/G_0 = 0,70$  beträgt,
- der Dämpfungsgrad  $D(\gamma)$  in Abhängigkeit von der Scherdehnung  $\gamma$ ,

- die Scherdehnungsgrenze  $\gamma_{tv}$  und
- die Dichte  $\rho$ .

**Probengewinnung**

Für die Ermittlung der bodendynamischen Eigenschaften, die bei sehr kleinen Dehnungen ermittelt werden, ist eine hohe Probenqualität notwendig. Um diese zu erreichen, wurden würfelförmige Probekörper mit einer Kantenlänge von 30x30x30 cm mit einem Gewicht von ca. 60 kg aus dem qualifiziert verbesserten, bindemittelstabilisierten Unterbau durch Heraussägen gewonnen. Der Transport erfolgte in speziell dafür vorgefertigten Holzboxen. Abb. 1 zeigt die Probennahme und den Transportbehälter der Bodenproben.

Die Probekörper wurden zum Schutz vor Austrocknung und vor Erschütterungen außerdem vollständig mit flüssigem Wachs vergossen. Im bodenmechanischen Labor wurden sie aus den Transportbehältern entnommen und das inzwischen erhärtete Wachs entfernt. Anschließend wurden die Proben auf die Abmessungen des RC-Versuchstandes (RU Bochum:  $\phi 10$  cm,  $H \approx 20$  cm bzw. TU Berlin:  $\phi 5$  cm,  $H \approx 10$  cm) getrimmt, d.h. auf den passenden Durchmesser gebracht und die Höhe abgelängt.

**Resonant-Column-Versuche**

Im RC-Versuch wird eine zylindrische Bodenprobe durch eine elektromagnetisch erzeugte Torsionsschwingung am Antriebskopf

beansprucht. Aus dem Quotienten der durch die eingetragenen Torsionsschwingung wirkenden Schubspannung  $\tau$  und der Scherdehnungsamplitude  $\gamma$  wird der Schubmodul  $G = \tau/\gamma$  ermittelt. Mit dem Versuch lassen sich sowohl der Grundwert des Schubmoduls  $G_0$  als auch die Abnahme des Schubmoduls  $G(\gamma)/G_0$  und die Zunahme des Dämpfungsgrades mit zunehmender Scherdehnung  $\gamma$  bestimmen. Weiterhin konnte durch die Messung der Vertikalverformungen der zylindrischen Probe bei unterschiedlichen Scherdehnungsamplituden  $\gamma$  die Scherdehnungsgrenze  $\gamma_{tv}$  bestimmt werden.

Die Scherdehnungsgrenze  $\gamma_{tv}$  beschreibt nach [14] die Grenze, ab deren Überschreitung in undrainierten Versuchen ein deutlicher Anstieg des Porenwasserdruckes und in drainierten Versuchen eine messbare Akkumulation von bleibenden Verformungen eintritt. Abb. 5 aus [13] zeigt, dass eine geringe, bleibende Verformung auch bei geringer Zyklenzahl ( $N = 2, 4$  und  $8$ ) bei Scherdehnungen von  $\gamma \leq \gamma_{tv}$  auftritt. Dabei werden, bedingt auch durch die Messgenauigkeit der Versuchsgeräte, Datenpunkte mit kleinen bleibenden Dehnungen bis ca.  $\epsilon_{vc} \sim 0,02\%$  zusammengefasst. Dadurch treten auch bei Scherdehnungen von  $\gamma < \gamma_{tv}$  bleibende Verformungen bis zu  $\epsilon_{vc} \sim 0,02\%$  auf.

Beim Nachweis der dynamischen Stabilität entsprechend Ril 836.3001 [2] bzw. der Planungshilfe Weichschichten [3] wird davon

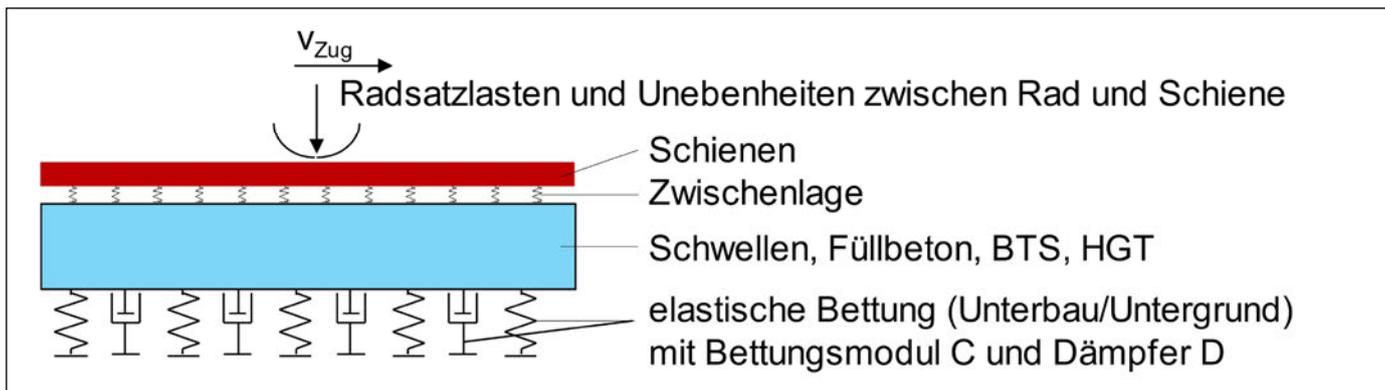


Abb. 3: Gleisdynamisches Modell der FF

Quelle: GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH

ausgegangen, dass bei Einhaltung der Scherdehnungsgrenze  $\gamma \leq \gamma_{lv}$  keine für die Gleislage kritische Akkumulation von Verformungen des Bahnkörperunterbaus auftritt.

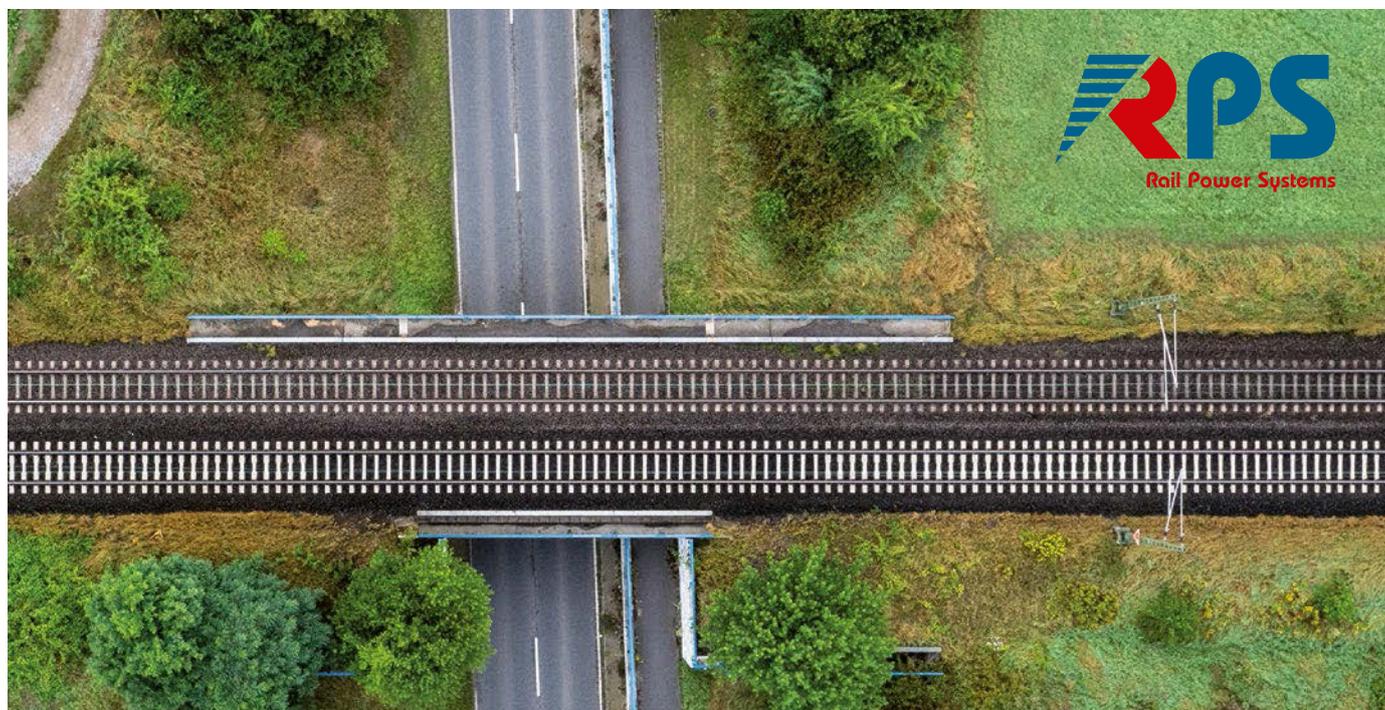
Aufgrund der höheren Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der FF gegenüber dem SO wurde in Abstimmung mit den Projektbeteiligten die Scherdehnungsgrenze so festgelegt, dass sich innerhalb einer Laststufe eine bleibende Dehnung von maximal  $\epsilon_{vc} = 0,01\%$ , d.h. 0,01 mm bei 10 cm Probenhöhe akkumulieren kann. Dieser Wert führt zu deutlich niedrigeren und damit auf der sicheren Seite

liegenden Scherdehnungsgrenzen gegenüber [13] und [14], da

- einerseits nur die Hälfte der bleibenden Akkumulation von  $\epsilon_{vc} = 0,01\%$  gegenüber  $\epsilon_{vc} = 0,02\%$  aus [13] zugelassen wird und
- andererseits die Lastzyklenanzahl N beim RC-Versuch bei einer Resonanzfrequenz der qualifiziert verbesserten Böden in der Größenordnung von ca. 50 Hz und bei ca. 1 Minute Dauer pro Laststufe ca.  $N = 3000$  beträgt, hingegen bei den Einzelscherversuchen [13, 14] die Lastzyklenanzahl maximal  $N = 30$  beträgt.

In Abb. 2 ist die Zunahme der bleibenden Dehnung  $\Delta\epsilon$  mit zunehmender Scherdehnungsamplitude  $\gamma$  für die einzelnen Versuche an qualifiziert verbesserten Lösslehmproben (q10l + QBV) mit unterschiedlichen Zelldrücken (40, 80 und 160 kPa) dargestellt.

Für alle 14 Versuche zeigte sich bis zu einer Scherdehnungsamplitude von  $\gamma \approx 8,0 \times 10^{-5}$  nur eine sehr geringe Akkumulation bleibender Dehnungen von  $\Delta\epsilon < 0,01\%$ . Die Größe des Zelldrucks hat in diesem nichtlinearen, elastischen Bereich keinen wesentlichen Einfluss auf die Größe der Scherdehnungsamplitude.

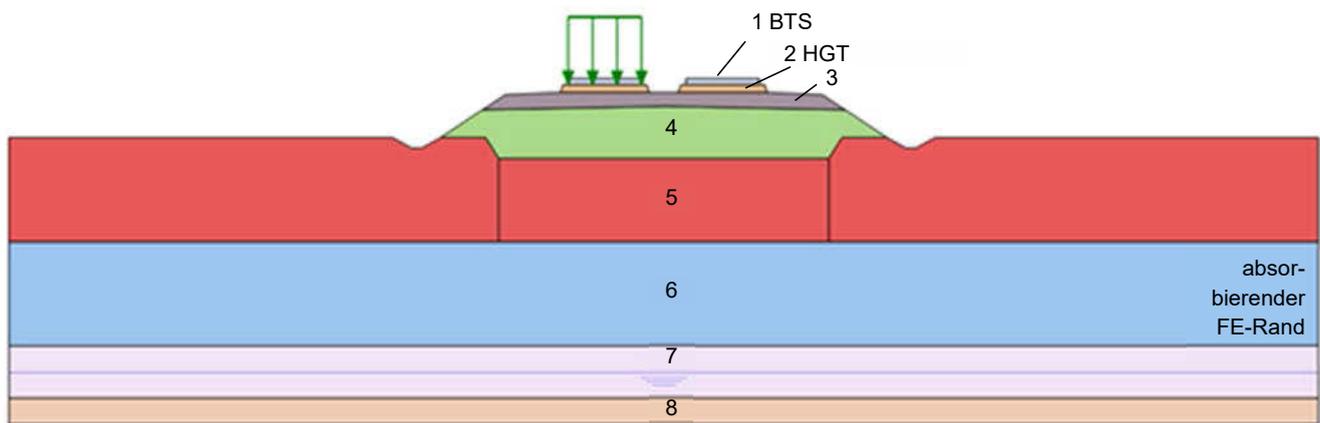


Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik

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

**EXPERTS BY EXPERIENCE**

[www.rail-ps.com](http://www.rail-ps.com)



Nr.	Berechnungsquerschnitt	Dichte $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Scherw.-ges. $c_{s0}$ [m/s]	Komp.-w.-ges. $c_{p0}$ [m/s]	Querdehnzahl $\nu$ [-]	Schubmodul $G_0$ [MN/m <sup>2</sup> ]
3	Frostschutzschicht	2,20	230	430	0,30	116
4	QBV mit Lößlehm	1,94	360	675	0,30	251
5	Lößlehm, w. - st. ( $\leq 6,5$ m)	2,00	170	490	0,43	58
6	Lößlehm, w. - st. ( $> 6,5$ m)	2,00	235	1200	0,48	110
7	Turneriton w4/w5 (stark - vollst. verwittert)	2,00	310	1600	0,32	192
8	Arietenkalk w2/w4 (mäßig - stark verwittert)	2,10	435	845	0,43	397

**Abb. 4:** Bodendynamisches FE-Berechnungsmodell mit Baugrundsichtung und bodendynamischen Kennwerten für den maßgebenden Berechnungsquerschnitt im Dammbereich

Quelle: [24]

Die Scherdehnungsgrenze für den qualifiziert verbesserten Lösslehm ( $q_{l0l} + 3,0$  M.-% Multicrete ST) wurde deshalb mit  $\gamma_{tv} = 8,0 \times 10^{-5}$  festgelegt.

In analoger Weise wurden die Scherdehnungsgrenzen  $\gamma_{tv}$  auch für den unverbesserten Lösslehm ( $q_{l0l}$ ) sowie die drei anderen bindemittelverbesserten Böden

- Umlagerungssediment ( $q_{um}$ ) + 4,5 M.-% Multicrete ST,
- Arietenkalk ( $si1$ ) + 3,0 M.-% Multicrete ST und
- Turneriton ( $si2$ ) + 6,0 M.-% Multicrete ST festgelegt.

### Cross-Hole-Messungen

Bei den Cross-Hole-Messungen wurden zerstörungsfrei in der Sendebohrung sowohl horizontal polarisierte Scherwellen als auch Kompressionswellen ausgelöst. Mit einer mit Schwingungsaufnehmern bestückten Sonde in der Empfangsbohrung wurden die Laufzeiten dieser seismischen Wellen ermittelt. Aus dem Bohrlochabstand von 5,0 m und der gemessenen Laufzeit konnten die Scher- und Kompressionswellengeschwindigkeiten  $c_s$  und  $c_p$  ermittelt werden. Mit der laborativ ermittelten Dichte  $\rho$  wurde anschließend der Grundwert des Schubmoduls ( $G_0 = c_s \times \rho$ ) und des Steifemoduls ( $E_s = c_p \times \rho$ ) bestimmt und die Poissonzahlen  $\nu$  berechnet. Die Anregung

in der Sendebohrung und die Messwerterfassung über die Sonde in der Empfangsbohrung erfolgten dabei jeweils in der gleichen Tiefenlage mit einem vertikalen Messpunktabstand von 0,50 m.

Anhand der sowohl für den Lösslehm als auch für den qualifiziert verbesserten Lösslehm vorliegenden Ergebnisse der Cross-Hole-Messungen und der RC-Versuche konnte festgestellt werden, dass die Grundwerte des Schubmoduls  $G_0$  aus den Cross-Hole-Messungen größer gegenüber den RC-Versuchen waren. Das zeigen auch Erfahrungen aus der Literatur. So ist z. B. in [15] angegeben, dass Cross-Hole-Messungen bis zu einem Faktor 2 – 3 höhere Steifigkeitswerte gegenüber den Ergebnissen von RC-Versuchen liefern.

Ursache hierfür sind

- kleine Störungen des Kornverbandes (Auflösung der Zementation, andere Orientierung der Körner usw.) durch Probenentnahme, Transport und Einbau in den Versuchsstand, die bei kleinen Dehnungen einen besonders großen Einfluss haben,
- der ursprüngliche Spannungszustand im Feld lässt sich im Labor nicht gänzlich wiederherstellen,
- im Labor werden nur kleine Proben untersucht, während im Feld über die Wellenaus-

breitung innerhalb eines ca. 10 m großen Bereiches gemittelt wird (Maßstabeffekt),

- in RC-Versuchen wird mit der Resonanzfrequenz angeregt, hingegen erfolgt bei der Cross-Hole-Messung durch den Impulseintrag im Bohrloch eine Anregung über ein größeres Frequenzspektrum mit Hauptfrequenzen zwischen 100 und 300 Hz.

Die Grundwerte des Schubmoduls aus den Cross-Hole-Messungen sind gegenüber den RC-Versuchen aus den genannten Gründen wirklichkeitsnäher. Allerdings kann die Abnahme des Schubmoduls und die Zunahme der Dämpfung mit zunehmender Scherdehnungsamplitude und die Scherdehnungsgrenzen nur mittels RC-Versuchen ermittelt werden. Cross-Hole-Messungen eignen sich hierfür nicht. Außerdem liegen für die qualifiziert verbesserten Böden

- Umlagerungssediment ( $q_{um}$ ) + 4,5 M.-% Multicrete ST,
- Arietenkalk ( $si1$ ) + 3,0 M.-% Multicrete ST und
- Turneriton ( $si2$ ) + 6,0 M.-% Multicrete ST keine Cross-Hole-Messungen vor, da diese in den Probefeldern nicht vorhanden waren. Aus diesem Grund können hierfür nur die Ergebnisse der RC-Versuche berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung dieser Umstände liegen die auf Basis der RC-Versuche

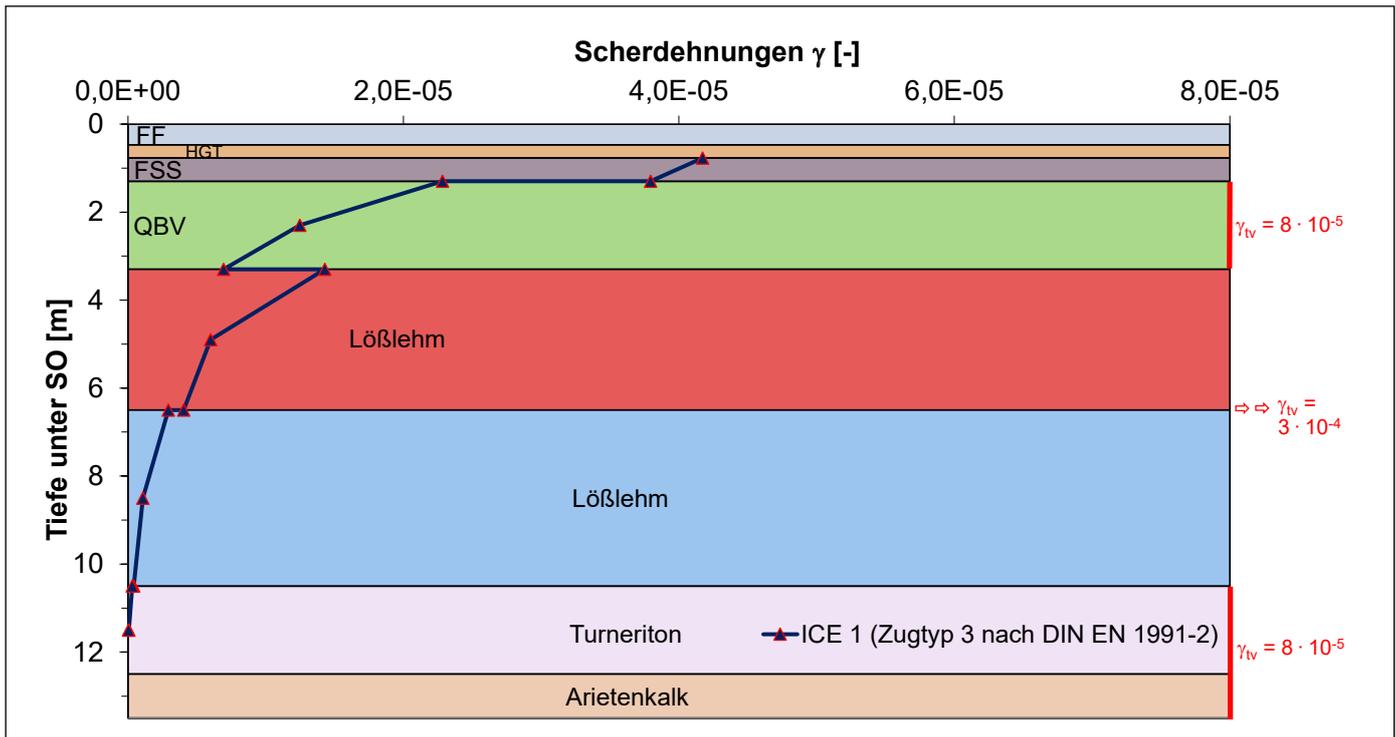


Abb. 5: Vergleich der einwirkenden Scherdehnungen  $\gamma$  mit der Scherdehnungsgrenze  $\gamma_{tv}$  für die einzelnen Bodenschichten im Ergebnis der bodendynamischen Berechnungen Quelle: [24]

abgeleiteten vorsichtigen Mittelwerte auf der sicheren Seite.

**Zusammenfassung der Labor- und Feldversuchsergebnisse**

Aus den Labor- und Feldversuchsergebnissen wurden die in Tab. 1 zusammengestellten bodendynamischen Kennwerte abgeleitet.

**Rechnerischer Nachweis der dynamischen Stabilität**

**Charakteristische Einwirkungen, Gleisdynamische Berechnungen**

Für den rechnerischen Nachweis sind die charakteristischen Einwirkungen nach DIN EN 1991-2 [4] Anhang D festzulegen. Für

die Zuggeschwindigkeit von 250 km/h ist der Zugtyp 3 maßgebend. Dieser Lastansatz entspricht einem ICE 1 mit Triebköpfen mit 20 t Radsatzlasten (RSL) und Mittelwagen. Reine Triebwagenzüge wie ICE 3 oder ICE 4 haben geringere maximale RSL und sind daher beim Ansatz der Bemessungslast nicht maßgebend. Anschließend erfolgen gleisdynamische Berechnungen nach dem Modell des dynamisch belasteten Fahrwegs [18]. Die Schwellen, Betontragschicht (BTS) und hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) werden zu einem Ersatzbalken mit gleicher Biegesteifigkeit wie die einzelnen Elemente als eine Platte mit einem Ersatz-E-Modul  $E_1 = E_{BTS} = 17\,000\text{ MPa}$  und einer Ersatzbreite von  $b_1 = b_{HGT} = 3,30\text{ m}$  zusammengefasst, siehe auch [20].

Die äquivalente Dicke dieser Platte  $h_1$  ergibt sich unter der auf der sicheren Seite liegenden Annahme, dass kein Verbund zwischen BTS und HGT besteht, nach [17] zu

$$h_1 = \left( \frac{E_{BTS} \cdot h_{BTS}^3 \cdot b_{BTS} + E_{HGT} \cdot h_{HGT}^3 \cdot b_{HGT}}{E_{BTS} \cdot b_{BTS}} \right)^{1/3} = 0,303\text{ m}$$

mit:  $b_{BTS} = 2,80\text{ m}$ ,  $h_{BTS} = 0,24\text{ m}$ ,  $E_{BTS} = 34\,000/2 = 17\,000\text{ MPa}$  (E-Modul der BTS im Zustand II),  $b_{HGT} = 3,30\text{ m}$ ,  $h_{HGT} = 0,30\text{ m}$  und  $E_{HGT} = 7500\text{ MPa}$   
 Zur Erfassung des Unterbaus und Untergrundes wird der Ersatzbalken elastisch auf Federn und Dämpfern gebettet. Zur Berücksichtigung der hochelastischen Zwischenlagen werden Federn zwischen Schienen und Ersatzbalken eingeführt (Abb. 3).



## Schranz Bahntechnik GmbH

### Technik für die Feste Fahrbahn

Schranz Bahntechnik ist Spezialist für die Feste Fahrbahn. Mit Einsatz des patentierten HRS-Systems und den dafür gefertigten Einbaumaschinen ist eine Leistung von 200m pro Schicht realisierbar. Mit diesen Innovationen hat die Firma wesentlich zum Erfolg des Projekts Neubaustrecke Wendlingen-Ulm beigetragen.



[www.schranz-bahntechnik.at](http://www.schranz-bahntechnik.at)

	Lösslehm (q10l)	Lösslehm (q10l) + 3,0 M.-% Multicrete ST	Umlagerungs-sedi-ment (qum) + 4,5 M.-% Multicrete ST	Arietenkalk (si1) + 3,0 M.-% Multicrete ST	Turneriton (si2) + 6,0 M.-% Multicrete ST
G0 [MN/m <sup>2</sup> ]	60	250	450	250	250
γ <sub>0,7</sub> [-]	2,0 · 10 <sup>-4</sup>	1,0 · 10 <sup>-4</sup>	6,0 · 10 <sup>-4</sup>	1,0 · 10 <sup>-4</sup>	4,0 · 10 <sup>-4</sup>
γ <sub>tv</sub> [-]	3,0 · 10 <sup>-4</sup>	8,0 · 10 <sup>-5</sup>	1,0 · 10 <sup>-4</sup>	1,3 · 10 <sup>-4</sup>	7,0 · 10 <sup>-5</sup>

Tab. 1: Zusammenstellung der bodendynamischen Kennwerte aus den Labor- und Feldversuchen

**Bodendynamische Berechnungen**

Abb. 4 zeigt das Berechnungsmodell für den maßgebenden Dammquerschnitt mit den einzelnen Baugrundsichten und den zugehörigen bodendynamischen Kennwerten. Die Berechnungen erfolgten als dynamische 2D-FE-Berechnung (FE – Finite Elemente) mit Berücksichtigung von Massenträgheitskräften und der Wellenausbreitung mit dem FE-Programm PLAXIS [21]. Die Last- und Schwingungsausbreitung in der dritten Dimension wird über eine entsprechende Lastverteilung in der Bahnlängsrichtung nach Anlage 6 der Planungshilfe [3] erfasst.

Die Steifigkeit (der Schubmodul) des qualifizierten verbesserten Lösslehms ist ca. viermal so groß wie die des unverbesserten Lösslehms. Die Kennwerte wurden als vorsichtige Mittelwerte auf Basis der Cross-Hole-Messungen und RC-Versuche abgeleitet. Mit zunehmender Tiefe nimmt auch die Steifigkeit des Bodens zu. So weist z. B. Lösslehm in größerer Tiefe eine höhere Steifigkeit als der Lösslehm direkt unter der qualifizierten Bodenverbesserung auf.

**Nachweis der dynamischen Stabilität und der Gebrauchstauglichkeit**

Für den Nachweis der dynamischen Stabilität ist der Vergleich der einwirkenden Scherdehnungen γ mit den Scherdehnungsgrenzen erforderlich. Die einwirkenden Scherdehnungen wurden nach [5] und [19] vereinfacht aus dem Quotienten der effektiven Schwinggeschwindigkeit  $\tilde{v}_{F,max}$  und der Scherwellengeschwindigkeit  $\tilde{v}_{\gamma} \approx \tilde{v}_{F,max}$  ermittelt.

In Abb. 5 ist der Verlauf der einwirkenden Scherdehnung über die Tiefe dargestellt. Das Diagramm zeigt, dass in allen Schichten die einwirkenden Scherdehnungen kleiner als die Scherdehnungsgrenzen sind. Im Lösslehm unterhalb der qualifizierten Bodenverbesserung sind die Scherdehnungen deutlich kleiner als die Scherdehnungsgrenzen, sodass sich hier definitiv keine bleibenden Verformungen infolge der dynamischen Belastung akkumulieren werden.

Es können jedoch Restsetzungen infolge Konsolidierung des Untergrundes durch das Eigengewicht eintreten. Hierfür erfolgte ein separater Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bzw. eine Zeit-Setzungs-Berechnung. Mit dieser wurde nachgewiesen, dass nach dem Einbau der FF, nach einer entsprechend langen Liegezeit des Dammes die Gesamtrestsetzungen (Restset-

zungen infolge Konsolidierung des Untergrundes und Eigensetzungen des Dammes entsprechend Ril 836.3001 Abs. 4 (2) [2] nicht mehr als 15 mm betragen. Ein Beispiel für eine Setzungsberechnung unter der FF ist im Kapitel 6.9.1 des Handbuchs Erdbauwerke [16] enthalten. Das tatsächliche Setzungsverhalten der Dämme wurde anhand von geodätischen Messpunkten auf OK Damm beobachtet und bewertet.

Als zweites Kriterium des Nachweises ist ein ausreichender Abstand vom Resonanzfall erforderlich. Entsprechend der Planungshilfe Weichschichten [3] muss die Zuggeschwindigkeit ≤ 50 % der Rayleighwellengeschwindigkeit betragen. Im Ergebnis der gleisdynamischen Berechnung wurde eine Rayleighwellengeschwindigkeit von 558 km/h bestimmt. Mit der Zuggeschwindigkeit von 250 km/h ergibt sich ein Wert  $\alpha = 0,45 \leq 0,50$ , d.h. das zweite Nachweiskriterium ist ebenfalls erfüllt.

**Messtechnische Untersuchungen**

Nach Ril 836.3001 Abs. 5 (1) [2] sind die Nachweise durch zusätzliche messtechnische Untersuchungen und Bewertungen während der Betriebsphase zu bestätigen. Entsprechend den Auflagen der UiG [9] und ZIE [11] sind Schwingungsmessungen während der Hochstastfahrten vorgesehen. Die dafür notwendigen Schwingungsaufnehmer wurden bereits während der Erdbauarbeiten in fünf verschiedenen Ebenen

- unter der Frostschuttschicht,
- im oberen und unteren Bereich des qualifizierten verbesserten Dammkörpers und
- im anstehendem Lösslehm

eingebaut. Die Kabel der Schwingungsaufnehmer wurden in einem Betonschacht DN 1000 außerhalb des Gefahrenbereiches der Gleise gesammelt und gesichert. Zusammen mit weiteren, im Bereich des Oberbaus anzuordnenden Schwingungsaufnehmern kann zum Zeitpunkt der Hochstastfahrten die tatsächliche dynamische Belastung der Fahrbahn und des Bahnkörperunterbaues messtechnisch ermittelt werden.

**Zusammenfassung und Schlussbemerkungen**

Für die Erdbauwerke und den aus qualifiziert verbesserten Böden bestehenden Unterbau der zweigleisigen Strecke mit FF des PFA 1.4 der NBS Stuttgart 21 – Wendlingen–Ulm mit Hochgeschwindigkeitsverkehr bis 250 km/h waren rech-

nerische Untersuchungen zum Nachweis der dynamischen Stabilität erforderlich. Die für die Nachweise notwendigen bodendynamischen Kennwerte wurden auf der Basis umfangreicher Labor- und Feldversuche in zwei Probefeldern bestimmt. Die Herstellung der Probefelder erfolgte jeweils in einem repräsentativen Damm- bzw. Einschnittsprofil.

In beiden maßgebenden Querschnitten waren sowohl für die im Untergrund anstehenden Böden als auch für vier verschiedene, qualifiziert verbesserte Boden-Bindemittelgemische mit Bindemittelgehalten von 3,0 - 6,0 M. %, die im PFA 1.4 auf der freien Strecke eingebaut wurden, die ermittelten Scherdehnungen kleiner als die jeweils aus den RC-Versuchen ermittelten Scherdehnungsgrenzen. Es kommt somit zu keiner nennenswerten Akkumulation von bleibenden Verformungen infolge der Verkehrsbelastung durch Zugüberfahrten. Weiterhin konnte ein ausreichend großer Abstand zwischen der Zuggeschwindigkeit  $v_{Zug}$  und der Rayleighwellengeschwindigkeit  $c_r$  nachgewiesen werden ( $v_{Zug}/c_r \leq 0,50$ ), sodass keine Resonanzgefahr besteht. Auf Basis der Ergebnisse der durchgeführten Labor- und Feldversuche sowie der Erkenntnisse über vorhandene Reserven bei der rechnerischen Nachweisführung wird eingeschätzt, dass für künftige Projekte mit FF eine Bewertung der dynamischen Stabilität ausreichend ist, wenn die erdbautechnischen Regelanforderungen der Ril 836 eingehalten werden, d.h. in diesem Fall ist kein gesonderter rechnerischer Nachweis der dynamischen Stabilität erforderlich. ■

**QUELLEN**

[1] DB Netz AG: Richtlinie 820.2020, Ausrüstungsstandard Feste Fahrbahn für Gleise und Weichen, gültig ab 15.03.2018  
 [2] DB Netz AG: Richtlinie 836, Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999a einschließlich 1. - 8. Aktualisierung, gültig ab 01.05.2022  
 [3] DB Netz AG, I.NVT 42: Planungshilfe: Eisenbahnstrecken mit Schotteroberbau auf Weichschichten, Untersuchungen zur dynamischen Stabilität „Rechnerisches Verfahren“, 3. Ausgabe, 31.03.2018  
 [4] DIN EN 1991-2 (2010-12), Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken; Deutsche Fassung EN 1991-2:2003 + AC:2010, Beuth Verlag Berlin, 2010  
 [5] DIN 45672-2 (2020-11), Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Auswerteverfahren, 2020  
 [6] ARGE Baugrunderdynamik Movente + GEPRO: Nachweis der dynamischen Stabilität, NBS Stuttgart 21 – Wendlingen – Ulm, PFA 1.4 Filderbereich bis Wendlingen, 30.11.2010 ergänzt am 31.05.2011, unveröffentlicht  
 [7] ARGE Baugrunderdynamik Movente + GEPRO: Anforderungen an die Bodenkennwerte sowie Labor- und Feldversuchsprogramm; 15.09.2011, unveröffentlicht  
 [8] DB Netz AG: TM 2010-1198a - I.NVT 4 (K), Stuttgart 21 und Wendlingen Ulm PFA 1.4 Erdbaukonzept zur Herstellung bindemittelstabilisierter Erdbauwerke (qualifizierte Bodenverbesserung), 27.05.2010, unveröffentlicht  
 [9] DB Netz AG: TM: 3-2014-10762.I.NVT 4: "3-2014-10762.I.NVT 4 zu Ril 836:

3001-3-(4) Dynamische Stabilität NBS Stuttgart-Wendlingen-Ulm, PFA 1.4, Teilbereich von PFA 2.1a/b Nachweis der dynamischen Stabilität des Unterbaus/Untergrundes", 22.09.2014, unveröffentlicht

[10] Kempfert Geotechnik GmbH, Dr. Raitzel: Geotechnischer Bericht (Bericht Nr. 1), Az. Wü596.015, Würzburg, vom 07.05.2015, unveröffentlicht

[11] Eisenbahn-Bundesamt: Stuttgart – Ulm, S21, PA 1.4, km 15,311 bis km 25,200, 21.42-21izbie/010-2101#003-(108/15-ZIE) vom 27.05.2015, unveröffentlicht

[12] Vinci Construction Terrassement Deutschland GmbH: Abschlussbericht zum Nachweis der dynamischen Stabilität des Bahnkörpers im PFA 1.4, 23.06.2020 einschließlich Ergebnisberichte der FUGRO Germany Land GmbH über die Probefelder Damm km 17,720 bis km 17,870 und Einschnitt km 16,750 bis km 16,815 mit Kernbohrungen und Cross-Hole-Messungen und Ergebnisberichten über die RC-Versuche der Ruhr-Universität Bochum und der TU Berlin, unveröffentlicht.

[13] Hsu, C.-C.; Vucetic, M.: Volumetric Threshold Shear Strain for Cyclic Settlement; ASCE, J. of Geot. Eng. 130, Nr.1; 2004

[14] Vucetic, M.: Cyclic threshold shear strains in soils, Journal of Geotechnical Engineering Vol. 120, pp. 2208 - 2228, No. 12/1994

[15] Studer, J. A.; Koller, M. G.: Bodendynamik; Grundlagen, Kennziffern, Probleme, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997

[16] Göbel, C.; Lieberenz, K.; Weisemann, U. (Hrsg.): Handbuch Erdbauwerke der Bahnen, Planung – Bemessung – Ausführung – Instandhaltung – Ertüchtigung, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, GRT Global Rail Academy and Media GmbH, 2022

[17] Eisenmann, J.; Leykauf, G.: "Feste Fahrbahn für Schienenbahnen", aus Beton-Kalender 2000, Abschnitt 3, S. 298 - 315, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften Berlin, 2000

[18] Fryba, L.: Vibrations of Solids and Structures under Moving Loads; 3. Auflage (1999), Verlag Telford Verlag London

[19] Hu, Y.; Gartung, E.; Prühs, H.; Müllner, B.: Bewertung der dynamischen Stabilität von Erdbauwerken unter Eisenbahnverkehr, Geotechnik 26, Heft 1, 2003

[20] Lieberenz, K.; Vehlou, A.; Vogt, L.; Wegener, D.: Zum Nachweis der dynamischen Stabilität bei NBS mit Fester Fahrbahn am Bsp. der VDE 8.2, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau (62), 12/2013, S. 32 - 39

[21] Plaxis, Connect Edition V21.00, General Information Manual, 01.12.2020, Plaxis bv, Bentley Systems, Incorporated

[22] Neidhart, T.; Fischer, R.; Hotz, C.; Johmann, S.: Optimierung des Unterbaus der Festen Fahrbahn – Messtechnische Überprüfung unter Betrieb; Fachtagung "BahnBau 2002", Berlin, September 2002

[23] Neidhart, T.; Wegener, D.; Kind, B.; Dürrwang, R.: DyStaFiT – Großversuch zum Nachweis der dynamischen Stabilität des Eisenbahnunterbaus und Optimierung von Bodenverbesserungsmaßnahmen, Vortragsband zur Baugrundtagung 2014, S. 315 - 324

[24] GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH: Nachweis der dynamischen Stabilität des Unterbaus und des Untergrundes unter der Festen Fahrbahn; 24.08.2021, unveröffentlicht

**VDEI** Fachausschuss

GEOTECHNIK



**Dr.-Ing. Dirk Wegener**  
 Projektingenieur / Projektleiter  
 GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH,  
 Dresden  
 dirk.wegener@gepro-dresden.de



**Prof. Dr.-Ing. Thomas Neidhart**  
 Lehrgebiete Geotechnik + Bahnbau  
 Ostbayerische Technische Hochschule,  
 Regensburg  
 thomas.neidhart@oth-regensburg.de



**Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Stephan Jung**  
 Technisches Projektmanagement  
 Flughafenbindung  
 DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,  
 Stuttgart  
 stephan.st.jung@deutschebahn.com



**Dipl.-Ing. Christian Hotz**  
 Leiter Geotechnik  
 Vinci Construction Terrassement  
 Deutschland GmbH, Berlin  
 christian.hotz@vinci-construction.com

Nachhaltige Mobilität vorantreiben?  
**Genau unsere Schiene!**

Pack mehr **Ramboll\*** in Dein Leben  
 und steig jetzt als Expert:in im Bereich  
 Rail ein!



Bright ideas.  
 Sustainable change.

INVITING  
 BRIGHT MINDS

\*Dänisch für:  
**innovative Verkehrsprojekte**

Besuch uns auf der InnoTrans:  
 CityCube, Halle B, Stand 320

[www.ramboll.de/karriere](http://www.ramboll.de/karriere)

# Mixed-in-Place-Fahrwegtiefergründung

Bahndammertüchtigung mit einer geogitterbewehrten Lastverteilungsschicht auf im Bodenmischverfahren hergestellten vertikalen Traggliedern



Abb. 1: Eindruck der Strecke vor der Baumaßnahme im Februar 2019

## KARSTEN BECKHAUS

**Auf der Bahnstrecke 5060 bei Vilseck in Bayern waren drei bis zu 14 m hohe Dammabschnitte aufgrund anhaltender Verformungen zu ertüchtigen und Maßnahmen zur Erhöhung der Böschungsstandsicherheit und Verbesserung des Dammkörpers erforderlich. Bauer Spezialtiefbau hat eine Fahrwegtiefergründung mit Mixed-in-Place (MiP)-Traggliedern und Krafteinleitung über ein darüber liegendes geotechnisches Flächentragwerk ausgeführt. Diese vom Eisenbahn-Bundesamt (EBA) zugelassene Bauart erlaubte u. a. den Verzicht auf die ursprünglich vorgesehene Vernagelung der Dammböschung. Erfolgsgaranten waren die Bauleistung in kurzer Zeit und die zeitnahe Anpassung der Mischungsrezeptur an die örtlichen Verhältnisse, damit weniger Zementverbrauch und so eine günstigere CO<sub>2</sub>-Bilanz der Gesamtmaßnahme.**

### Projektübersicht

Die rund 50 km lange Bahnstrecke 5060 Neukirchen-Weiden, eine Abzweigung der Strecke Nürnberg-Schwandorf, ist bereits seit 1875 in Betrieb und seit 1973 „Hauptbahn“. Seit 2016 waren keine Neigtechnik- und keine Güterzüge

mehr zugelassen, vor allem aufgrund großer Setzungen im Aufbau der drei Bahndämme in den Bereichen km 12,150–13,000, 13,900–14,250 und 17,170–18,200 im Streckenabschnitt Neukirchen-Vilseck.

Die nicht elektrifizierte, eingleisige Strecke 5060 war außerdem von Streckenklasse D4 auf A reduziert, und die zulässige Höchstgeschwindigkeit betrug nur 110 km/h. Für die Ertüchtigung der Bahnstrecke plante die DB Netz AG (DB Netz) die dafür notwendige Instandsetzung der drei Dammabschnitte. In Abb. 1 sind die stark bewachsenen Böschungen im Bauabschnitt im Hintergrund sichtbar.

Die Dammhöhen der Dämme 1 und 2 betragen zwischen 1,5 m und 14,4 m. Die Neigung der Dammböschungen beträgt im Mittel ca. 1:1,7 und lokal bis zu 1:1,2. Diese Dammabschnitte enthalten mehrere Eisenbahnüberführungen und Durchlässe. Damm 3 hat eine Dammhöhe zwischen 8 m und 11 m, und die Dammböschungen haben eine Neigung von maximal ca. 1:1,2. Hier fließt die Vils direkt am Dammfuß, und auch dieser Dammabschnitt enthält eine Eisenbahnüberführung und einen Durchlass.

### Grundlagen und Vorplanung der Instandsetzung

Die Dammböschungen wurden hinsichtlich der Verformungen seit 2008 mit geodätischen Messpunkten überwacht. Es wurden Setzungen der Dammkrone und Spreizbewe-

gungen der Dammböschungen ausgewiesen. Als Ursachen für die Dammböschungsbewegungen wurden die für das verbaute Dammschüttmaterial zu steilen Dammböschungen und grundsätzlich ungeeignetes Material zur Dammschüttung benannt. Die Schichten des Untergrundes wurden an den Bewegungen der Dammabschnitte als nicht beteiligt beurteilt.

Im Rahmen der Vorplanung wurde eine Matrix der möglichen Instandsetzungskonzepte mit Standsicherheitsberechnungen erstellt. Die Auswahlkriterien betrafen weiter die

- Genehmigungsfähigkeit (genormte oder zugelassene Verfahren)
- Auswirkungen auf die Bauleistung (Vollsperrung)
- Erfüllung aller statischen Nachweise (Standicherheit und Gebrauchstauglichkeit)
- kurze Ausführungszeit während der Vollsperrung Ende April bis Anfang August 2019
- Beachtung der tlw. erschwerten Zugänglichkeit der Dammböschungen.

Als Vorzugsvariante wurde zunächst eine Rüttelstopfverdichtung zur Ertüchtigung des Dammkörpers in Verbindung mit einer Vernagelung der Dammböschungen sowie bereichsweise einer aufgelösten Bohrpfehlwand zur Sicherung der Dammböschungen vorgeschlagen (Abb. 2). Im Zuge der nachfolgenden Entwurfsplanung und nach ergänzenden Erkundungen mit abgeleiteten objektspezifi-

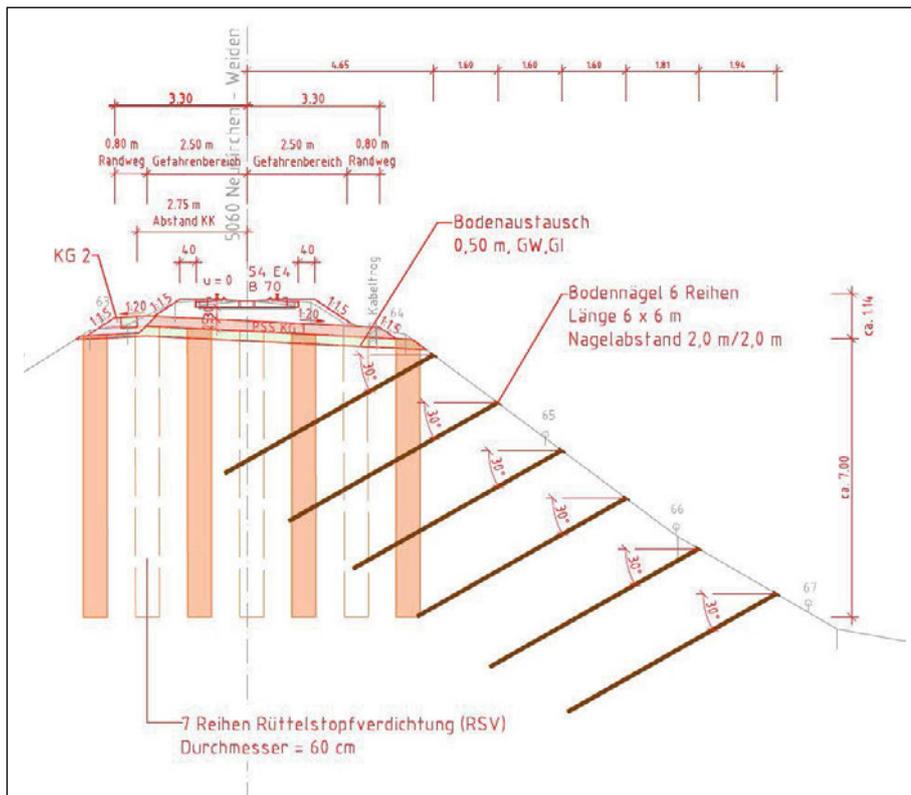


Abb. 2: Ursprüngliche Variante mit Vernagelung der Böschungen Quelle: Ausschreibungsunterlagen

schen Bodenkennwerten wurden gegenüber der Vorplanung Anpassungen vorgenommen, wobei im Wesentlichen die Rüttelstopfverdichtung bis zu den tragfähigen Schichten reichen sollte, die abschnittsweise vorgesehene Bohrpfahlwand durch Böschungsvernagelung ersetzt wurde und die Abschnitte mit Rüttelstopfverdichtung und Böschungsvernagelung auf der Grundlage der Standsicherheitsberechnungen angepasst wurden. Für diese Variante 2 wurde eine unternehmensinterne Genehmigung der DB Netz eingeholt. Durch den Wegfall der aufgelösten Bohrpfahlwand war keine Zustimmung im Einzelfall des EBA erforderlich.

Wegen der absehbar engen Zeitschiene und der Absicherung der bauaufsichtlichen Genehmigungsfähigkeit wurde schon im Vorfeld der Vergabe der geotechnische Prüfsachverständige eingebunden. Ziel war die Vergabe der Ausführungsplanung zusammen mit den Bauleistungen. Entsprechend bezog sich die Ausschreibung auf die Rüttelstopfverdichtung und Böschungsvernagelung.

**Sondervorschlag und Ausführungsplanung**

Tatsächlich beauftragt wurde ein Sondervorschlag mit Planung und Ausführung von im MiP-Verfahren hergestellten Gründungselementen und einer darüber liegenden geogitterbewehrten Tragschicht (Abb. 3).

Ein Genehmigungsvorbehalt entfiel für diese Bauart als Fahrwegtiefergründung. Seit 2017 liegt die Zulassung zur Betriebserprobung

und seit 2022 die „Zulassung für das Bauer Mixed-in-Place-Verfahren (MIP-Verfahren) als Fahrwegtiefergründung für den Einsatz bei den Eisenbahnen des Bundes als Bauart nach Modul 836.4203, Abschnitt 1(2)“ [1] vor. Diese Zulassung des EBA nimmt in wesentlichen Teilen Bezug auf die bestehende und erstmals 2002 vom Deutschen Institut für Bautechnik erteilte allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des MIP-Verfahrens [2]. Diese inzwischen als „allgemeine Bauartgenehmigung“ titulierte Baubestimmung macht Festlegungen für die

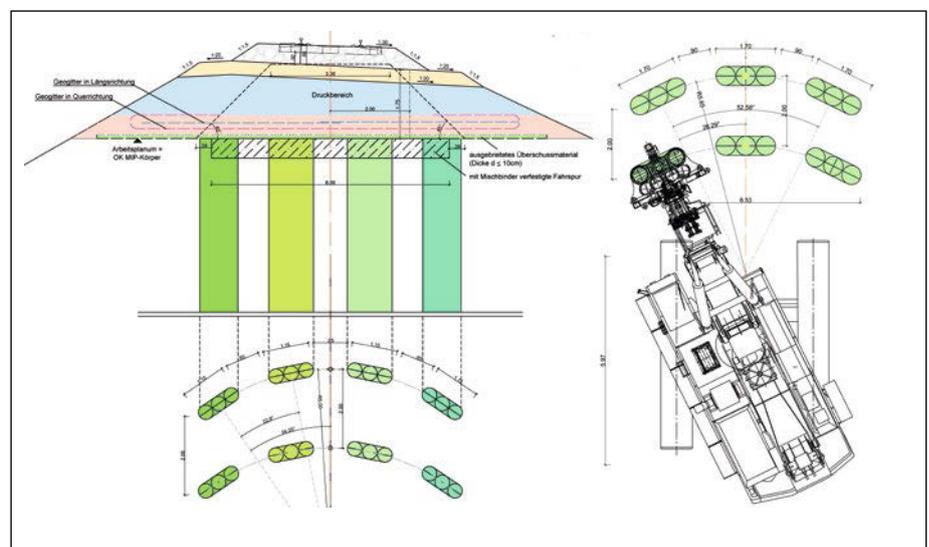


Abb. 3: Regelquerschnitt zum Sondervorschlag mit vier oder drei hergestellten MIP-Elementen aus jeweils einer Gerätstellung in Dammmittelachse

Planung, Ausführung und Qualitätssicherung der unbewehrten MIP-Elemente. Diese werden als Einzelsäulen mit Ein- oder Dreifachschnecke oder auch als MIP-Körper, kombiniert aus Einzelsäulen, hergestellt. Weiter liegt mit der Nr. PF-2022-00145 eine Produktfreigabe der DB Netz vor, welche die Anwendung der o.g. Bauart in allen Organisationsbereichen der DB Netz erlaubt und die beiden o.g. Zulassungen verbindlich in Bezug nimmt.

Ein großer Vorteil der scheibenartigen Verstärkung des Dammkörpers war die Entlastung der standsicherheitsgefährdeten Böschungen und das dadurch entfallene Erfordernis der Vernagelung. Da auch die dynamische Beanspruchung der Böschungen während der Bauzeit und damit deren vorlaufende Sicherung wegfiel, vereinfachte diese Variante auch den ohnehin komplexen Bauablauf der Arbeitsgemeinschaft Joseph Hubert und Bauer.

Im Rahmen der Ausführungsplanung wurden die MIP-Elemente und das Geogitterpolster als geotechnisches Flächentragwerk auf Tiefergründungselementen bemessen. Die Lastentragung erfolgt dabei über Gewölbe auf eine punktförmige Stützung des Erdkörpers mit einer elastischen Membran als „Bewehrung“ zur Gewölbeaktivierung. Gemäß Zulassung wurde das Berechnungsverfahren nach den Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen – EBGEO [3] angewandt, wobei der tatsächlich annähernd rechteckige Querschnitt der einzelnen MIP-Tragelemente auf eine äquivalente Kreisfläche umgerechnet wurde. Die außerdem bogenförmige (in der Draufsicht von Abb. 3 erkennbare) Anordnung der Elemente wurde für die geotechnischen Nachweise der Ausführungsplanung auf eine gerade Linie projiziert.

Diese kreisförmige Anordnung war Basis der Ausführungsplanung und folgte der planerischen Vorgabe, die großen Baumaschinen zur



**Abb. 4:** Arbeitsebene mit eingebauten MIP-Elementen und ausgelegten Geogittern, vor dem Einbau der Lastverteilungsschicht

Herstellung der MIP-Elemente mittig über der Längsachse des Dammkörpers zu bewegen, um die unvermeidbare Belastung der Dammböschungen zu minimieren. Die ausreichende bauzeitliche Böschungsstandsicherheit konnte mit einer 50 cm dicken bindemittelverbesserten Tragschicht unterhalb der 6 m breiten Fahrspur nachgewiesen werden.

Für das Material der MIP-Tragglieder ergab die statische Berechnung eine erforderliche charakteristische Druckfestigkeit von 2 MPa. In den Dammabschnitten variierten die Tiefen und Abstände der MIP-Elemente, die mit 40 cm und 55 cm in zwei unterschiedlichen Durchmessern ausgeführt wurden.

Im Rahmen der Nachweisführung für die Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit hat Bauer weitere Setzungs- und erdstatische Berechnungen durchgeführt. Gemäß den Vorgaben der Zulassung wurden die Standsicherheitsnachweise mit analytischen Berechnungen gemäß EBGEO [3] angestellt, während die Setzungsrechnungen realistisch nur numerisch, an einem 3D-Finite-Elemente-Modell im Programm Plaxis untersucht werden konnten.

Die Flächenlast betrug  $52 \text{ kN/m}^2$  auf 3 m Breite auf Höhe der Unterkante Gleisschotterbett. Der Aufbau des geotechnischen Flächentragwerks wurde mit einer Tragschichtdicke von

insgesamt mindestens 1,75 m inklusive der Planumsschutzschicht (PSS) geplant. Dabei konnten 10 cm durch Mehrmenge aus der MIP-Herstellung verwendet werden. Es wurden, auf jeweils 15 cm mineralischer Bettungsschicht, zwei Lagen Geogitter mit einer charakteristischen Kurzzeitfestigkeit von 400 kN/m (Fortrac R 400/T80-30 T der Fa. Huesker) verlegt, wobei das Gitter mit der Haupttragwirkung in Querrichtung unten und das mit Längstragwirkung oben verlegt wurde.

#### Ausführungsaspekte

Die Sperrpause betrug 102 Kalendertage. In dieser Zeit wurden folgende Arbeiten ausgeführt (Abb. 4):

- Ausbau Gleise und Gleisschotter
- Abtrag Dammkrone
- zementverfestigte Arbeitsebene
- die Herstellung der Tiefgründung mit in Summe rd. 2700 MIP-Elementen und
- der Einbau der Lastverteilungsschicht mit in Summe  $50\,000 \text{ m}^2$  Geogitter
- Wiederaufbau Damm
- Einbau Gleisschotter und Gleise.

Im Vorfeld der Herstellung der MIP-Elemente waren zunächst vorbereitende Eignungsprüfungen im Labor notwendig. Dazu wurden Bodenmischversuche mit Originalboden und Zementsuspension durchgeführt. Neben der

Ermittlung des zur Verflüssigung des Bodens erforderlichen Suspensionsanteils wurde als wesentlicher Einflussparameter der effektive Zementgehalt im Bodenmörtel variiert.

Grundsätzlich werden möglichst repräsentative Bodenproben für die Eignungsprüfungen verwendet. Da die damit erzielten Laborergebnisse nur einen limitierten Bereich innerhalb der erwartungsgemäßen Streubreite im Feld abdecken, wird die Mischungszusammensetzung in Bezug auf die maßgebende Nachweisgröße (meistens die Festigkeit) mit einem entsprechenden Vorhaltemaß belegt. Entsprechend kann es Sinn machen, einen unteren und oberen Wert innerhalb der Bandbreite für den erwarteten Zementgehalt für die nach 28 Tagen nachzuweisende Festigkeit abzurufen, um später über eine Interpolation den für die Bauausführung empfohlenen Startwert zu bestimmen (Abb. 5). Bei der Eignungsprüfung wurde u.a. die Abhängigkeit von Konsistenz und Wassergehalt des Bodens auf die „Mischeignung“ des produzierten Bodenmörtels beachtet, die sich auf die erforderliche Einbaumenge der Suspension auswirken. Über die gegenseitige Beeinflussung des Zementgehalts in der Suspension auf die Konsistenzsteuerung einerseits und auf die Festigkeit andererseits ergibt sich ein iterativer Prozess zur Ermittlung der Mischungszusammensetzung, wenn nicht auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann.

An gesondert hergestellten zylindrischen Probekörpern wurden die Festigkeiten zudem zu verschiedenen Zeitpunkten geprüft. Ziel war dabei, auch die zeitliche Entwicklung der Festigkeit zu ermitteln. In Analogie zur Bontechnologie ist die qualitative Festigkeitsentwicklung bekannt. Aus den Erfahrungen mit Dichtwandsuspensionen und -betonen ist auch der jeweilige Einfluss eines vergleichsweise hohen Wasserzementwerts (statt  $w/z \leq 0,6$ ) und der hier verwendeten bindigen Böden (statt granularer Gesteinskörnung mit stetiger Sieblinie) bekannt. Solche erweiterten Eignungsprüfungen wurden hier als sinnvoll erachtet, weil insbesondere sehr feinkörnige Böden eine chemische Affinität zur Zementreaktion aufweisen können und ein möglicher positiver Einfluss auf die Festigkeit aufgrund der spezifischen Mineralogie in pragmatischer und direkter Weise am besten durch Materialprüfungen gezeigt werden kann.

Während der Bauausführung wurden im Zuge der Qualitätssicherung umfangreiche Prüfungen durchgeführt. Außerdem wurden 7-Tage-Festigkeitsergebnisse ermittelt. Aus der für die spezifischen Bodenverhältnisse bekannten Festigkeitsentwicklung waren eine zuverlässige Prognose der Festigkeit nach 28 bzw. 56 Tagen und damit zu einem frühen Zeitpunkt eine quantifizierte Anpassung der Mischungsrezeptur möglich. Tatsächlich waren die mit dem Startwert der Zementmenge erzielten Festigkeiten im Feld durchgehend deutlich höher als in der Eignungsprüfung, sodass der

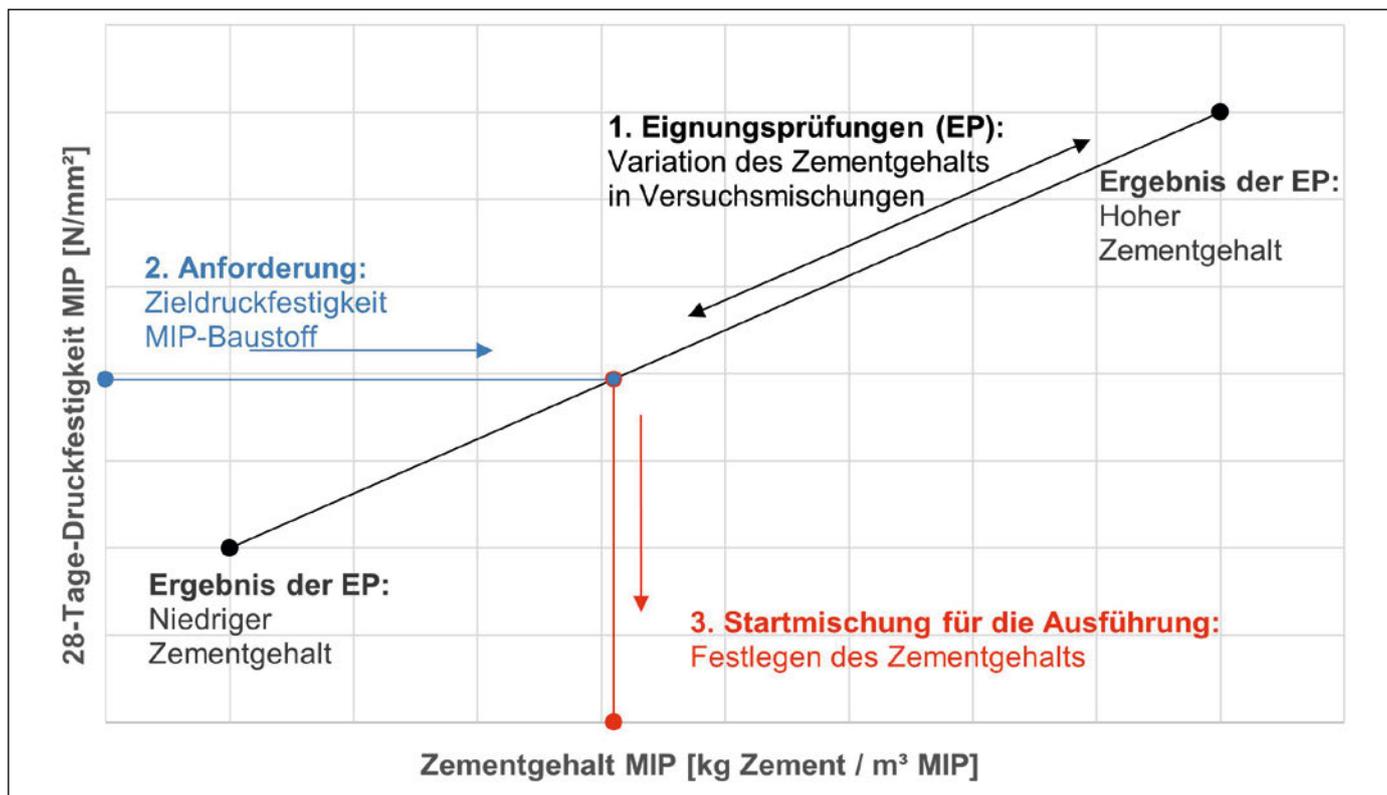


Abb. 5: Sondervorschlag Ansatz zur Bestimmung des Startwerts für den erforderlichen Zementgehalt des MIP-Materials

Zementgehalt unmittelbar reduziert werden konnte. Als Ursachen für die Abweichung von der Eignungsprüfung kommt beispielsweise ein in-situ geringerer Wassergehalt des bindigen Bodens in Frage.

**Nachhaltigkeit**

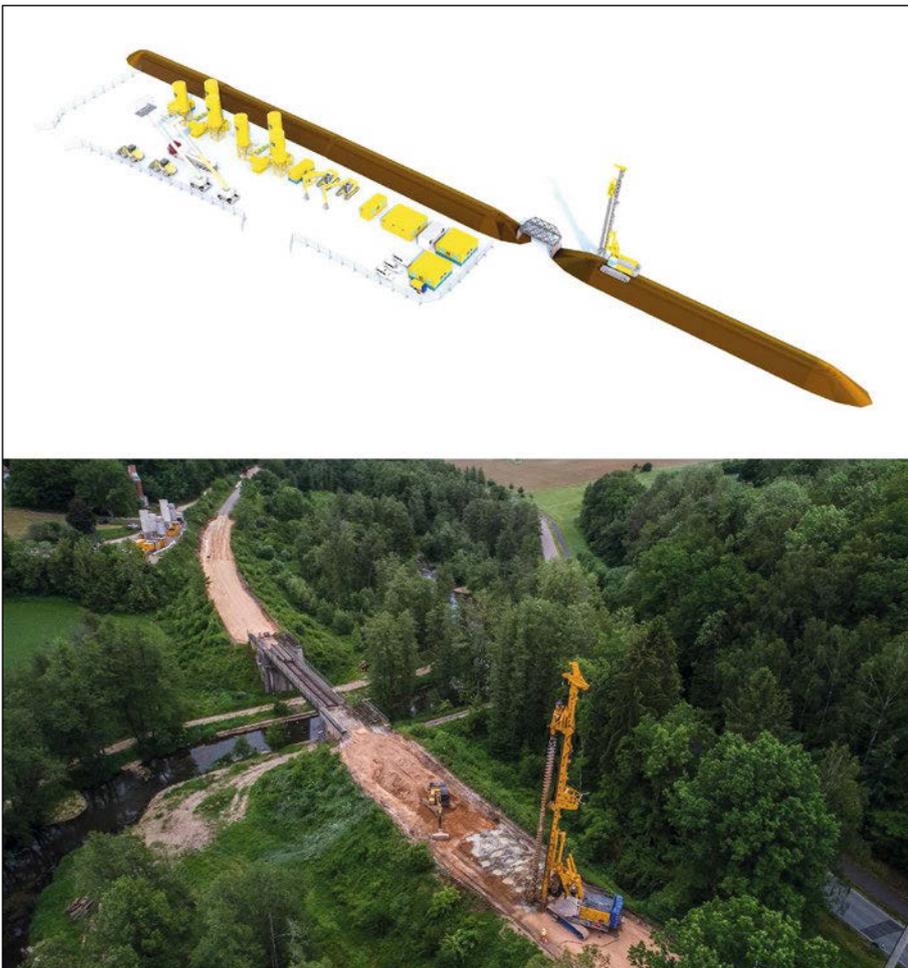
Eine nachhaltige Baustelle ist im Kontext der 17 Ziele zur nachhaltigen Entwicklung der Vereinten Nationen wohl vor allem unter dem Aspekt des Klimaschutzes zu betrachten. Für eine gegebene Bauaufgabe bestehen dabei verschiedene Möglichkeiten der Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Für die Optimierung von Bauabläufen oder die Vermeidung von Ressourcenverschwendung und Fehlern können bereits heute und werden in Zukunft verstärkt digitale Methoden zum Einsatz kommen [4]. Weiter sind es unter anderem die in diesem Beitrag gezeigten Möglichkeiten beim Bauentwurf und der damit in der Regel verknüpften Verfahrensauswahl, die sich direkt auf die Nachhaltigkeit auswirken. Von der Ausführungsvariante hängen wiederum die Möglichkeiten bei der Stoffauswahl und beim Materialeinsatz ab. Und neben der globalen Auswirkung durch Treibhausgasemissionen können je nach Randbedingungen auch die lokalen Abgas-, Staub- und Lärmemissionen maßgeblich die Nachhaltigkeit einer Baustelle beeinflussen. Neben der Aufgabe der Bauindustrie, nachhaltige Bauarten zu entwickeln und auf dem Markt zu etablieren, um in Bauaufgaben nur minimale Emissionen zu verur-

BEGEISTERT für FORTSCHRITT

**BAUER SPEZIALTIEFBAU**

Die Entwicklung ressourcenschonender und umweltverträglicher Innovationen sowie Technologien steht bei der BAUER Spezialtiefbau GmbH seit Jahren klar im Fokus. Das Ziel: die Belastung für die Umwelt zu reduzieren, Rohstoffe effizienter und gezielter einzusetzen und Projekte dauerhaft umweltverträglicher abzuwickeln.

BAUER Spezialtiefbau GmbH  
BAUER-Straße 1 • 86529 Schrobenhausen
bst.bauer.de



**Abb. 6:** Schematische Darstellung der Baustelleneinrichtung (oben) und Foto von der Ausführung der MIP-Arbeiten

sachen, sind auch die Planer und Bauüberwacher gefragt. Die wesentliche Entscheidung, wie nachhaltig ein Bauwerk erstellt, erhalten oder instandgesetzt wird, wird in der Regel bereits in der Planungsphase getroffen.

Ein ökologischer Vorteil des Herstellens von Gründungselementen im Bodenmischverfahren gegenüber von Bohrpfählen liegt in der „Vermörtelung“ des anstehenden Bodens, sodass der Boden nur um die erforderliche Bindemittelsuspension ergänzt werden muss. Der unmittelbare Effekt reduzierter Transportvorgänge mit einem positiven Effekt auf die Baustellenlogistik liegt auf der Hand. Bei der Ermittlung des äquivalenten Fußabdrucks von Gründungselementen. Entsprechend ist im Sinne der Nachhaltigkeit angezeigt, die in Eignungsprüfungen mit einem Vorhaltemaß festgelegte Einbaumenge zeitnah zu überprüfen. Die Reduzierung der tatsächlichen Festigkeit auf ein zulässiges Minimum bedeutet gleichermaßen die Reduzierung des Bindemittelsatzes auf das notwendige Minimum. Selbstverständlich muss die Qualitätssicherung weiter zeigen können, dass die der Bemessung zugrunde liegende Festigkeit zielsicher erreicht wird. Die Lösung muss „Maximale Nachhaltigkeit bei gegebener Standsicherheit“ lauten.

gebend, auch kann auf keinen Fall der Bezug zur charakteristischen Druckfestigkeit des Bodenmischkörpers herangezogen werden. Die Bewertung kann nur auf Objektebene objektiv sein, bei Linienbauwerken ggf. auch mit der CO<sub>2</sub>-Emission je Kilometer instandgesetzter Damm. Das große Potenzial der Bodenmischverfahren als nachhaltige Bauart aufgrund des signifikant geringeren Emissionsanteils bei den Baustoffen und Transporten wird u. a. in [4] gezeigt.

Baustoffe, bei deren Herstellprozess viel CO<sub>2</sub> emittiert wird, haben bekanntermaßen einen dominanten Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck von Gründungselementen. Entsprechend ist im Sinne der Nachhaltigkeit angezeigt, die in Eignungsprüfungen mit einem Vorhaltemaß festgelegte Einbaumenge zeitnah zu überprüfen. Die Reduzierung der tatsächlichen Festigkeit auf ein zulässiges Minimum bedeutet gleichermaßen die Reduzierung des Bindemittelsatzes auf das notwendige Minimum. Selbstverständlich muss die Qualitätssicherung weiter zeigen können, dass die der Bemessung zugrunde liegende Festigkeit zielsicher erreicht wird. Die Lösung muss „Maximale Nachhaltigkeit bei gegebener Standsicherheit“ lauten.

Im Zuge der Bauausführung (Abb. 6) wurde auf bauausführender und überwachender Seite gemeinschaftlich und konsequent daran gearbeitet, die Einbaumenge des Zements zu reduzieren. Im konkreten Fall wurde hierfür der „adaptive“ Mischungsentwurf des Bodenmörtels gewählt. Durch die entsprechend vorbereitete Entscheidungsgrundlage aus der oben beschriebenen umfangreicheren Eignungsprüfung konnten nach Vorliegen von Festigkeitsergebnissen im jungen Alter die Mischung und hier insbesondere der Zementgehalt kurzfristig angepasst werden. Mit der gewonnenen Erfahrung und dem grundsätzlichen Wissen um die baustofftechnologische Verlässlichkeit einer bestimmten Festigkeitsentwicklung werden zukünftig weitere CO<sub>2</sub>-Einsparungen erreichbar. Hüttensandreiche Mischungen bringen eine hohe Festigkeitssteigerung auch über das übliche Beurteilungsalter von 28 Tagen hinaus. Wenn dieser Effekt in Ansatz gebracht werden kann, weil etwa die Beanspruchung auch erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt, wird weiteres Potenzial für die nachhaltige Baustelle genutzt. ■

**QUELLEN**

- [1] Eisenbahn-Bundesamt, Zentrale: 213.1-213izbie/006-2101#002-(009/22-Zul). Zulassung für das Bauer Mixed-in-Place-Verfahren (MIP-Verfahren) als Fahrwegtiefergründung als Bauart, Bonn und München, 08.04.2022
- [2] DIBt Deutsches Institut für Bautechnik: Allgemeine Bauartgenehmigung Nummer: Z-34.26-200. Bauer Mixed-in-Place (MIP), Berlin, 31.05.2021
- [3] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.): Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen – EBGE0, 2. Auflage, 2010
- [4] Bauer et al.: Sustainable Products for Geotechnical Works. Proceedings of the DFI-EFFC International Conference on Deep Foundations and Ground Improvement. Smart Construction for the Future. European Federation of Foundation Contractors and Deep Foundations Institute, Berlin, May 18-20, 2022
- [5] Ibk, H. et al.: Dry Excavation Pits made with smaller Carbon Footprint by Soil Mixing. DFI Deep Mixing Conference. Deep Foundations Institute. Online Conference Proceedings, pp. 619-626. 2021



**Dr.-Ing. Karsten Beckhaus**  
 Technical Director  
 Bauer Spezialtiefbau,  
 Schrobenhausen  
 karsten.beckhaus@bauer.de

# Hilfsbrückeneinbau aus vermessungstechnischer Sicht

Ein Abriss der erforderlichen Vermessungsleistungen für Planung, Einbau und Betrieb von Hilfsbrücken anhand des Projektes UVR Nord in München



Abb. 1: Einbau einer ZH 31 an der Stauffenbergallee, Dresden

**RAINER KRETZSCHMAR |  
SVEN MATTUSCHKA**

**Die Deutsche Bahn AG (DB) unterhält in ihrem Streckennetz eine große Anzahl von Ingenieurbauwerken wie Eisenbahnüberführungen (EÜ), Durchlässe oder Kreuzungsbauwerke. Viele dieser Bauwerke sind aufgrund ihres Alters nur noch eingeschränkt nutzbar und müssen daher in absehbarer Zeit erneuert werden. Um die Verfügbarkeit der Gleise zu sichern, werden Hilfsbrücken zur Verstärkung bestehender Bauwerke bzw. als Ersatzüberbau verwendet. In diesem Beitrag sollen die vermessungstechnischen Grundlagen und Aufgaben bei Planung, Einbau und Überwachung von Hilfsbrücken erläutert werden.**

## Hilfsbrücken der DB

Hilfsbrücken sind standardisierte, vormontierte und mehrfach verwendbare Stahlkonstruktionen. Die Schienen werden dabei direkt auf der Stahlkonstruktion aufgelagert [1]. Der Einsatz von Hilfsbrücken bei der DB wird in den Ril 804.4110 sowie 804.4111 geregelt.

Dabei wird zwischen Kleinhilfsbrücken (KHB) sowie Zwillingsträgerhilfsbrücken (ZH) unterschieden [2, 3].

KHB mit einer Länge von bis zu 12 m dienen dabei vor allem der Gleissicherung bzw. Gleisabfangung, um die Abtragung von Verkehrslasten in den Untergrund auch bei gestörtem Baugrund sicherzustellen.

ZH kommen vor allem als Baubehelf zum Ersatz regulärer Überbauten zum Einsatz. Diese Brücken werden mit Stützweiten von 7,2 m bis 26,4 m in einem Rastermaß von 2,4 m durch das zentrale Brückenlager Konz vorgehalten. Seit 2016 werden zusätzlich ZH mit Stützweiten von bis zu 31,2 m gefertigt und eingesetzt, so zum Beispiel als Permanenterersatz von zwei Überbauten an der EÜ Stauffenbergallee in Dresden (Strecke 6212) [4] (Abb. 1).

## Vermessungstechnische Grundlagen und Aufgaben

### Entwurfsvermessung und Planung

Die Vermessung ist bei der Planung, dem Einbau und der Überwachung von Hilfsbrücken ein wichtiger Faktor für die erfolgreiche Umsetzung des Bauprojektes. Dabei bildet die

Entwurfsvermessung mit dem Erfassen des Bestandsbauwerkes, der umliegenden Topographie sowie sonstiger fester Einbauten die Grundlage der Planung von Stützweite, Auflagerungsart und Bauhöhe bis hin zur Festlegung von Kranstandort oder Zufahrtsmöglichkeiten für Schwertransporte beim Anliefern der Brücken.

Da Hilfsbrücken im Allgemeinen auf Basis der Istgleislage, -höhe und -überhöhung eingebaut werden, ist diese vor Baubeginn exakt zu erfassen und in Form einer Bestandstrasse und -gradienten abzubilden. Bei der Bestandstrassierung sind der Mindestradius ( $r=300$ ) sowie die maximale Überhöhung für Hilfsbrücken ( $u=150$ ) zu beachten. Werden diese Grenzwerte unter- bzw. überschritten, muss eine Bauzustandstrassierung für den Hilfsbrückenbereich mit Anschluss an den Istbestand vor und hinter dem Bauwerk erstellt werden. Anhand dieser Bestandsgleisgeometrie kann die Lage der Brückenachse berechnet werden. Für Brücken in geraden Gleisabschnitten fällt diese mit der Gleisachse zusammen. Bei Bögen oder Übergangsbögen wird die Brückenachse bezüglich der Gleisachse in den Auflagerpunkten um  $2/3 f$  nach bogenaußen



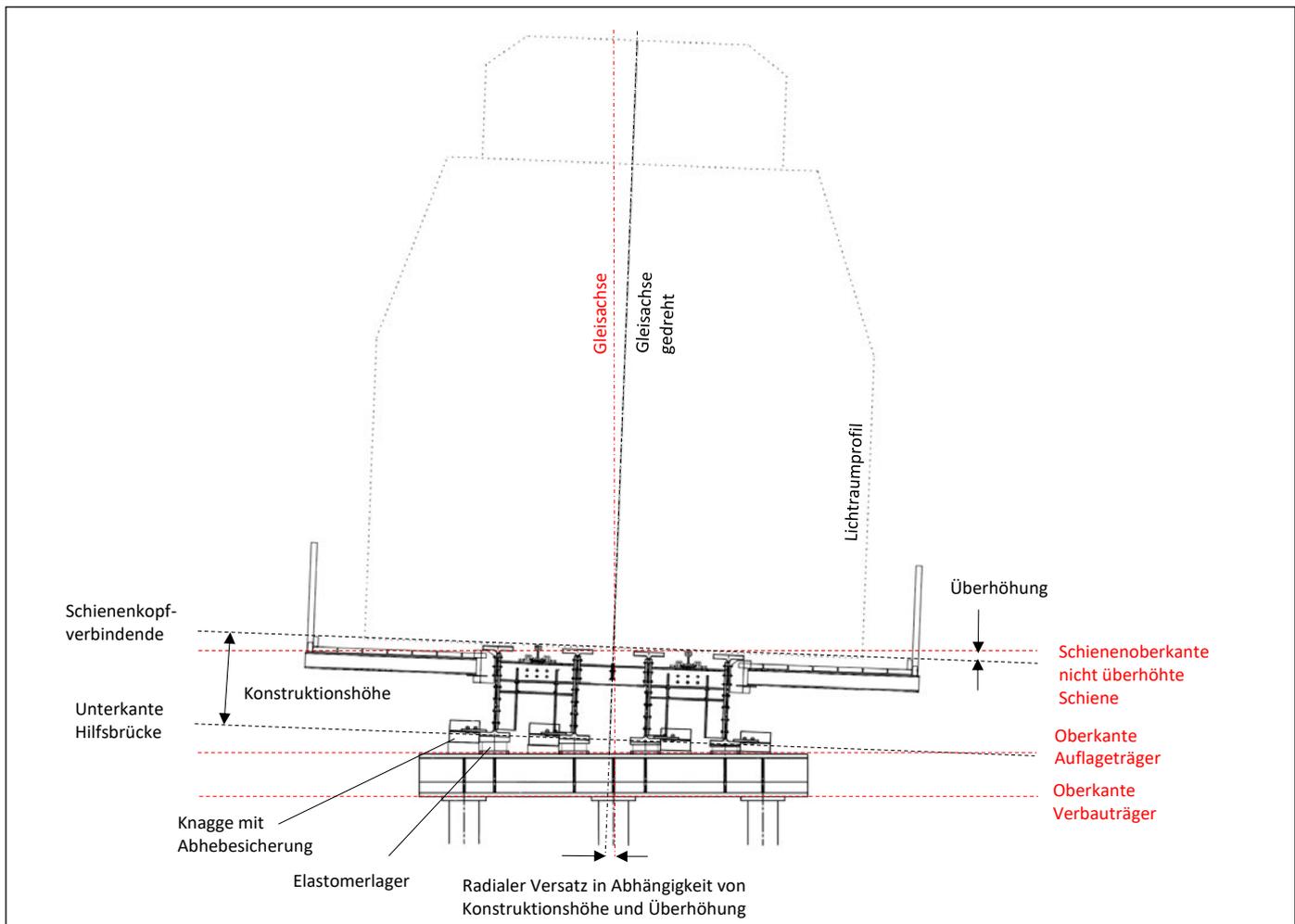


Abb. 3: Geometrische Beziehungen in der Auflagerkonstruktion

parallel mit geringer Längsneigung und ohne Überhöhung. Die Herausforderung bei diesem Projekt liegt daher vor allem eher in der großen Anzahl von Brücken und der eingeschränkten Zugänglichkeit als in gleisgeometrischen Zwängen oder der Brückengröße (7,2 m Stützweite). Die Arbeiten an den Hilfsbrücken erfolgten/erfolgen in zwei Sperrpausenblöcken im Frühjahr und Herbst 2022. Aufgrund der Lage der Baustelle innerhalb der Zulaufstrecken zum Münchener Hbf und der hohen Zugfolge können nicht alle Gleise gleichzeitig gesperrt werden. Je Sperrpause werden jeweils zwei Logistikgleise und das eigentliche Baugleis gesperrt, um je zwei Hilfsbrücken einzubauen. Es sind somit insgesamt neun Wochenendsperrpausen für den Einbau aller Brücken nötig. Da die Baustelle beidseitig von befahrenen Gleisen begrenzt wird, müssen Personal, Maschinen und Material über die Logistikgleise herangeführt werden. Für die Zuführung von Arbeitskräften und aller zum Bau erforderlichen Kleingeräte (so auch dem Vermessungsequipment) wurde extra ein Pendelverkehr mit einem Triebwagen eingerichtet. Dabei war die Streckenführung mit teilweise über 45 Minuten Fahrzeit je Richtung in einer eng getakteten Sperrpause

nicht immer optimal. Durch die vielen gleichzeitig arbeitenden Personen und Maschinen im Bau Feld war es stellenweise schwierig, einen geeigneten Instrumentenstandort zu finden. Auch das parallele Rammen der Verbauträger sowie die eingeschränkten Sichtverhältnisse in der meist nächtlichen Arbeitszeit erschwerten die Vermessungsarbeiten. Als eine Besonderheit kamen beim Einbau der Hilfsbrücken an der UVR Nord München zum ersten Mal die von der DB Bahnbau Gruppe, Brückenwerkstatt Dresden, entwickelten Standardauflageträger zum Einsatz [6]. Vorteile dieser Art der Hilfsbrückenauftragung sind die Mehrfachverwendbarkeit der Träger sowie die Regulierungsmöglichkeiten in Lage (radial zum Gleis) und Höhe nach dem Verschweißen auf der Spundwand. Diese Optionen bieten ebenfalls STOG-Auflageträger, welche allerdings wesentlich kostenintensiver und größer dimensioniert sind. Ein weiterer Vorteil ist die Fertigung aller 36 Träger nach einer Richtzeichnung, Verwechslungen der Träger beim Einbau haben dadurch keine Auswirkungen. Anders jedoch die Brücken. Trotz des Einbaues typgleicher Hilfsbrücken (ZH7) in allen Gleisen variieren die Konstruktionshöhen im

Bereich mehrerer Millimeter. Es ist also wichtig, dass jede Hilfsbrücke am richtigen Ort eingebaut wird, damit die vorher ermittelte Aufbauhöhe am Ende auch zur geplanten Höhe der Schienenoberkante führt. Konstruktiv kommt an der UVR die Lagerung der Hilfsbrücken auf gerammten Spundbohlen (Larsen) zur Anwendung. Nach Einbringen der Verbauträger werden die Höhen der Unterseite Auflageträger angerissen und der Verbau in der benötigten Breite abgetrennt. Nachdem der Trennschnitt plan geschliffen wurde, kann der Auflageträger in Längs- und Querrichtung eingerichtet werden. Bei dem beschriebenen Projekt verlaufen die Auflagerachse und die Brückenachse schiefwinklig zueinander. Zwischen den benachbarten Auflageträgern einer Lagerachse sind teilweise nur wenige Zentimeter Luft, die Träger müssen also entsprechend genau ausgerichtet werden. Nachdem die Auflageträger und die den Verbau aussteifende Gurtung in teils mehrstündiger Arbeit ordnungsgemäß verschweißt wurden (Abb. 5), erfolgt der Einbau der Brücke. Mittels Eisenbahndrehkran wird die Hilfsbrücke auf den Elastomerlagern abgelegt und die definierte Achse positioniert. Bezugspunkte hierfür sind die Rippenplat-

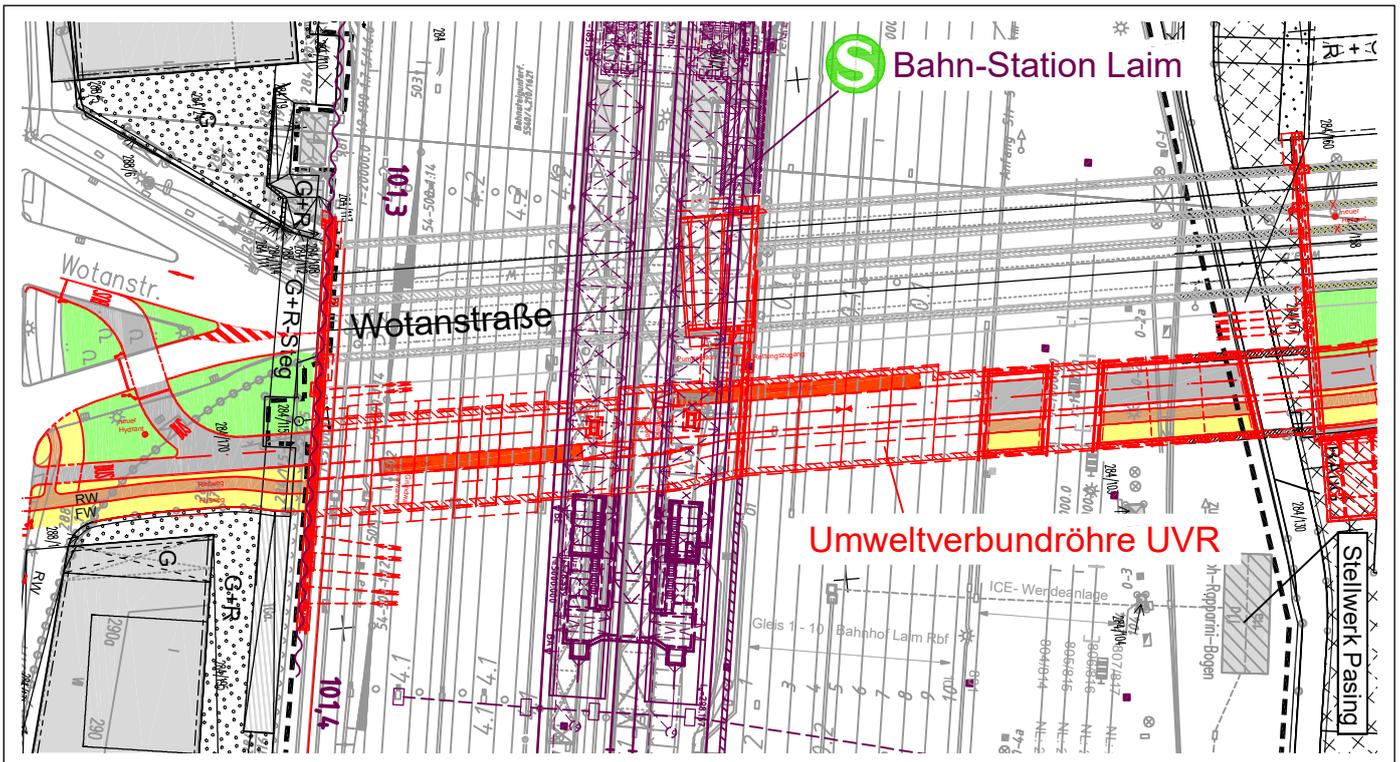


Abb. 4: Übersicht UVR München-Laim

Quelle: <https://www.muenchen-transparent.de/dokumente/4773290>

ten, da zu diesem Zeitpunkt noch kein Gleis auf der Brücke montiert ist. Geringe Fehler in Höhe bzw. Überhöhung lassen sich durch entsprechende Futterbleche unter den Elastomerlagern regulieren. Nachdem die Hilfsbrücke endgültig eingerichtet ist, erfolgt die Sicherung der Lage und Höhe mittels seitlich angebrachter Knaggen und Abhebesicherungen.

Die Hilfsbrücken an der UVR München sind in ein komplexes Monitoringsystem der 2. S-Bahn-Stammstrecke München eingebunden. Zur Überwachung von Veränderungen der Lage, Höhe und Überhöhung der Brücken als auch der anschließenden Gleisbereiche wurden an den Brücken sowie den Hinterfüllbereichen nach Fer-

tigstellung der Gleise Prismen installiert (Abb. 6).

**Fazit**

Hilfsbrücken sichern in einer Zeit stark frequentierter Gleise und alternder Infrastruktur den zuverlässigen Betrieb der Gleisanlagen. Vermessungsleistungen im Umfeld von



Abb. 5: Fertig eingerichteter Standardauflagerträger mit Elastomerlagern und Gurtung

Hilfsbrücken bieten dabei dem Geodäten die Möglichkeit, sich ungewöhnlich tief in den Bauprozess zu integrieren und diesen baubegleitend aktiv mitzugestalten. Andererseits erfordern die äußeren Umstände und die extrem eng getakteten Bauabläufe mit sich häufig ändernden Zeitfenstern für viele kleinteilige Vermessungseinsätze ein hohes Maß an Flexibilität, Entscheidungs- und Kompromissbereitschaft, fachlicher Kompetenz mit gewerkeübergreifendem, lösungsorientiertem Denken. Wenn all diese Komponenten erfolgreich eingebracht werden, führt das nicht nur zu einem erfolgreichen Projektabschluss, sondern auch zu einer Stärkung von Ansehen und Akzeptanz der Vermessung allgemein. ■



Abb. 6: Betriebsbereite Hilfsbrücke mit Monitoringprismen

QUELLEN

- [1] Ril 804.4110A1: Hilfsbrücken – Anhang A1, Begriffe und Definitionen, DB Netz AG, 01.01.2013
- [2] Ril 804.4110: Hilfsbrücken, DB Netz AG, 01.01.2013
- [3] Ril 804.4111: Hilfsbrücken – Geschwindigkeitsbereich 90 km/h < V < 120 km/h, DB Netz AG, 01.01.2013
- [4] Lehmann, I.; Falk, M.; Dittmann, M.; Teich, S.: Entwicklung der Zwillingsträgerhilfsbrücke ZH31, DER EISENBÄHNINGENIEUR, 05/2016
- [5] <https://www.2.stammstrecke-muenchen.de/laim.html> (28.07.2022 14:55)
- [6] Falk, M.: Problematik von Hilfsbrückenaufagerungen – Vortrag zum 7. Symposium Eisenbahnbrücken und KIB – 10.03.2022 München

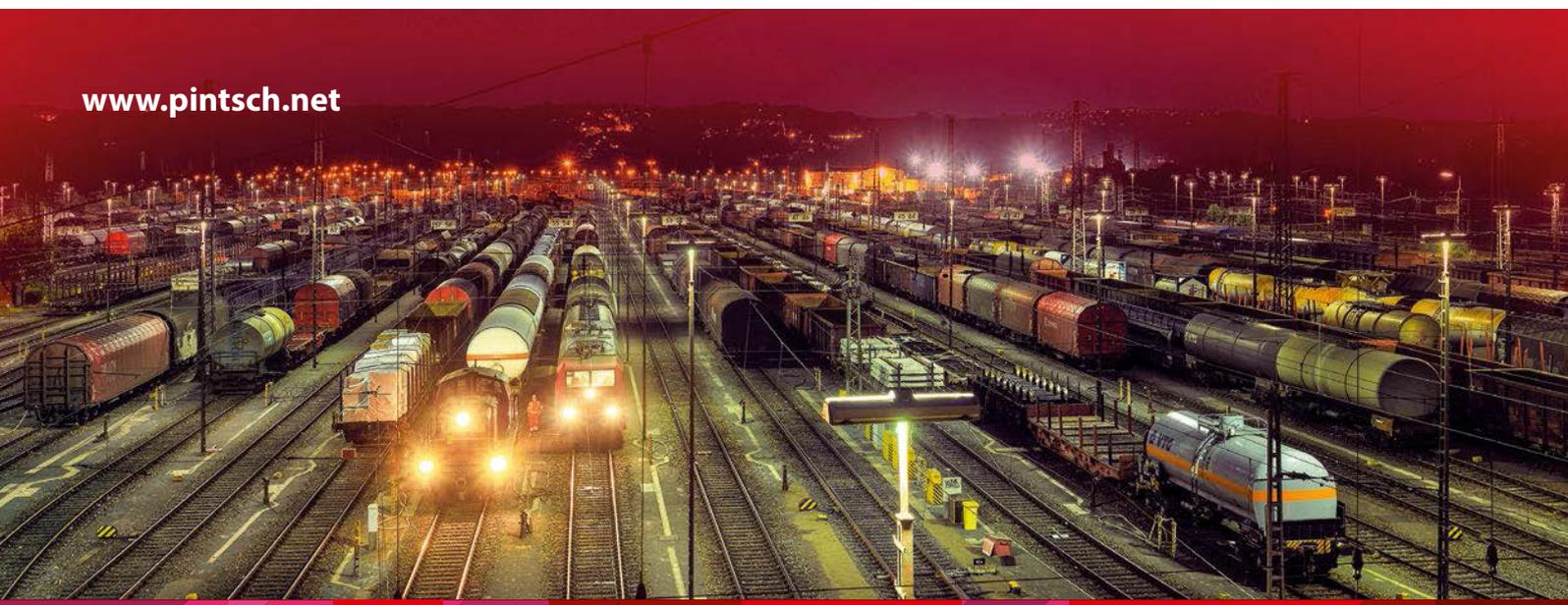


**Dipl.-Ing. Rainer Kretzschmar**  
 Prokurist  
 Leiter Niederlassung Dresden & Berlin  
 intermetric GmbH, Dresden  
 rainer.kretzschmar@intermetric.de



**Dipl.-Ing. Sven Mattuschka**  
 Projektleiter Niederlassung Dresden  
 intermetric GmbH, Dresden  
 sven.mattuschka@intermetric.de

[www.pintsch.net](http://www.pintsch.net)



**Systemlösungen für die Bahninfrastruktur**

- |                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| ● Bahnübergangstechnik           | PINPROTEGIO |
| ● Achszähltechnik                | PINCLIRIO   |
| ● Stellwerks- und Rangiertechnik | PINMOVIO    |
| ● Weichenantrieb                 | PINMOVIO    |
| ● Signale                        | PINLUXON    |
| ● Fördertechnik                  | PINPOSITON  |
| ● Weichenheizungen               | PINCALIO    |
| ● Diagnose                       | PINDIAGON   |



# Nachhaltige Antriebe für Oberbaumaschinen

## Alternative Energieversorgung und CO<sub>2</sub>-Reduktion bei Neu- und Bestandsmaschinen

**BERNHARD LICHTBERGER**

**Der Klimawandel stellt eine Bedrohung des Lebens auf der Erde dar. Die EU beschloss eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emission um 55 % bis 2030 und CO<sub>2</sub>-Neutralität bis 2050. Mit 14 % Anteil an den weltweiten Treibhausgasemissionen ist der Verkehr einer der Hauptverursacher. Die Bahn antwortet mit alternativen nachhaltigen Antrieben. Dazu zählen die drei Antriebstechnologien Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid, Diesel-Batterie-Hybrid und Oberleitungs-Batterie-Hybrid sowie Mischformen. Die Zukunft alternativer Antriebe bei Oberbaumaschinen liegt schwerpunktmäßig zukünftig bei reinen Wasserstoffantrieben. Da „grüner“ Wasserstoff und Tankmöglichkeiten noch nicht ausreichend zur Verfügung stehen, bieten sich aktuell Dual-Antriebsausführungen an. Die Versorgung wird über Oberleitung oder Dieselpowerpack bereitgestellt.**

### Die Notwendigkeit alternativer Antriebe zur Dieseltraktion

14 % der weltweiten Treibhausgasemissionen entspringen dem Verkehr durch Verbrennung erdölbasierter Kraftstoffe, hauptsächlich Benzin und Diesel [2]. Der Individualverkehr liefert den größten Beitrag an CO<sub>2</sub>, gefolgt vom Schwerlastverkehr auf der Straße. Die Eisenbahn ist das umweltfreundlichste Verkehrsmittel und weist die beste CO<sub>2</sub>-Bilanz auf. Pkw sind für 3,6 Gt CO<sub>2</sub>, Lkw für 2,4 Gt CO<sub>2</sub> und die Eisenbahn für nur 0,1 Gt CO<sub>2</sub> verantwortlich. Der europäische Rat hat als Klimaziel eine globale Senkung der Treibhausgase um 55 % bis 2030 bezogen auf 1990 beschlossen. Erstmals vereinbarte die EU ein erhebliches Budget für Maßnahmen zum Klimaschutz. Darauf einigten sich Mitte Dezember 2020 die EU-Staats- und Regierungschefs. 2050 soll die EU klimaneutral werden – das ist der europäische Umweltvertrag (European Green Deal). Dies bedeutet eine jährliche Reduktion der Gesamtemissionen um 6 %. Der European Green Deal ist die Antwort der EU im Kampf um die Gesundheit des gefährdeten Planeten. Ab 2021 sind für den Green Deal 100 Mrd. EUR jährlich vorgesehen. Zur Relativierung: 2017 investierte Europa 244 Mrd. EUR als Subventionen in fossile Brennstoffe [3]. Bis 2050, so die EU, soll ein Großteil der Fahrten mittlerer Entfernung

mit der Bahn erfolgen. Im Jahr 2030 sollen 30 % der Güterbeförderung über eine Strecke von mehr als 300 km von der Straße auf die Schiene oder das Schiff verlagert werden [1]. Aus aktueller Sicht ergeben die Hochrechnungen der Wissenschaftler, dass das 1,5-Grad-Ziel von Paris deutlich verfehlt werden wird. Es gibt keinen Grund, optimistisch zu sein.

### Randbedingungen des Bahnbetriebes

Die Bahn fährt, dort wo sie elektrisch fährt, bereits nachhaltig und umweltschonend. Voraussetzung dafür: fossilfreie Erzeugung elektrischer Energie.

Die vorhandenen verschiedenartigen in Europa üblichen Bahnstromsysteme verhindern kostengünstige und universelle alternative elektrische Antriebe. 60 % des europäischen Netzwerkes sind elektrifiziert, und auf diesen Strecken werden 80 % des Verkehrs abgewickelt. Abb. 1 gibt einen Überblick über die prozentualen Anteile elektrifizierter Strecken in Europa. Nur in ganz wenigen Ländern Europas liegt der Elektrifizierungsanteil über 70 %. Obwohl die Elektrifizierung der Bahnsysteme voranschreitet, ist nicht anzunehmen, dass alle

Strecken elektrifiziert werden. Selbst unter der Annahme, dass vorwiegend die Hauptstrecken elektrifiziert sind und intensiver instandgehalten werden als die übrigen Strecken, wird immer noch ein erheblicher Anteil an Bahnbauarbeiten in nicht elektrifizierten Gleisen stattfinden und benötigt daher eine ergänzende Energiequelle.

### Charakteristischer konventioneller Dieselantrieb einer Oberbaumaschine

Die Energieversorgung von Oberbaumaschinen erfolgt derzeit hauptsächlich durch Dieselmotoren. Sie weisen einen geringen Wirkungsgrad (ca. 60 %) auf, schlechtere Performance sowie begrenzte Lebensdauer. Verbrannt werden fossile Brennstoffe, wobei Lärm, Feinstaub, CO<sub>2</sub> und NOx-Gase erzeugt werden. Vorteilhaft sind die niedrigen Anschaffungskosten, die Robustheit einer bewährten Technologie, die lange Betriebszeit über getankten Treibstoff. Die Einsatzdauer ist im Wesentlichen von der Tankgröße abhängig. Diesel weist die hohe Energiedichte von 11,9 kWh/kg auf. Die Leistung der eingesetzten Dieselmotoren bei Oberbauma-

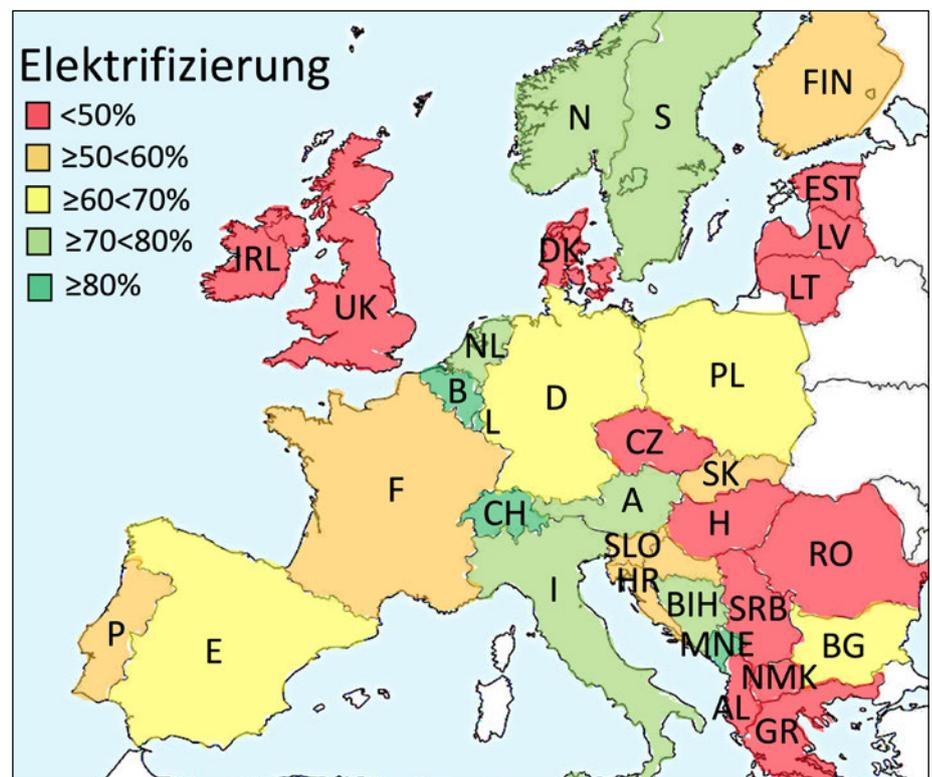


Abb. 1: Prozentualer Anteil der Elektrifizierung vorhandener Strecken in Europa

Quelle: Autor

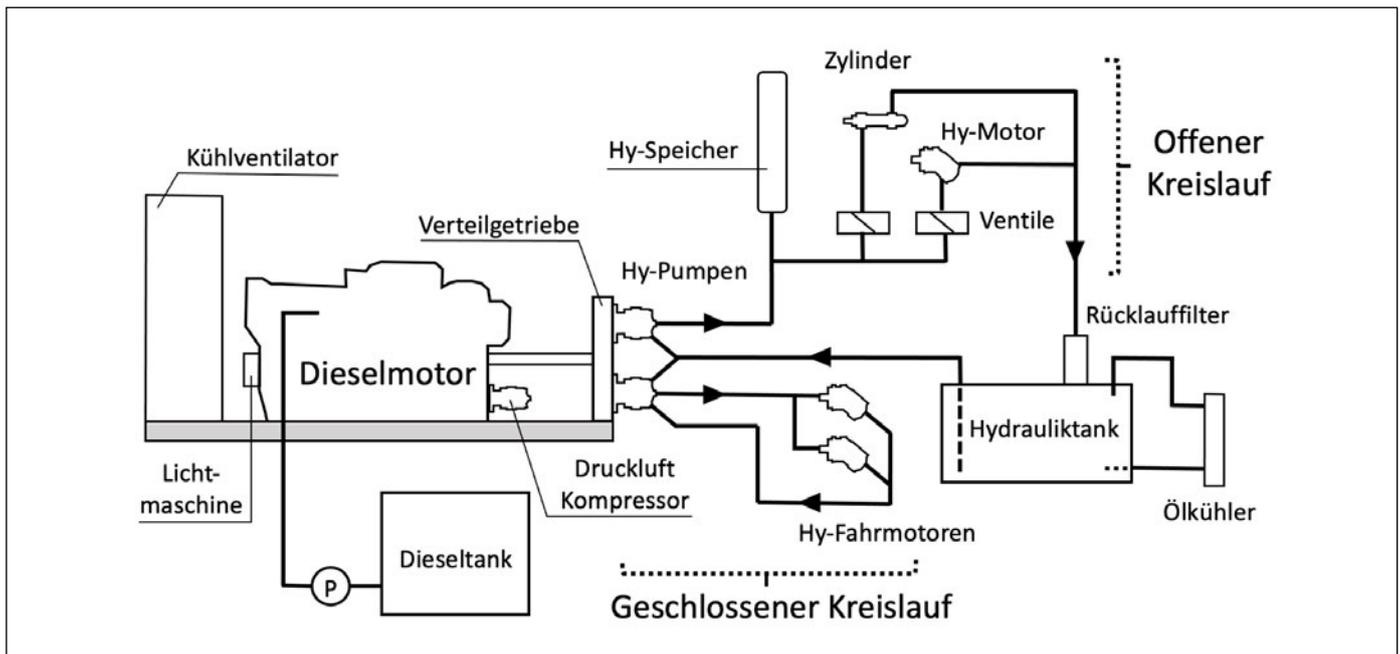


Abb. 2: Schematischer Antriebsstrang und hydraulische Arbeitskreisläufe einer Oberbaumaschine

Quelle: Autor nach [5]

schinen bewegt sich je nach Anforderung zwischen 300 und 600 kW. Dieselmotoren mit 400 bis 600 kW dienen vorrangig der Energieversorgung von Stopfmaschinen. Bei Großmaschinenzügen – wie Umbauzügen, Planumssanierungsmaschinen und Reinigungsmaschinen – kommen meist mehrere Dieselmotoren mit einer Gesamtleistung um 1000 kW zum Einsatz.

Der typische Antriebsstrang und die Energieversorgung einer Oberbaumaschine sieht schematisch wie in Abb. 2 aus. Der Dieselmotor wird über eine Kraftstoffpumpe mit Diesel versorgt. Zur Bordstromversorgung mit typisch 24 V DC Gleichstrom treibt er eine Lichtmaschine an. Ein Druckluftkompressor erzeugt die Druckluft für die Arbeitskreise und die Bremse. Eine Kardanwelle treibt ein Verteilgetriebe mit mehreren Hydraulikpumpen an. Meist werden in einem geschlossenen Hydraulikkreis Pumpen mit Antriebsmotoren für hydrostatische Antriebe betrieben. Die Arbeitswerkzeuge werden bei Oberbau-

maschinen über Hydraulikzylinder (Linearbewegungen) oder Hydraulikmotoren (Drehbewegungen) angetrieben.

**Möglichkeiten alternativer Antriebe**

Die angestrebte Mobilität mit null Treibhausgasemissionen ist durch elektrische Antriebe mit Batterien oder mit Brennstoffzellen und Wasserstoff möglich [7]. Abb. 3 zeigt verschiedene Fahrzeugkonzepte.

Abb. 4 zeigt die umweltrelevanten Prozesse und Komponenten für Öko-Wasserstoff/Brennstoffzellenfahrzeuge, Öko-Strom/Batterie-Fahrzeuge und Diesel/Verbrennungsmotor-Fahrzeuge. Dual-Mode-Fahrzeuge verfügen über zwei vollwertige Energieversorgungsmöglichkeiten, erstens Stromabnehmer und zweitens Diesel-Generator-Maschinensätze zur oberleitungsunabhängigen Versorgung. Die Tab.1 gibt einen Überblick über Vor- und Nachteile von derartigen Hybridantrieben.

Das Marktpotenzial für den deutschen Personennahverkehr bis 2038 für Hybridantriebe

wird mit 1800 bis 2500 Triebzügen angegeben [6]. Die wichtigsten Energiespeicher für Hybridantriebe sind [7]:

- Dieselkraftstoff – auslaufender fossiler Brennstoff
- Akkumulatoren – insbesondere Lithium-Ionen-Polymer Akkus (Zukünftiges Problem: begrenzte Ressourcen von Lithium)
- Supercaps – 100-fach höhere Leistungsdichte verglichen mit Akkus, Zyklenzahl ≥ 1000000 mit geringen klimatischen Anforderungen, Energiedichte 25 % derjenigen von Akkus
- Wasserstoff.

**Brennstoffzellen / Batterie-Hybride**

Reiner Brennstoffzellenantrieb ist aus Gründen der Belastbarkeit und der optimalen Betriebsbedingungen für Brennstoffzellen ungünstig. Circa ein Drittel der benötigten Leistung wird daher durch Batterien zur Pufferung von Lastschwankungen aufgebracht.

Wasserstoffbasierte Antriebe sind gekennzeichnet durch:

Vorteile	Nachteile
Geringere Energie- bzw. CO <sub>2</sub> - und NOx-Emissionen	Umweltbelastung durch die Akkuherstellung
Geringere Feinstaubbelastung	Erhöhung des Fahrzeuggewichts
Geringere Lärmentwicklung	Sicherheitsaspekte (Akku, Wasserstoffspeicher)
Lokale Emissionsfreiheit	Hohe Anschaffungskosten
Bei ökologischer Stromerzeugung künftig mögliche 100 %ige CO <sub>2</sub> -Neutralität	Kurze Lebensdauer der Akkus
Reduzierte Instandhaltungs- und Betriebskosten von 20–40 %	Einrichtung von Ladestationen oder Wasserstofftankstellen
Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen	Bei Akkubetrieb nur kurze realisierbare Betriebszeiten der Oberbaumaschinen
Breiteres Einsatzspektrum der Fahrzeuge	
Hoher Wirkungsgrad	
Geringe Wärmeentwicklung, keine Abgasführung, keine Problematik der Wärmeabfuhr durch Elektromotoren	

Tab. 1: Vor- und Nachteile von Hybridantrieben bei Oberbaumaschinen

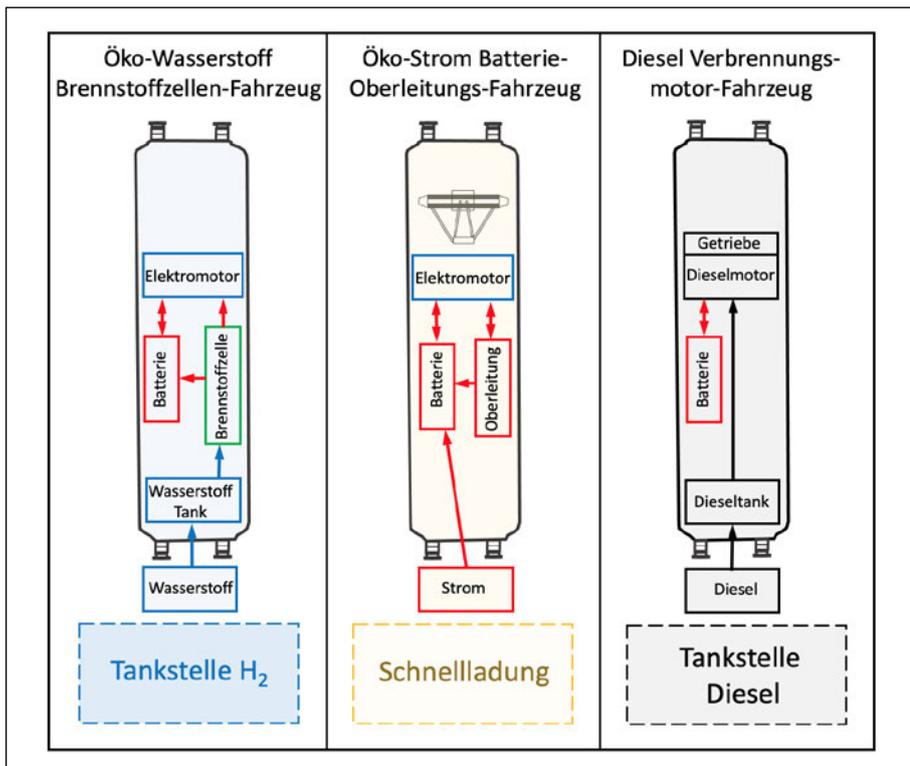


Abb. 3: Fahrzeugkonzepte im Vergleich

Quelle: Autor nach [8]

- hohe Leistungsfähigkeit bei gutem Wirkungsgrad
- Emissionsarmut
- Nachhaltigkeit und hohe Wirtschaftlichkeit
- praktisch unbeschränkt in der Reichweite
- schnelle Tankzeiten (vergleichbar mit Dieseltreibstoff)
- geringes Gewicht.

Brennstoffzellenantriebe sind in der Anschaffung teuer. Ab einem Preis des Wasserstoffs von 4,5 EUR/l (aktuell 2,8 - 6,2 EUR/l) ziehen die Gesamtbetriebskosten mit Dieselantrieben gleich [9]. Das Tanknetz im Bahnbereich und im automotiven Bereich ist erst im Aufbau begriffen. Wasserstoff wird derzeit zum Großteil

durch industrielle Prozesse gewonnen und erfüllt die hohen Erwartungen an die ökologisch saubere CO<sub>2</sub>-freie Wirkung nicht.

Neben der Verwendung von Wasserstoffmotoren, die wegen der Ansaugluft Stickoxide abgeben, kommt bei mit Wasserstoff angetriebenen Schienenfahrzeugen vorrangig die Brennstoffzelle zum Einsatz [10]. Allerdings könnte der Wasserstoff-Verbrennungsmotor trotz des geringeren Wirkungsgrades eine Lösung für den Übergang weg von fossilen Brennstoffen sein [11]. Mit den ersten auf dem Markt verfügbaren ausgereiften Wasserstoffmotoren wird allerdings nicht vor 2025 gerechnet.

Ökologisch vorteilhaft ist die Brennstoffzellentechnik nur, wenn sie mit Öko-Wasserstoff betrieben wird [10, 11]. Wie bei einem dieselegetriebenen Fahrzeug Diesel, wird bei einem wasserstoffgetriebenen Fahrzeug Wasserstoff getankt. Das Betanken mit Wasserstoff geht ähnlich schnell wie bei einem Dieselfahrzeug. Die Reichweite des Fahrzeuges ist von der Größe der verwendeten Druckspeicher abhängig. Die Energiedichte von Wasserstoff liegt bei 33,3 kWh/kg und damit dreimal so hoch wie beim Diesel. Die volumetrische Energiedichte von Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen ist etwa gleich groß. Die gravimetrische Energiedichte von Batterieantrieben ist allerdings deutlich niedriger. Das bedeutet in etwa gleichen Raumbedarf bei deutlich höherem Gewicht des Batterieantriebes (Tab. 2). Die Reichweite wasserstoffbetriebener Fahrzeuge kann über die Wahl eines geeigneten Tankvolumens praktisch unbegrenzt ausgeführt werden.

### Oberleitungs/ Batterie-Hybride

Batteriezüge sind Schienenfahrzeuge mit elektrischem Antrieb und Batteriespeicher. Diese werden während der Fahrt unter Fahrdraht, durch rückgespeiste Bremsenergie und/ oder in Ladestationen geladen. Während des Betriebs bleibt wenig Zeit, die Akkumulatoren aufzuladen [12]. Die Einrichtung der Ladestationen verlangt entsprechend hohe elektrische Ladeleistungen [13].

Man rechnet gegenüber Dieselfahrzeugen mit reduzierten Betriebs- und Instandhaltungskosten zwischen 20 und 40 %. Nachteilig sind die hohen Investitionskosten und die mangelnde Lebensdauer der Akkumulatoren.

Für Bahnbaumaschinen wie Gleisstopfmaschinen mit einem Leistungsbedarf von typisch 300 bis 400 kW und mehreren Schichten hintereinander ist eine ausreichende Energieversorgung über Batterien unmöglich. Die Akkutechnik vorhandener Oberleitungsstandhaltungsmaschinen, die vergleichsweise

Bezeichnung	Technische Daten	
	Batterie- / Oberleitungsantrieb (Lithium-Ionen-Akkus)	Wasserstoffantrieb
Volumetrische Energiedichte	110 – 140 Wh/l	1300 Wh/l (bei 700 bar) 530 Wh/l (bei 200 bar)
Gravimetrische Energiedichte	130 Wh/kg	33300 Wh/kg
Reichweite	ca. 100 km für Batteriezüge	quasi unbegrenzt – speicherabhängig
Ladedauer / Tankdauer	Stunden	10 – 15 Minuten
Lebensdauer	10 000 Ladezyklen (entsprechen einer halben Revisionsperiode)(Ladung auf 60 % beschränkt)	15 000 – 20 000 Betriebsstunden (Arbeiten im Teillastbereich – Akkus zur Abdeckung von Spitzen)
Kosten	Lithium-Akkus kosten ca. 1000 EUR/kWh	Brennstoffzellen kosten ca. 1000 EUR/kWh
Haltbarkeit	Akkus Lebensdauer derzeit 7 – 8 Jahre	8 – 10 Jahre
Betriebsdaten	Typisches Batteriepack: 28 kWh, 662 V, max. Ladeleistung 45 A/30 kW Lebensdauer > 3000 Zyklen, Flüssigkühlung	Speicherung in Tanks bei 200 – 700 bar 25 – 55 l Behälter (Alu mit Kohlefaserummantelung)

Tab. 2: Gegenüberstellung technischer Daten verschiedener Antriebe

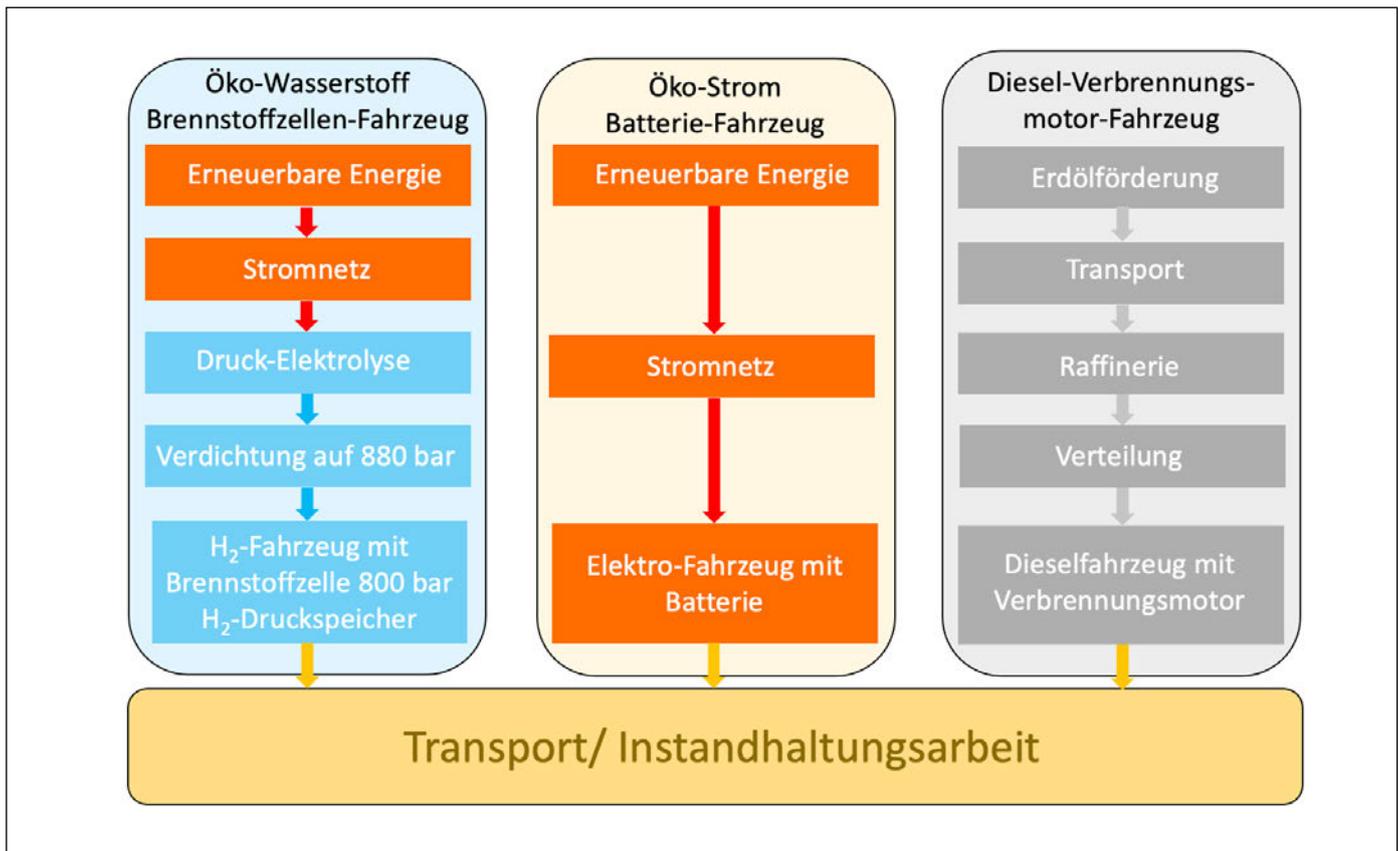


Abb. 4: Umweltrelevante Prozesse und Komponenten im Vergleich verschiedener Fahrzeugantriebsarten

Quelle: Autor nach [8]

wenig Leistung benötigen, ist für einen Betrieb von zwei Sechs-Stunden-Schichten ausgelegt. Dabei wird die Akkuleistung nicht zum Fahren genutzt, sondern nur für die Kranbewegungen und die Arbeitsvorfahrt.

#### Dual-Mode-Fahrzeuge

Im Bereich der Eisenbahn-Instandhaltungsfahrzeuge werden kombinierte Hybridantriebe eingesetzt [14]. Diese nutzen einen Dieselmotor als Antriebsquelle. Parallel dazu aufgebaut ist ein Oberleitungs-Batterie-System, das einen Elektromotor antreibt. Dieselmotor oder Elektromotor werden alternativ auf ein Verteilgetriebe geschaltet. Dieses versorgt Hydraulikpumpen und Arbeitskreise mit Energie.

Nachteile dieser Technologie gegenüber „grünen“ Wasserstoffantrieben sind:

- Das Ziel Zero CO<sub>2</sub> wird prinzipiell nicht erreicht.

- Das Gewicht und der hohe Aufwand für die zusätzlichen Akkumulatoren und den Dieselmotor sowie den Pantografen, die Wechselrichter, Akkuschränke, Akkukühlung und das Getriebe sind nachteilig.
- Auf längeren Strecken ohne Oberleitung muss mit dem Dieselantrieb gefahren werden – das ist nicht im Sinne des Klimaschutzes und einer nachhaltigen Betriebsweise.
- Der Batterieantrieb ist aufgrund der begrenzten Kapazitäten (Gewicht, Kosten) nur für kurze Strecken und Arbeitseinsätze geeignet.

#### Geeignete alternative Antriebe für Oberbaumaschinen

Die obigen Angaben und die Zuordnung des Energiebedarfs in Tab. 3 zeigen den generellen Trend zum Brennstoffzellenantrieb. Zukünftige CO<sub>2</sub>-Zero-Oberbaumaschinen werden mit Wasserstofftechnologie und / oder Energie aus der Oberleitung betrieben.

Im Arbeitseinsatz benötigt eine Stopfmaschine je nach Type durchschnittlich eine Leistung von 200-350 kW. Bei einer Acht-Stundenschicht bedeutet dies einen Energiebedarf zwischen 1600 und 2800 kWh. Ein Akkusatz mit 60 kWh hat ein Volumen von etwa 3 m<sup>3</sup> und ein Gewicht von 700 kg. Das würde für eine Schicht zwischen 30 und 50 Akkusätze, ein Bauvolumen von 90 bis 150 m<sup>3</sup> und ein Gewicht zwischen 18 und 30 t bedeuten. Dieses Bauvolumen und zusätzliche Gewicht ist auf Baumaschinen nur schwer realisierbar.

Der Fahrbetrieb einer Oberbaumaschine kann in vier Modi eingeteilt werden: Beschleunigen, Fahren, Rollen und Bremsen. Im Beschleunigungsmodus bezieht das Fahrzeug Energie aus der Oberleitung oder der Brennstoffzelle bzw. dem Akku. Im Fahrbetrieb ist die bezogene Energie zur Aufrechterhaltung des Bewegungszustandes nahezu konstant und geringer als beim Beschleunigen. Im Rollmodus ist

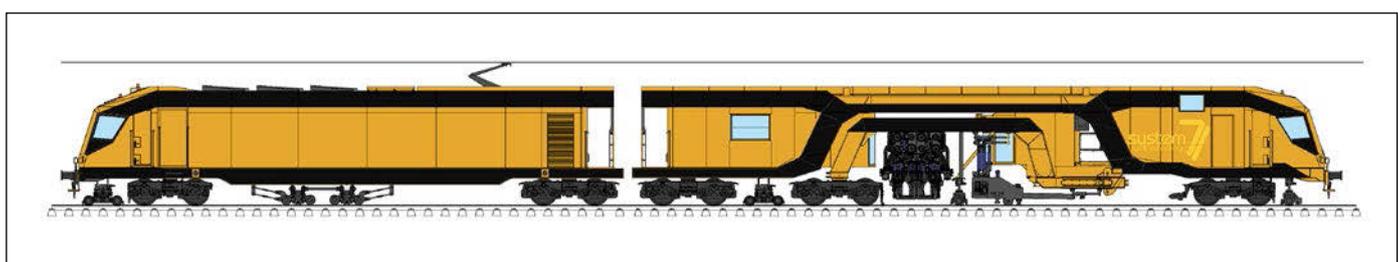


Abb. 5: Kontinuierliche Zwei-Schwellen-Universalstopfmaschine mit Energieversorgungsanhänger

Quelle: system7-railsupport

Bereiche	Maschinentype	Bevorzugte Hauptenergiequelle
< 300 kWh	Oberleitungsinspektion	Batterie
< 800 kWh	Materiallogistik – Material-Förderwagen	Batterie oder Brennstoffzellen
	Gleismesswagen (≤ 60 km/h)	
	Schottervertei- und Profliermaschine	
< 1200 kWh	Gleismesswagen (≤ 100 km/h)	Batterie oder Brennstoffzellen
	Dynamischer Gleisstabilisator	
≥ 1200 kWh	Universalstopfmaschine	Brennstoffzelle (+Batterie)
	Gleisumbauzug	
	Schotterbettreinigung	
	Planumsverbesserung	

Tab. 3: Energiebedarf verschiedener Oberbaumaschinen und vorgeschlagener Hauptenergeträger

die Leistungsaufnahme vernachlässigbar, und im Bremsmodus erzeugen die Motoren elektrische regenerative Energie. Ähnlich verhält es sich bei Oberbaumaschinen bei zyklischer Arbeit. Es werden entweder die gesamte Maschine oder integrierte Teile davon in periodischen Intervallen im Bereich von wenigen Sekunden beschleunigt und wieder abgebremst [15]. Die entstehende regenerative Bremsenergie kann in Supercaps, Akkumulatoren oder Schwungrädern gespeichert werden. Diese Lösung vermeidet Lastspitzen, kurzzeitige Lasterhöhungen werden von den Speichern ausgeglichen [1]. Die reine Batterietechnologie beschränkt sich derzeit im Bahnbaumaschinensektor auf elektrisch betriebene Handgeräte oder kleinere Maschinen.

Derzeit werden für emissionsarme Fahrzeuge meist keine höheren Schichtpreise bezahlt. Die Mehrkosten für Hybridantriebe betragen

zwischen 30 und 60 % des Maschinenpreises einer konventionellen Maschine mit Dieselantrieb. Die Motivation – mit neuer innovativer Technologie aufzuwarten und sich als umweltbewusst zu präsentieren – wird sich ohne weiteren Anreiz vermutlich nicht auf breiter Basis durchsetzen.

**Antriebsausführung neuer Oberbaumaschinen**

Oberbaumaschinen, die einen hohen Leistungsbedarf während der Arbeit aufweisen, benötigen ein duales Antriebssystem. Zum einen ist dies die Energieversorgung über die Oberleitung und zum anderen ein zusätzliches unabhängiges System wie Brennstoffzellen oder ein Diesel-Powerpack. Rein über Wasserstoff betriebene Brennstoffzellenfahrzeuge sind die Zukunft. Derzeit scheiden sie noch wegen des Mangels an Wasserstoff-Tankstel-

len und der hohen Kosten aus. Neue nachhaltig ausgeführte Oberbaumaschinen werden am besten mit einem Energieversorgungsanhänger konstruiert und gebaut (Abb. 5). Der Energieversorgungsanhänger stellt Energie zum Fahren und zum Arbeiten aus der Oberleitung bereit. Beim Arbeiten werden die kurzzeitigen Lastwechsel über Batteriesätze und Supercaps ausgeglichen. Die in ihnen gespeicherte Energie wird beim Beschleunigen zugeführt. Mit der Bremsenergie werden die Speicher geladen.

Abb. 6 zeigt die duale Energieversorgung eines modularen Energieversorgungsanhängers. Das Fahrzeug wird so ausgeführt, dass der Raum für einen alternativen Wasserstoffantrieb vorhanden ist. Damit kann der Dieselmotor jederzeit durch einen Elektrogenerator ersetzt werden. Über den Gleichstromzwischenkreis wird die Arbeitsmaschine mit

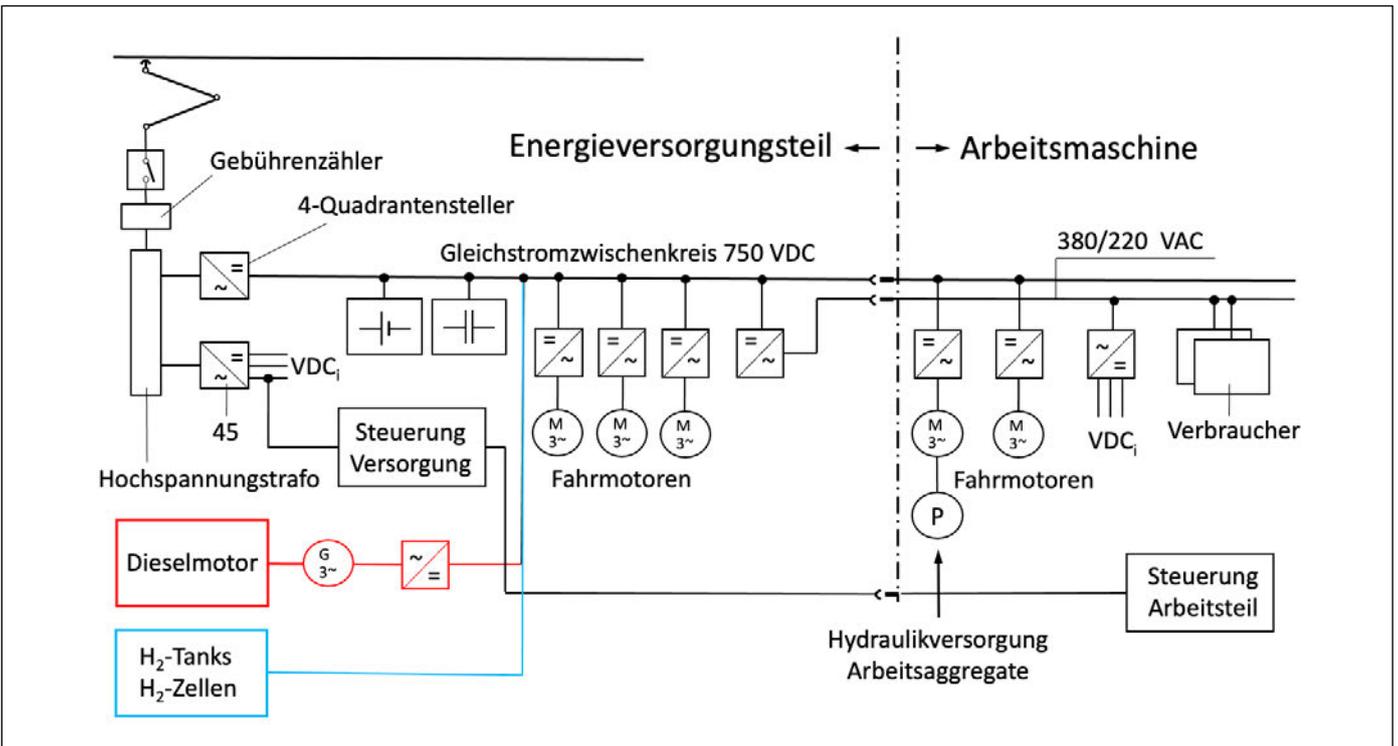


Abb. 6: Schematischer Elektroplan eines Energieversorgungsanhängers

Quelle: Autor



Abb. 7: Modulare Energieversorgungsmaschine mit Zusatzeinrichtungen

Quelle: system7-railsupport

Energie versorgt. Ein Elektromotor treibt den Hydraulikkreis an. Die notwendigen Kräfte und die erforderlichen Steuerungsabläufe der Arbeitsaggregate werden optimal durch Hydraulikeinrichtungen erzeugt.

**Umrüstung Oberbau-Bestandsmaschinen auf alternative Antriebe**

Oberbaumaschinen weisen typische Lebensdauern zwischen 18 und 24 Jahren auf. Vorhandene Maschinen werden nach dem Jahr 2040 noch arbeiten. Viele Länder streben für diesen Zeitraum bereits CO<sub>2</sub>-Zero-Szenarien an. Wie hoch wird der CO<sub>2</sub>-Preis pro Tonne steigen? Werden die gesetzlichen Vorgaben eine Weiterverwendung fossiler Antriebe erlauben? Das notwendige Bauvolumen und die zusätzlichen Gewichte durch Batterien, Umformer, Wechselrichter und Transformatoren erlauben einen Umbau vorhandener Maschinen mit Verbrennermotoren nicht.

Die Fa. System7 hat eine selbstfahrende und damit flexibel einsetzbare Energieversorgungsmaschine zum Patent eingereicht, welche universell für verschiedenste Maschinen Anwendung finden kann. Dabei bezieht dieses Versorgungsfahrzeug die Energie von der Oberleitung, wahlweise von Brennstoffzellen oder einer alternativen Diesel-Power-einheit. Ein Batteriesatz zur Abpufferung von Leistungsspitzen ist in jedem Fall vorhanden. Zusätzlich werden Supercaps eingesetzt. Das Fahrzeug versorgt die Bestandsmaschine mit einem Gleichstromzwischenkreis über eine kuppelbare Stromschiene. Auf der Bestandsmaschine werden Verbrennungsmotor und Dieseltank ausgebaut und durch einen Elek-

tromotor ersetzt. Dadurch muss für die Oberbaumaschine keine Neuzulassung beantragt werden. Die Energieversorgungsmaschine hingegen wird generell zugelassen und kann universell eingesetzt werden. Damit können Oberbaumaschinen, die noch eine längere Lebensdauer vor sich haben, auch unter CO<sub>2</sub>-Zero weiter betrieben werden. Einen weiteren Vorteil bietet die Ausrüstung des Energiefahrzeuges mit ECTS (European Train Control System), welches derzeit noch nicht Standard auf Oberbaumaschinen ist.

Die an eine Altmaschine kuppelbare Versorgungseinheit kann mit Zusatzeinrichtungen wie Gleis-Stabilisierungsaggregaten oder einer inertialen universalen Messeinheit ausgestattet werden, wie Abb. 7 zeigt. ■

**QUELLEN**

- [1] Optimismus im Klimawandel – Klimaziele EU, USA und China, [https://klimacrash.com/my\\_climate\\_view/optimismus-im-klimawandel-klimaziele-eu-usa-und-china/](https://klimacrash.com/my_climate_view/optimismus-im-klimawandel-klimaziele-eu-usa-und-china/) abgerufen am 16.7.2022
- [2] Lichtberger, B.: Unser Planet im Klimawandel – Ein Handbuch über physikalische und gesellschaftliche Zusammenhänge, Oekom Verlag, München, 2021
- [3] Ein neues europäisches Bauhaus – Europas Antwort auf den Klimawandel? [https://klimacrash.com/my\\_climate\\_view/ein-neues-europaeisches-bauhaus-europas-antwort-auf-den-klimawandel/](https://klimacrash.com/my_climate_view/ein-neues-europaeisches-bauhaus-europas-antwort-auf-den-klimawandel/) abgerufen am 16.7.2022
- [4] Meyer, G.; Bucknail, R.; Breuil, D.: Electrification of the Transport System – Studies and reports, European Union, 2017
- [5] Lichtberger, B.: Das Große Handbuch der Gleisinstandhaltung – Band 1 – Geschichte der Mechanisierung des Gleisbaus – Das System Gleis – Neubau und Umbau – Belastung – Überwachung und Messen – Schienenbearbeitung – Gleisgeometrieberechtigung – Stopfen, Tredition Verlag GmbH, Hamburg, 2022
- [6] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V (DLR): Wasserstoff als ein Fundament der Energiewende, Teil 2: Sektorenkopplung und Wasserstoff: zwei Seiten der gleichen Medaille, 2020
- [7] Kometer, J.; Seelos, G.; Kurzeck, B.; van der Linden, F.: Alternative Antriebsvarianten für Schienenfahrzeuge – Trend zur Vermeidung bzw.

- Reduktion von Verbrennungskraftmaschinen, ZEVrail 143 (2019) Tagungsband SFT Graz 2019
- [8] Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung: Erneuerbarer Wasserstoff in Österreich – Technologien, Einsatzbereiche und energiewirtschaftliche Perspektiven, 2009
- [9] Wiener Motoren Symposium 2020: Die größten Herausforderungen für Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe, [https://www.ots.at/presseaussendung/OTS\\_20200423\\_OTS0090/wiener-motorensymposium-2020-die-groessten-herausforderungen-fuer-wasserstoff-und-synthetische-kraftstoffe](https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20200423_OTS0090/wiener-motorensymposium-2020-die-groessten-herausforderungen-fuer-wasserstoff-und-synthetische-kraftstoffe), abgerufen am 4.4.2022
- [10] Kache, M.; Günther, S.: Brennstoffzellen in Schienenfahrzeugantrieben; EI – EISENBAHNINGENIEUR SPEZIAL Fahrzeuge – Entwicklung, Design, Ausstattung, 9/2017, S. 26-31
- [11] Handwerker, M.; Wellnitz, J.; Marzbani, H.: Comparison of Hydrogen Powertrains with the Battery Powered Electric Vehicle and Investigation of Small-Scale Local Hydrogen Production Using Renewable Energy, Hydrogen 2/2021, S. 76-100
- [12] El-Barudi, S.; Kliefoth, M.; Baentsch, F.: Stromversorgung von Batteriezügen mittels Oberleitung, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 10/2019, S. 56-62
- [13] Pilsen, H.: Können die fahrdrahtlosen Batteriefahrzeuge die Dieseltraktion im regionalen Eisenbahnbetrieb ersetzen? ZEVrail 143 (2019), Tagungsband SFT Graz 2019, S. 12-21
- [14] Steinwenker, H.: Batteriebetrieb von Gleisbaumaschinen und Eisenbahnfahrzeugen, EI – EISENBAHNINGENIEUR Sonderheft Gleisbaumaschinen, 9/2019, S. 13-16
- [15] Lichtberger, B.: Handbuch Gleis – Unterbau Oberbau Instandhaltung Wirtschaftlichkeit, DVV Media Group GmbH/ Eurailpress, Hamburg, 3. Auflage, 2010



**Univ.-Doz. Dr. Bernhard Lichtberger**  
 Chief Technical Officer  
 system7-railsupport GmbH,  
 A-Laakirchen  
 bernhard.lichtberger@s7-rail.com



**Wir freuen uns, Ihnen spannende Neuheiten vorzustellen!**

- Digitaler Audioverstärker mit PAN-System
- TFT-Stretch-Monitor zur Informationsanzeige
- FELA Cloud als einheitliche Plattform
- TVM zum bargeldlosen Ticketing

[www.fela.swiss](http://www.fela.swiss)

# 22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress



## 22<sup>nd</sup> International SIGNAL+DRAHT Congress

**HYBRID**

 17. – 18. November 2022, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center  
17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> 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 22<sup>nd</sup> 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](http://www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022)

Further information and the registration at  
[www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022](http://www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022)

#### Organisation | Organisation

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

#### Ausstellung | Sponsoring

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

#### Veranstalter | Organizer

**Eurail  
press**

## 22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress 22<sup>nd</sup> International SIGNAL+DRAHT Congress

Neues Zusammenspiel von Fahrzeug und Strecke Donnerstag, 17. November 2022		New interaction between vehicle and track Thursday, 12 <sup>th</sup> November 2022		Referent / Speaker
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 <sup>th</sup> 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 Umsetzungs-konzepte 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		

# Second-Life-Batteriespeichersysteme für eine klimaverträgliche Zukunft

Wie ausgemusterte Batterien zur Energiewende und Kreislaufwirtschaft beitragen.



Abb. 1: Encore Batteriespeichersysteme – links: Leistung bis zu 65 kW und Kapazität bis zu 120 kWh; rechts: Leistung bis zu 30 kW und Kapazität bis zu 60 kWh

Quelle: DB Bahnbaugruppe

ILMA BOJADZIC | ROMAN WANGELOW

**Elektrofahrzeuge erfreuen sich immer größerer Beliebtheit und verdrängen Autos mit Verbrennungsmotor. In den neuen E-Fahrzeugen haben sich effiziente Lithium-Ionen-Batterien als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität etabliert. Deren Lebens- und Kapazitätsdauer ist begrenzt, daher tauschen viele Hersteller die Batterien bei ca. 70 % der ursprünglichen Speicherkapazität aus. Auf die Frage: „Wohin mit diesen alten Batterien?“ hat die DB Bahnbaugruppe, eine Tochterfirma der Deutschen Bahn AG (DB), mit dem Start-up Encore die passende Antwort gefunden. Dieses fördert und entwickelt alternative Energiesysteme und trägt so dazu bei, Emissionen zu verringern und die Energiewende voranzutreiben. Ein Beispiel ist die Entwicklung von Second-Life-Batteriespeichern, die nun auf den Markt kommen.**

## Batterien aus der Elektromobilität

Der Straßenverkehr ist laut Bundesumweltministerium mit über 70 % an dem klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß maßgeblich beteiligt. Die Abgeordneten im Europäischen Parlament haben daher im Juni 2022 beschlossen, dass

ab 2035 nur noch emissionsfreie Neuwagen zugelassen werden. Ziel der Bundesregierung ist es, dass schon im Jahr 2030 7 bis 10 Mio. Elektrofahrzeuge auf den Straßen Deutschlands unterwegs sein sollen, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 40 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren [1].

Für Nutzer der E-Fahrzeuge ist die Batteriekapazität von hoher Relevanz, da sie zusammen mit dem Stromverbrauch die Reichweite des Fahrzeugs bestimmt. Die Kapazität sinkt jedoch mit zunehmendem Alter und ist abhängig von der Ladeart und Anzahl der Ladezyklen, dem Klima oder auch dem individuellen Fahrstil. Ist die Batterie für den Einsatz im Fahrzeug zu schwach, wird sie von den Herstellern getauscht. Laut einer ADAC-Studie soll die Abnahme der Kapazität auf 70 % erst nach etwa 200 000 km – hochgerechnet nach zehn Jahren [2] erfolgen. Die Hersteller haben sich – mit wenigen Ausnahmen – auf eine Batteriegarantie von acht Jahren und 160 000 km geeinigt.

Nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) hat sich der Bestand an Pkw mit reinem Elektroantrieb (BEV) zwischen 2012 und 2022 von 4500 bereits auf 618 460 erhöht [3]. Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend weiter stark voranschreitet und somit auch entsprechend viele gebrauchte Batterien zur Wiederverwendung anfallen werden.

## E-Batterien finden ein zweites Leben als Energiespeicher

Die Batterien sind zwar für den weiteren Einsatz im Fahrzeug zu schwach, haben aber noch ausreichend Power für ein zweites Leben – ein sogenanntes „Second Life“ – in einem anderen Anwendungsgebiet.

Encore nimmt Herstellern von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, wie z. B. E-Pkw, E-Bussen oder batterieelektrischen Zügen (BEMU), die gebrauchten Batterien ab und nutzt dafür das Logistiknetzwerk der DB. Die Batterien werden von Batteriepack- auf Batteriemodulebene demontiert und einer Sicherheits- und Qualitätsanalyse unterzogen. Die Batteriemodule werden dann mithilfe eines Battery Analyzers auf Basis der Impedanzspektroskopie auf ihre Restkapazität geprüft. Batteriemodule mit ausreichender Restkapazität werden für die Fertigung von Second-Life-Batteriespeichersystemen wiederverwendet. Schwache Batteriemodule werden aussortiert und fachgerecht recycelt. Bei dem Recycling werden die Batteriemodule erst geschreddert und dann in einem chemischen oder thermischen Verfahren in die Einzelrohstoffe aufgespalten, die für die Herstellung von neuen Batteriemodulen wieder in den Kreislauf gebracht werden.

Derzeit gibt es zwei Produktvarianten: ein kleines Batteriespeichersystem (Leistung bis

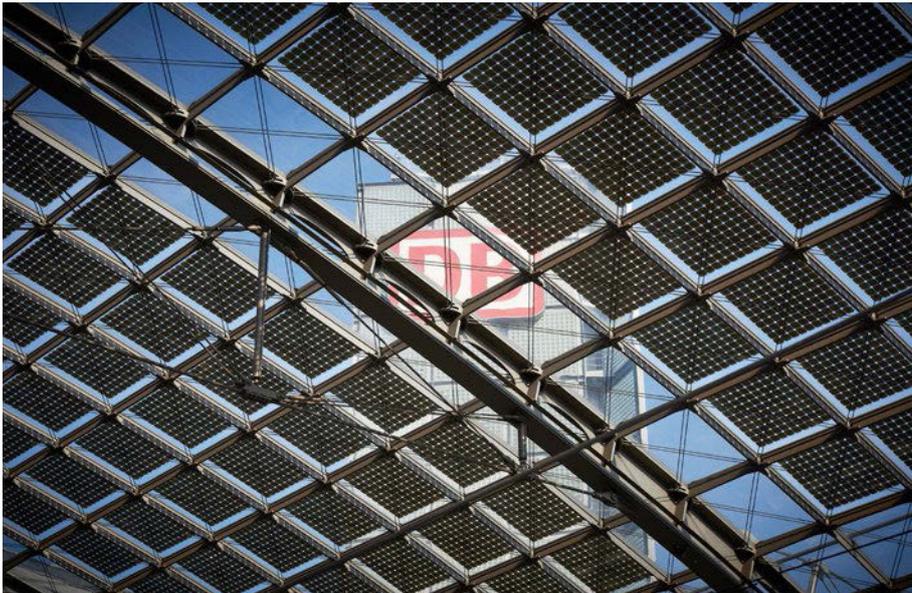


Abb. 2: Photovoltaikanlage am Berliner Hauptbahnhof

Quelle: Deutsche Bahn AG / Faruk Hosseini

zu 30 kW und Kapazität bis zu 60 kWh) für Kunden mit geringerem Energiebedarf (Abb. 1 links) und ein größeres Batteriespeichersystem (Leistung bis zu 65 kW und Kapazität bis zu 120 kWh), welches modular erweiterbar ist und dadurch Energie im Megawattstunden-

Bereich speichern kann (Abb. 1 rechts). Das kleine Batteriespeichersystem könnte ein Einfamilienhaus mit vier Personen ca. fünf Tage autark mit Strom versorgen und das große Batteriespeichersystem entsprechend doppelt so lange. Durch die Nutzung von ge-

brauchten Batteriemodulen entsteht für die Kunden ein attraktiver Preisvorteil gegenüber Neubatterien.

#### Ein konkreter Beitrag zur Energiewende

Die Nachfrage nach Speichermöglichkeiten für erneuerbare Energien steigt, so könnten die Second-Life-Batteriespeichersysteme z.B. Strom aus Photovoltaikanlagen (Abb. 2) tagsüber speichern und an Tagesrandzeiten wieder zur Verfügung stellen. Sie könnten beispielsweise auch helfen, den hohen Energiebedarf von Instandhaltungs- und Bereitstellungswerken der DB über den Tag zu verteilen, um dadurch Kosten für Stromspitzen einzusparen.

Die Vorteile des Speichersystems können grundsätzlich allen Unternehmen nützen, die einen hohen Energiebedarf haben und auf erneuerbare Energien setzen.

Das erste Batteriespeichersystem wurde im Juli 2022 am EUREF-Campus in Berlin (Abb. 3) angeschlossen und fungiert dort als Teil der Micro Smart Grid, ein Stromnetz, in dem unterschiedliche Energiequellen, Verbraucher und Speicher intelligent verknüpft sind. Ziel ist es, das öffentliche Netz durch planbare Energieflüsse zu entlasten und den Anteil erneuerbarer Energien am Campus zu steigern. Weitere Batteriespeichersysteme sollen 2022 folgen, bevor sie 2023 in Serie gefertigt und vertrieben werden.



**InnoTrans 2022**  
20-23 SEPTEMBER  
BERLIN

Besuchen Sie uns in der  
Halle 21, Stand 230

WE MAKE THE WORLD A BIT MORE QUIET

## Entwickelt für Deutschland – Weltweit im Einsatz

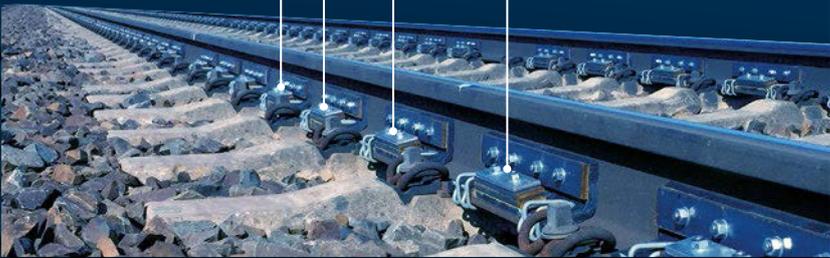
VICON AMSA Schienenstegdämpfer –  
Not a vision but reality

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



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](http://www.sundv.de)





Abb. 3: Encore Batteriespeichersystem am Digitalen Testfeld in Scheibenberg

Quelle: PS Media Point / Maurice Martin

Mit der Produktion alternativer Energiesysteme stellt sich die DB Bahnbaugruppe nicht nur breiter in ihrem Produktportfolio auf, sondern leistet auch einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der Energiewende.

**Kreislaufwirtschaft fördern und Nachhaltigkeit steigern**

Die Batterie macht bei Elektrofahrzeugen ungefähr 40 % der Wertschöpfung aus und ist entsprechend wichtig für die Nachhaltigkeit. Deswegen fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK) auch die klimaverträgliche Produktion von Batterien in Deutschland. Dabei soll der gesamte Lebenszyklus der Batteriezelle nachhaltig gestaltet

und eine intelligente Nachnutzung sowie die Rückgewinnung der wertvollen Rohstoffe durch Recycling sichergestellt werden [4]. Der steigende Bedarf an nachhaltigen Mobilitätskonzepten macht eine (Weiter-)Entwicklung der Batterietechnologie unabdingbar. Gleichzeitig ist auch die Kreislaufwirtschaft der Batterien in Form nachgelagerter Anwendungsszenarien und Wertstoffrückführung von enormer Bedeutung, um deren Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Indem die Lebensdauer der Batterien verlängert und im Entsorgungsfall fachgerechtes Recycling sichergestellt wird, müssen auch weniger neue Primärrohstoffe für die Produktion von Batteriespeichersystemen gewonnen werden. Inso-

fern bietet Encore einen innovativen Ansatz im Ressourcenschutz.

**Funktionsweise der Batteriespeichersysteme und -module**

Ein Batteriespeichersystem besteht aus dem Batteriespeicher sowie der zugehörigen Leistungselektronik, die den Gleichstrom aus dem Batteriespeicher in den Wechselstrom des angeschlossenen Stromnetzes umwandelt. Der Batteriespeicher selbst besteht aus Batteriemodulen, einem Batteriemanagementsystem (BMS), Verkabelung sowie Gehäuse, Schaltern und Anzeigeelementen (Peripherie). Die Batteriemodule wiederum bestehen aus einer Vielzahl von Batteriezell-

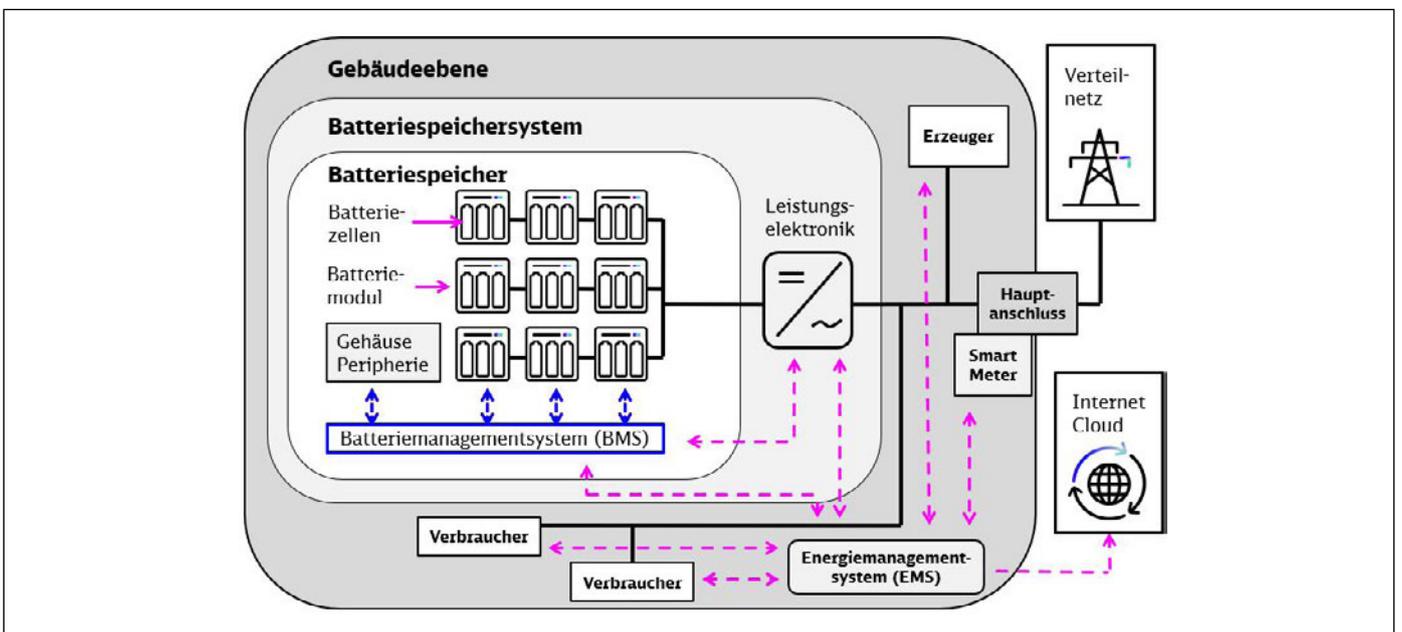


Abb. 4: Blockschaubild Batteriespeichersystem

Quelle: DB Bahnbaugruppe / Roman Wangelow

len, die in Reihe und teilweise auch parallel miteinander verschaltet sind.

In dem Batteriespeichersystem selbst findet zwischen den Komponenten Kommunikation in Form von Steuersignalen, Messsignalen oder einem geeigneten Kommunikationsprotokoll statt. Beispielsweise sendet das BMS Statusinformationen an eine Anzeige am Gehäuse, liest Zellspannungspegel aus oder gibt Informationen zum Betriebsstatus, wie „Batterie betriebsbereit“, an die Leistungselektronik weiter.

Das Batteriespeichersystem ist in der Lage, Strom von Erzeugern wie z.B. Solaranlagen aufzunehmen und zu speichern. Zu den Tageszeiten, an denen ein Unterangebot von erneuerbaren Energien im übergeordneten Verteilnetz herrscht, gibt das Batteriespeichersystem den gespeicherten Strom an die lokalen Verbraucher ab. (Abb. 4)

Um diesen Vorgang zu koordinieren ist ein Energiemanagementsystem (EMS) notwendig. Das EMS erfasst die Betriebszustände der Verbraucher, der Erzeuger, des Batteriespeichersystems und des Verteilnetzes und versucht den Energietransfer zwischen ihnen optimal abzustimmen. Letztlich gibt das EMS der Leistungselektronik Sollwerte vor,

damit diese den Batteriespeicher lädt bzw. entlädt.

Das BMS hat viele Aufgaben zu erfüllen: Der wichtigste Aspekt beim Betrieb eines Batteriespeichersystems ist die Sicherheit. Deswegen erfasst das BMS fortwährend die Zellspannungen aller Batteriezellen, die Betriebstemperatur und die fließenden Ströme.

Das BMS übermittelt die erfassten Daten an das EMS, welches die Daten im Internet auf geeigneten Plattformen speichert. Entsprechend spezialisierte Dienstleister werten die Daten permanent aus und können somit einen sich anbahnenden Fehlerfall erkennen und durch das Fernabschalten des Batteriespeichersystems einen Schaden verhindern. Damit das BMS die gemessenen Daten übermitteln kann, muss eine geeignete Kommunikationsschnittstelle existieren. Ebenso ist eine Kommunikation mit der angeschlossenen Leistungselektronik notwendig.

#### Funktionen von BMS

##### Über- und Unterspannungsschutz

Die einzelnen Batteriezellen sind aufgrund von Fertigungstoleranzen oder unterschiedlichen Alterungszuständen nie komplett

identisch. Um ein Über- oder Entladen zu verhindern, misst das BMS die Spannung jeder einzelnen Zelle im Batteriespeicher beim Laden oder Entladen.

##### Überstrom- und Kurzschlussstromschutz

Die Batteriezellen besitzen einen spezifizierten Strombereich, mit dem sie geladen und entladen werden dürfen. Werden diese Grenzwerte überschritten, können sie beschädigt



#### Einheitenlexikon

Spannung: U [V – Volt]

Strom: I [A – Ampere]

Leistung:  $P=U \cdot I$  [W=V\*A – Watt]

Energie:  $E=P \cdot t$  [J=W\*s – Joule;

Wh – Wattstunden; kWh –

Kilowattstunden]

Ladung:  $Q=I \cdot t$  [C=A\*s – Colomb;

Ah – Amperestunden]

Kapazität:  $C=Q/U$  [F=C/V=A\*s/V – Farad]

Energiedichte:  $w=E/m$  [Wh/kg – Wattstunden je Kilogramm]

**ON TRACK**

**InnoTrans**

**COME & VISIT US**  
**ON STAND 250 - HALL 26**  
 20-23 SEPTEMBER 2022 – BERLIN

**MATISA**

*la passion du rail*

matisa.ch

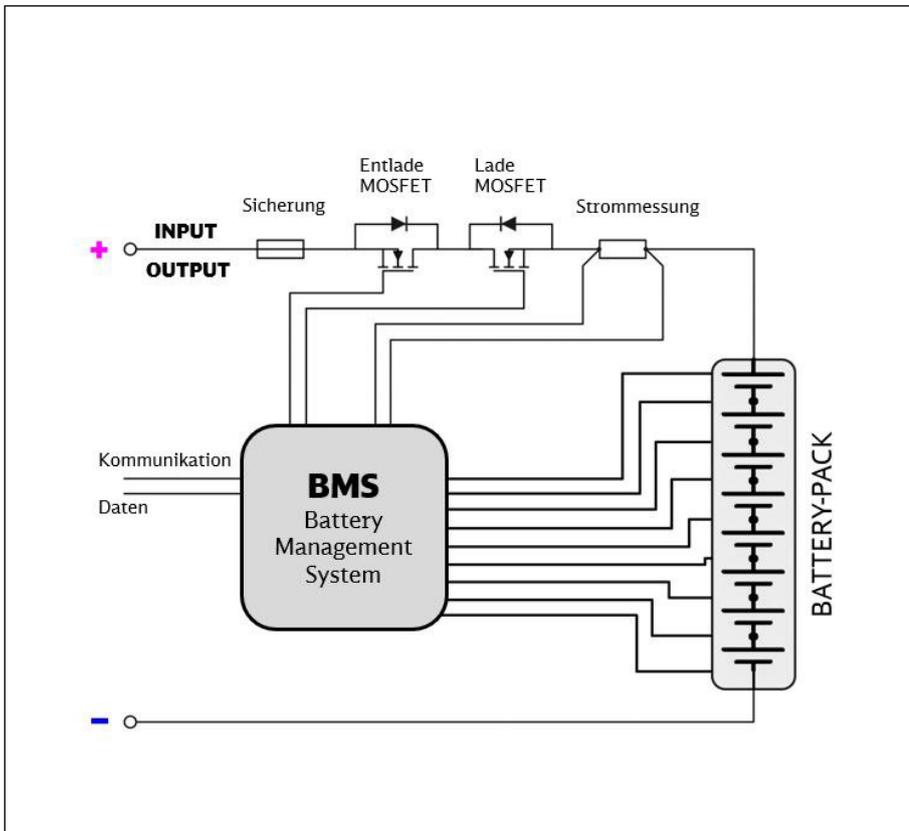


Abb. 5: Aufbau eines BMS

Quelle: DB Bahnbaugruppe / Roman Wangelow

werden, was sich z.B. in einer vorschnellen Alterung bemerkbar machen kann. Um dies zu verhindern, müssen die Lade- und Entladeströme vom BMS gemessen werden. Beim Überschreiten der Grenzwerte unterbricht das BMS mittels der in Abb. 4 dargestellten Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFET) den Lade- bzw. Entladevorgang für eine gewisse Zeit. Insbesondere bei einem Kurzschluss muss die Batterie vom Verbraucher sofort getrennt werden, da sie überhitzen kann. Für den Fall, dass der Überstromschutz per MOSFET versagt, gibt es eine Sicherung, die im Kurzschlussfall auslöst und die Batterie vor Schädigung schützt. (Abb. 5)

### Über- und Untertemperaturschutz

Batteriezellen erwärmen sich aufgrund des Innenwiderstands, wenn Strom durch sie fließt oder durch äußere Einflüsse, wie eine hohe Umgebungstemperatur. Deshalb muss das BMS auch die Temperatur überwachen. Da sich die Wärme über die Zeit im Batteriemodul verteilt und angleicht, muss nicht die Temperatur jeder Einzelzelle gemessen werden. Bei Überschreitung der zulässigen Temperatur schaltet das BMS mittels der MOSFET den Lade- bzw. Entladevorgang vorübergehend ab, bis sich das Batteriepack wieder in einem sicheren Temperaturbereich befindet. Auch bei tiefen Minustemperaturen sinkt die Kapazität der Batterien stark ab. Daher gibt es Vorwärmesysteme, die die Batterietemperatur in einen günstigen Temperaturbereich führen.

### Messung des Ladezustands: State of Charge (SoC)

Aus den gemessenen Einzelzellspannungen ermittelt das BMS den Ladezustand, welcher in der Regel in Prozent angegeben wird. Bei einer sehr einfachen linearen Betrachtung berechnet sich der SoC gemäß folgender Formel:

$$\frac{\text{aktuelle Spannung} - \text{Entladeschlussspannung}}{\text{Ladeschlussspannung} - \text{Entladeschlussspannung}} [\%]$$

Für exaktere Betrachtungen muss die zellspezifische Lade- bzw. Entladekennlinie für die Berechnung verwendet werden, welche nicht statisch ist, sondern von der aktuellen Lade- bzw. Entladerate und Temperatur abhängig ist.

### Messung des Alterungszustands: State of Health (SoH)

Da eine Batteriezelle mit vielen Lade- und Entladezyklen an Kapazität verliert, wird der Alterungs- bzw. Gesundheitszustand mit folgender Formel bestimmt:

$$\frac{\text{aktuell entnehmbare Gesamtladung}}{\text{nominal entnehmbare Gesamtladung}} [\%]$$

### Zellspannungsausgleich (Cell-Balancing)

Das Grundproblem bei Zellen unterschiedlicher Zellkapazitäten ist, dass beim Laden oder Entladen immer das schwächste Glied in der Kette – also die Zelle mit der geringsten Kapazität – die Kapazität des gesamten Batteriemoduls bestimmt. Das BMS gleicht

die Unterschiede zwischen den Batteriezellen aus, indem ein passiver oder aktiver Zellspannungsausgleich vorgenommen wird.

Beim Aufladen ohne passiven Zellspannungsausgleich wird so lange aufgeladen, bis die erste (schwächste) Zelle die Ladeschlussspannung erreicht hat, obwohl die restlichen Zellen z.B. erst zu 80 % geladen sind. Beim Aufladen mit passivem Zellspannungsausgleich wird vom BMS ein paralleler Widerstand zugeschaltet, der während des Ladens die Spannung der jeweils parallel liegenden Zelle begrenzt, damit die restlichen Zellen weiter aufgeladen werden können.

Beim Entladen ohne aktiven Zellspannungsausgleich wiederum erreicht die schwächste Zelle zuerst die Entladeschlussspannung, und das ganze Batteriemodul wird vom BMS abgeschaltet. Beim Entladen mit aktivem Zellspannungsausgleich ist es möglich, Strom aus den stärksten Batteriezellen in die schwächsten zu transferieren, um somit das gesamte Batteriemodul gleichmäßig zu entladen. ■

### QUELLEN

- [1] <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/verkehr-1672896>, letzter Zugriff am 06.06.2022 um 13:36
- [2] <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-batterie/>, letzter Zugriff am 06.06.2022 um 16:20
- [3] [https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugbestand/2022/pm10\\_fz\\_bestand\\_pm\\_komplett.html](https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugbestand/2022/pm10_fz_bestand_pm_komplett.html), letzter Zugriff am 06.06.2022 um 13:39
- [4] <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/Batteriezellfertigung/batteriepass.html>, letzter Zugriff am 06.06.2022 um 16:36



#### Ilma Bojadzic

Gründerin & Leiterin encore | DB  
DB Bahnbaugruppe GmbH,  
Frankfurt am Main  
ilma.bojadzic@deutschebahn.com



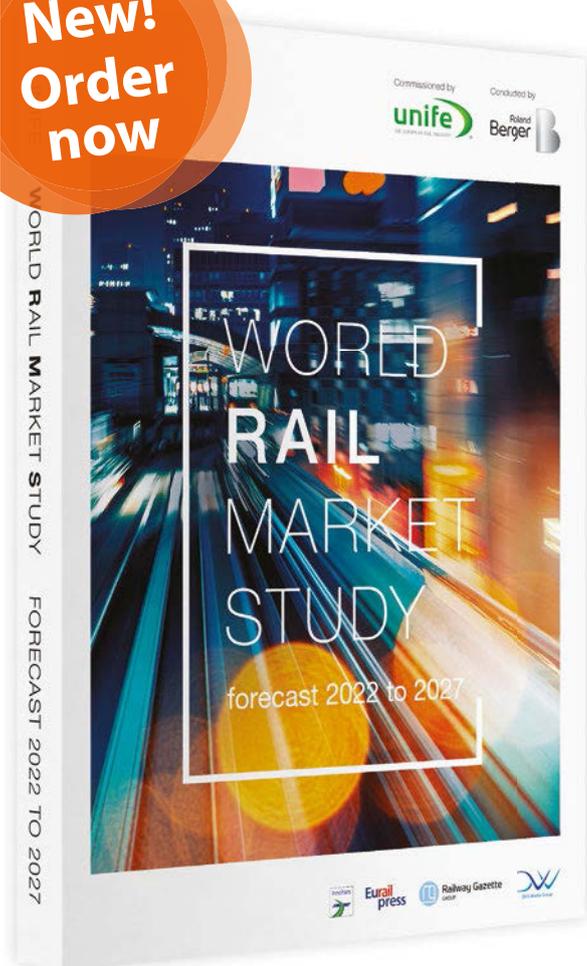
#### Roman Wangelow

Ingenieur für Batteriespeichersysteme  
encore | DB  
DB Bahnbaugruppe GmbH, Berlin  
roman.wangelow@deutschebahn.com

# WORLD RAIL MARKET STUDY

9<sup>th</sup> 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](mailto:service@eurailpress.com)

**Phone:** +49 40 237 14-260

**Fax:** +49 40 237 14-258

More information at [www.eurailpress.de/wrms-2022](http://www.eurailpress.de/wrms-2022)

Commissioned by



Conducted by



# CFW – Schienengüterverkehrskonzept von morgen

Homogenes Zugkonzept nutzt die Möglichkeiten der Digitalisierung und Automatisierung konsequent für einen hoch effizienten und kompetitiven Schienengüterverkehr.

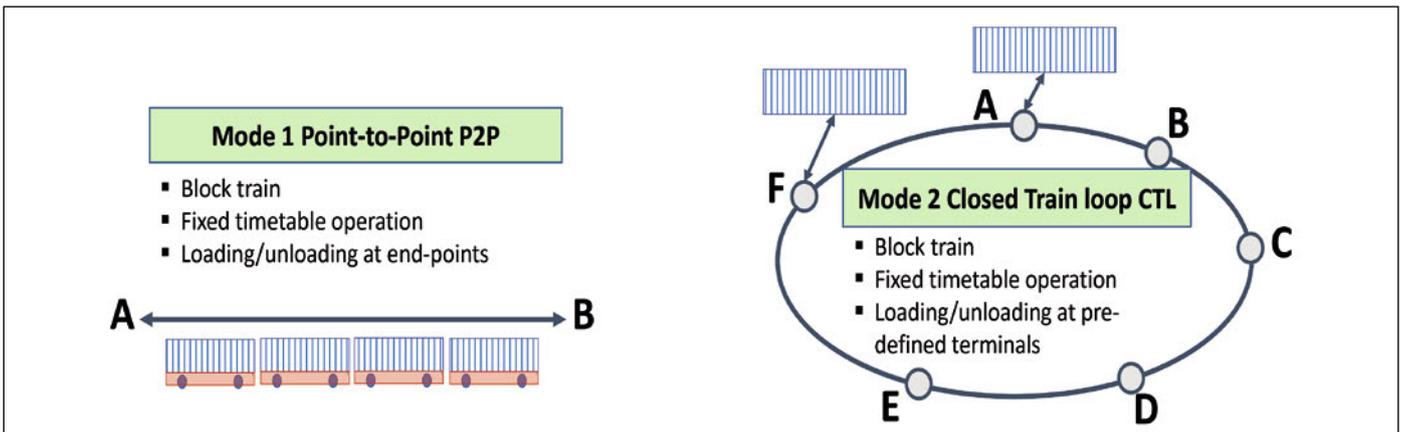


Abb. 1: CFW-Produktionskonzepte, ConTraffic 2021

Quelle: [1]

ROLAND BÄNSCH | MAXIM WEIDNER |  
 JAIZKI MENDIZABAL | JULIO GALIPIENZO |  
 ARNE HENNING | BENJAMIN BAASCH |  
 NICOLAI SCHMAUDER |  
 ROBERT WINKLER-HÖHN |  
 CHRISTIAN GOMES ALVES | DAVID KRÜGER |  
 MATHILDE LAPORTE

Die Anforderungen an den Güterverkehr und die zugrunde liegende Logistik sind in den letzten Jahren enorm gestiegen. Während die Straße Antworten darauf gefunden hat, hat die Schiene an ihrem Produktionsmodell im Wesentlichen festgehalten. Das EU-Weißbuch Verkehr von 2011 gibt dessen ungeachtet vor, große Transportmengen auf die Schiene zu verlagern, und zwar nicht allein durch technologische Innovationen, sondern auch durch die Etablierung neuer, marktgerechter und hocheffizienter Produktionskonzepte. Das Güterverkehrs- und -wagenkonzept des Competitive-Freight-Wagon-Konsortiums CFW hat Antworten und mit dem Extended Market Wagon (EMW) technische Lösungen gefunden, dessen Prototyp auf der InnoTrans 2022 erstmalig zu sehen sein wird.

## Das Güterkonzept von morgen

Die Triebfeder für jeden Fortschritt ist die Erfüllung der Bedürfnisse der Verloader und ihrer Kunden, die seit Jahrzehnten den Straßenverkehr bevorzugen. Dies setzt eine kritische Betrachtung des Güterzugbetriebs voraus, um sicherzustellen, dass das künftige Pro-

duktions- und Zugkonzept für Betriebsarten geeignet ist, die Stärken der Schiene im Wettbewerb zum Verkehrsträger Straße zur vollen Geltung zu bringen.

Um den Produktionsprozess auf der Schiene so produktiv wie möglich zu gestalten, sollte der Schwerpunkt in Zukunft auf dem Ganzzugbetrieb liegen, entweder im Punkt-zu-Punkt-Betrieb (P2P, Abb. 1, links), wie er heute für Werk-zu-Werk-Verkehre mit großen Gütermengen beziehungsweise im „Hafenhinterland“-Verkehr eingesetzt wird oder mit einer geschlossenen Zugschleife (Closed Train Loop, CTL, Abb. 1, rechts), um Container- und Wechselbehältertransporte an Terminals, an denen die Be- und Entladung erfolgt, auf das Schienensystem zu ziehen. Ganzzugbetrieb ist die Betriebsart, bei der die Zuggarnitur und Lokomotive eine Einheit bilden. Die Zerlegung erfolgt nur im Falle von Instandhaltungsarbeiten und ist nicht als Teil des eigentlichen Betriebsprozesses zu sehen. Dadurch entfallen kosten- und zeitintensive Prozesse für die Zugbildung, was die Gesamttransportzeiten drastisch reduziert. Angeboten werden die Verkehrsleistungen in diesen Produktionsmodi auf der Basis eines festen Fahrplanes, um eine stabile Planungsgrundlage für den Spediteur und Versender zu schaffen.

Der EMW ist auch für eine dezentrale, automatisierte und autonome Zugbildung mit eigenem Antrieb für kurze Distanzen und geringen Geschwindigkeiten einsetzbar. Dieser Produktionsmodus, der die logische Nachfolge für den heutigen Einzelwagenverkehr bildet, ohne auf dessen kostenintensive Infrastruktur von Rangierbahnhöfen und Zugbildungsanla-

gen angewiesen zu sein, wird im Weiteren an dieser Stelle jedoch nicht weiter erörtert, weil das erreichbare Transportvolumen begrenzt bleibt.

Die im Weißbuch ausgedrückte und gesellschaftspolitisch gewünschte Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene stellt enorme Herausforderungen an das System Schiene, das heute bereits in vielen Bereichen an der Kapazitätsgrenze operiert. Ein Netzausbau ist langwierig und sehr teuer, eine Machbarkeit bis 2050 darf daher bezweifelt werden. Die hier vorgestellten Produktionsarten führen zu einer deutlich höheren Produktivität beim Einsatz von Produktionsmitteln und reduzieren bzw. eliminieren komplexe und kostenintensive Prozesse auf der Infrastrukturseite. Der Produktivitätsgewinn des vorgeschlagenen Modells liegt etwa bei dem Faktor drei bis fünf gegenüber heutigen Verkehren. Darüber hinaus reduzieren sie den spezifischen Personalbedarf für den Schienengüterverkehr (SGV), da die Produktionsverfahren darauf ausgerichtet sind, den Güterzug möglichst lange in Bewegung zu halten, d. h. der Anteil der reinen Transportzeit steigt. So sinkt z. B. nicht nur die Anzahl der benötigten Fahrzeuge deutlich, sondern auch der Bedarf an Betriebspersonal. Ein weiteres wichtiges Element des CFW-Konzeptes ist die Auslegung des Güterzuges auf eine höhere Maximalgeschwindigkeit (140 km/h), die zusammen mit einer elektronischen Bremsregelung zu einer höheren Fahrdynamik führt. So ist es möglich, auch im Tagessprung durch die dichten Knoten des Schienennetzes mit vorrangig behandeltem Schienenpersonenverkehr zu gelangen und

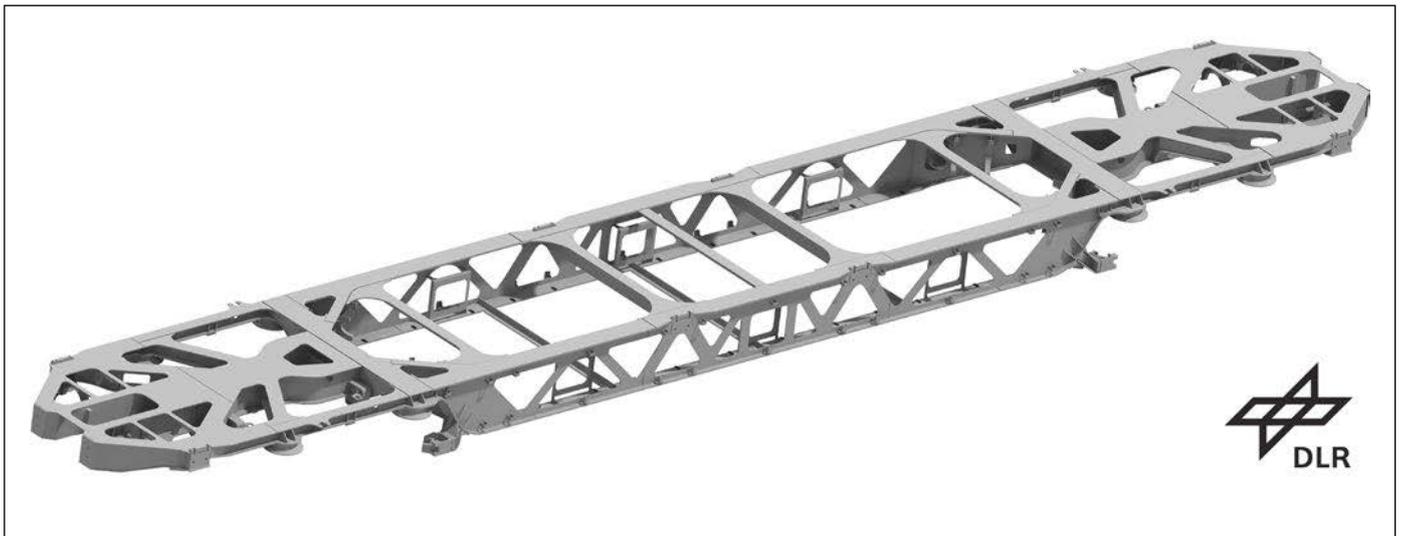


Abb. 2: Strukturoptimiertes und fertigungsgerechtes Modell des Güterwagenkonzepts Extended Market Wagon

Quelle: DLR

dort bestehende Kapazitätsreserven für den Güterverkehr zu erschließen. Das schafft mehr Kapazität, verkürzt Gesamttransportzeiten und steigert die Attraktivität der Schiene für zeitkritische oder temperaturgeführte Transporte – Märkte, die heute von der Straße dominiert werden.

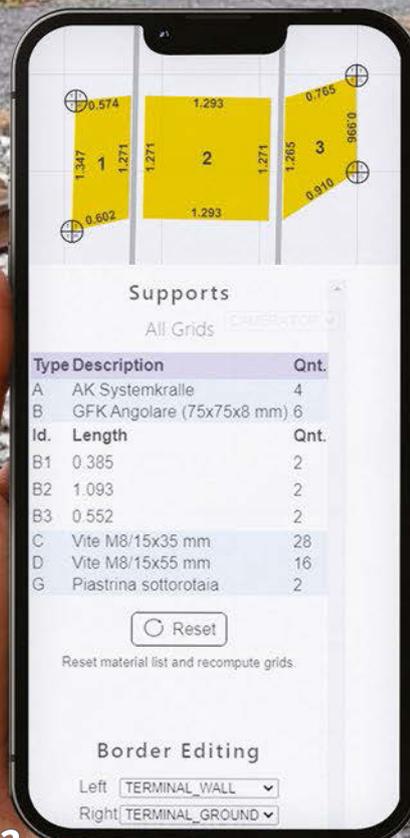
### Güterwagendesign

#### Wagenkasten

Für den Wagenkasten des EMW werden Leichtbaupotenziale analysiert, und unter Berücksichtigung der Fertigbarkeit wird ein Wagenkonzept ausgearbeitet.

Die Randbedingungen des zweiachsigen EMW erfordern zur Einhaltung des G2-Lademaßes eine Ladehöhe von unter 1000 mm, um auch High-Cube-Behälter unter strengen Lichtraumprofil-Vorgaben transportieren zu können. Unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen wird der verfügbare

Bestellen Sie Ihren Dienstweg ganz einfach mit dem neuen **GFK Kit-Assembly-System Calculator**



**SWISSCROSS**

Personalisierte Anweisungen und zugeschnittenes Material



**InnoTrans 2022**  
20-23 SEPTEMBER | BERLIN

Infrastruktur Halle 26 Stand 250  
Rollmaterial Halle 2.2 Stand 250



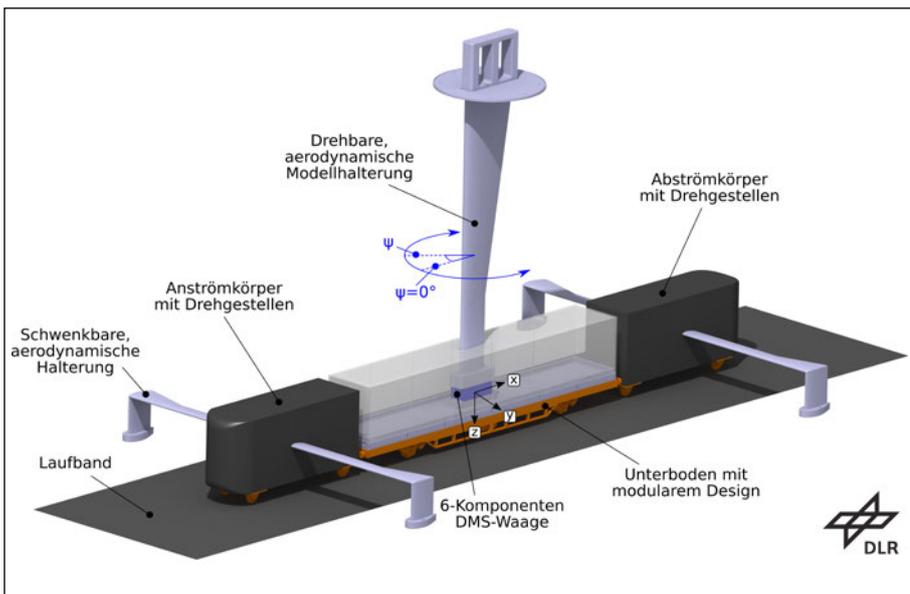
GRUPE BORFLEX

In nur 3 Schritten zum Angebot:

- 1 Fotos aufnehmen
- 2 Hochladen
- 3 Daten eingeben



Borflex Rex SA | CH-6850 Mendrisio  
www.borflex-rex.ch | sales@borflex-rex.ch | t +41 91 640 50 50



**Abb. 3:** Experimenteller Aufbau der Windkanaluntersuchungen zur aerodynamischen Optimierung des Güterwagens

Quelle: DLR

Bauraum dreidimensional abgeleitet, in einem Präprozessor diskretisiert sowie Randbedingungen und die relevanten Massen bzw. Lastfälle gemäß der EN 12663-2 implementiert. Mithilfe einer auf Finiten Elementen (FE) basierenden Topologieoptimierung werden Lastpfade und Kraftflüsse sowie eine leichtbauoptimierte Struktur des Wagens errechnet. Das Ziel des Topologieoptimierungssolvers ist die Minimierung der Masse unter Berücksichtigung lokaler Verformungen und der globalen Steifigkeit. In einem iterativen Prozess wird so eine Struktur mit dem höchsten Leichtbaupotenzial ermittelt. Aus den Ergebnissen der Topologieoptimierung wird ein lastpfadangepasstes Skelett abgeleitet und anschließend eine Konzeptkonstruktion in Profil- und Blechbauweise ausgearbeitet [2].

Konkurrierende Anforderungen an die Wagenstruktur wie Leichtbau, Robustheit und Fertigbarkeit erfordern eine iterative Methodik, die schlussendlich die in Abb. 2 dargestellte Wagenkastenstruktur ergibt. Die Kupplungslasten werden dabei auf die Langträger auf beiden Seiten des Wagens übertragen, um mit den Ober- und Unterblechen in den Fahrwerksbereichen einen kontinuierlichen Kraftfluss zu erreichen. Die automatischen Containerverriegelungen (siehe Abschnitt Automatische Containerverriegelung) sind auf beiden Seiten in die Langträger integriert und Vorrichtungen für die Integration der notwendigen Elektronik in Wagon-Onboard-Units (WOBU) am Steg des Langträgers angebracht.

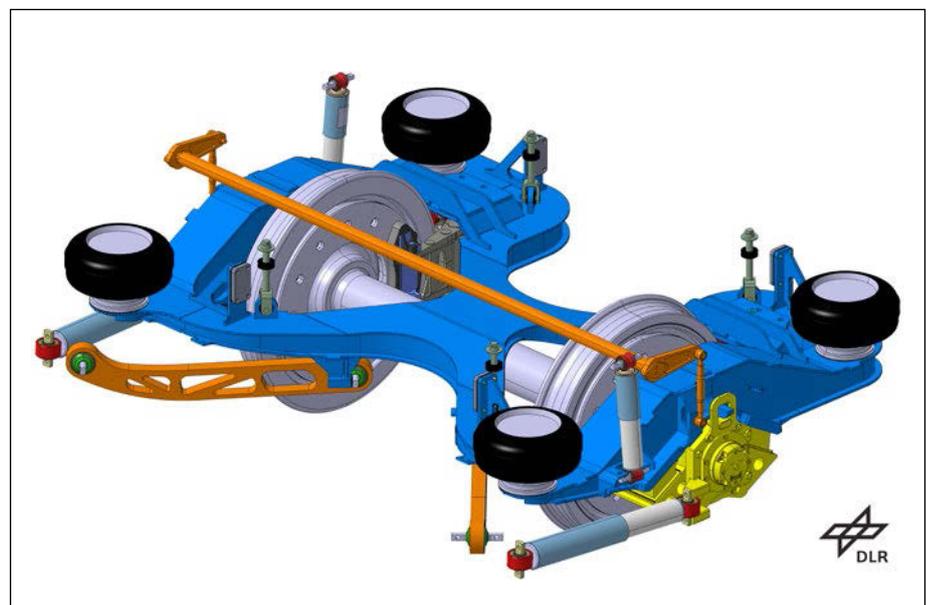
Durch die vorangegangene Strukturoptimierung und den Fokus auf stringenten Leichtbau beträgt die Masse des EMW im betriebsbereiten Zustand 11 788 kg. Der EMW ist damit bei vergleichbarer Transportkapazität z. B. 21 % leichter als der 5L next [3]. Dies ermöglicht

es, die spezifizierte Zuglänge von 750 m in Einfachtraktion fahren zu können, da die gezogene Masse des beladenen Zuges so unter 1800 t liegt. Zusätzlich sinkt der spezifische Energiebedarf sowohl in der Fertigung als auch im Betrieb, wodurch auch die Treibhausgasemissionen reduziert werden können. Bei weiterer Optimierung des Gesamtfahrzeuges im Zugverband und dem Einsatz von Werkstoffverbundlösungen ist eine Absenkung des Leergewichtes auf unter 10 t machbar.

#### Aerodynamik

Die im Rahmen der Entwicklung des Güterwagens durchgeführten aerodynamischen Unter-

suchungen konzentrieren sich auf die Reduzierung des Luftwiderstands des Wagens durch Optimierung der Geometrie, um den energieeffizienten Betrieb zu verbessern und die CO<sub>2</sub>-Bilanz insgesamt zu reduzieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene aerodynamische Maßnahmen für eine verbesserte Unterbodengeometrie in einem Windkanalversuch untersucht, um einen detaillierten Überblick über deren Wirksamkeit zur Luftwiderstandsminderung zu geben. Die Experimente wurden bei einer Reynolds-Zahl von  $5,0 \times 10^5$  in der Seitenwind-Simulationsanlage des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) mit einem optimierten bewegten Boden durchgeführt, der durch ein Laufband simuliert wurde. Die schwenkbare Aufhängung des Modells ermöglichte Seitenwinduntersuchungen mit Gierwinkeln des Modells bis zu 10°, was typischen Seitenwindströmungsverhältnissen im Betrieb entspricht. Als generisches Basismodell wurde die vereinfachte Geometrie eines Tragwagens für Container und Wechselbrücken Lgs 580 im Maßstab 1:10 verwendet, aerodynamische Verbesserungen wurden angebracht und verglichen. Der Luftwiderstand wurde anhand der aerodynamischen Kräfte am Vollgüterwagenmodell mit Container bewertet, die mit einer 6-Komponenten-DMS-Waage gemessen wurden (Abb. 3). Mehr als 50 verschiedene Konfigurationen wurden gemessen, und weitere Kombinationen werden für zukünftige Messungen im Hinblick auf den Nutzen einzelner Maßnahmen in Betracht gezogen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass durch einfach umsetzbare Maßnahmen wie das Abdecken von Rauigkeiten in der Grundrahmenkonstruktion eine deutliche Reduzierung des Luftwiderstands um 8–24 % erreicht wird. Als beste aerodynamische Maßnahme wurde eine Vollverkleidung am Unterboden mit einer Verbesserung von 31 % ermittelt. Die



**Abb. 4:** CAD-Modell des Fahrwerks, blau: Fahrwerksrahmen, orange: Teile zur Lastübertragung (Zug-Druck-Stangen, Stabilisator)

Quelle: DLR

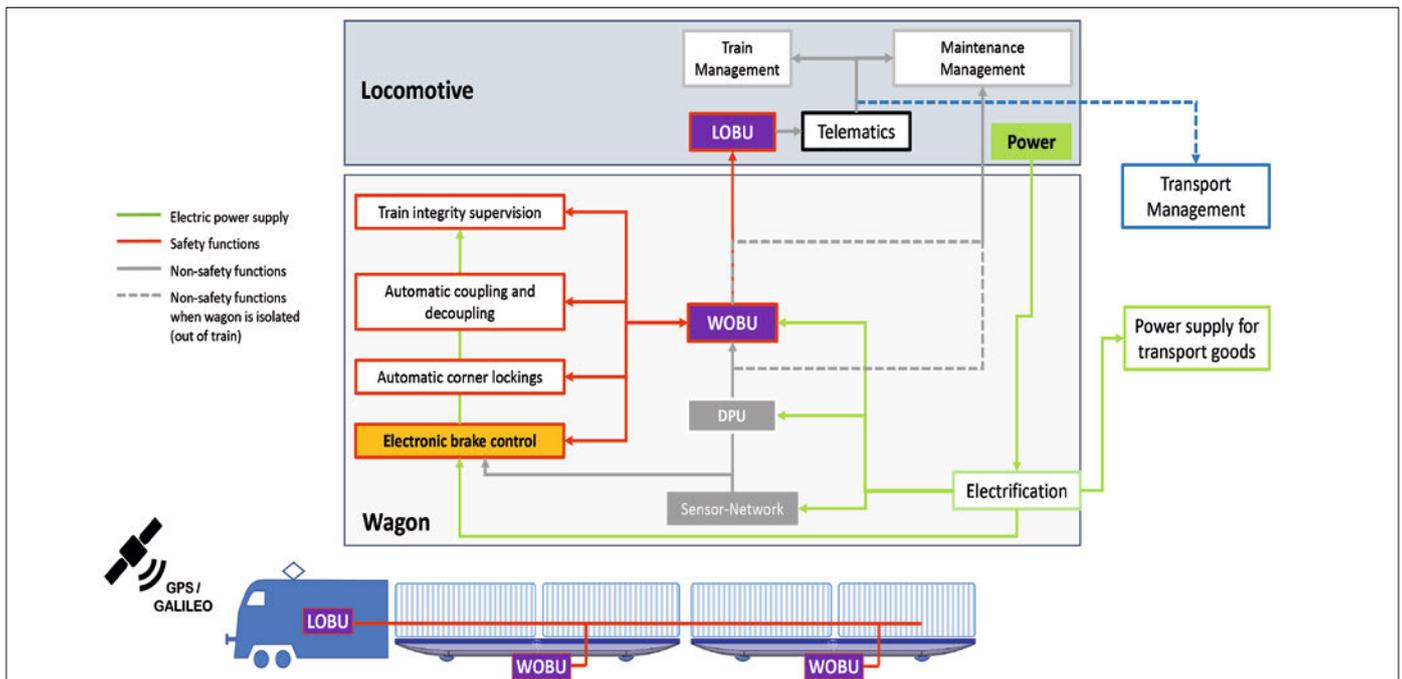


Abb. 5: STI-System und Funktionen, ConTraffic 2021

Quelle: [4]

vollparametrische Geometrieuntersuchung von Form und Größe von aerodynamischen Verkleidungen und Seitenschwellern bietet Herstellern Empfehlungen für ein optimiertes Wagendesign zur Verbesserung der Energieeffizienz von Güterzügen der nächsten Generation. Basierend auf der Machbarkeit und der signifikanten Auswirkung auf den Luftwiderstand, wurde eine modifizierte Maßnahme für die finale Konstruktion des Wagens ausgewählt.

**Fahrwerk CFW-850-1**

An das Fahrwerk des Wagens werden spezielle Anforderungen gestellt:

- Ladehöhe von unter 1000 mm
- Einsatz von Scheibenbremsen
- eine Achse pro Fahrwerk
- Einsatz von Luftfedern als Sekundärfederstufe
- Beschädigungen an Fahrwerk und Infrastruktur verringern
- niedrige Lebenszykluskosten

- hohe Laufstabilität auch bei höheren Geschwindigkeiten.

Aufgrund dieser Anforderungen besteht die Notwendigkeit, ein komplett neues Fahrwerk zu entwickeln (Abb. 4). Bei der Entwicklung des Fahrwerks sind FE-Berechnungen und Mehrkörpersimulationen durchgeführt worden. Für die Berechnung sind alle geforderten Lasten der EN 13749, die Dämpferlasten, harte Anschlaglasten sowie spezielle Situationen wie Heben und Versagensszenarien berücksichtigt

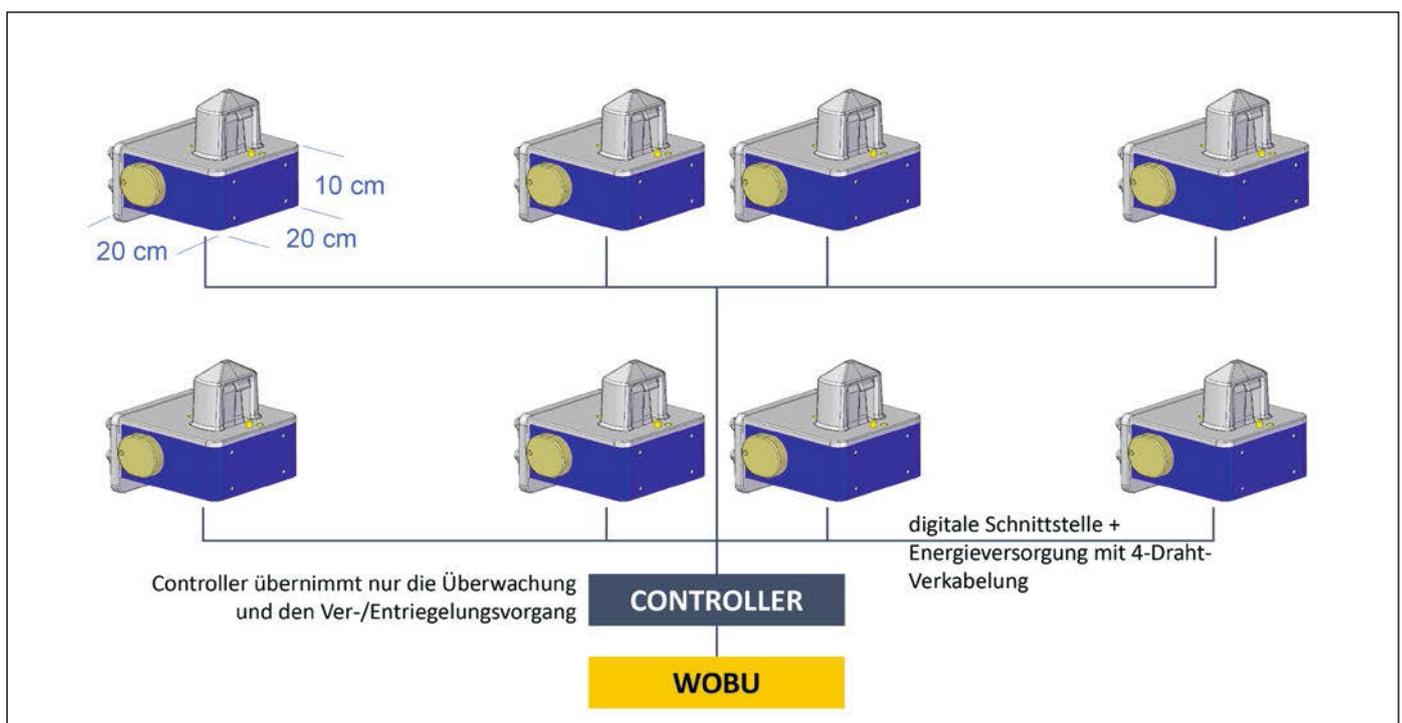


Abb. 6: Architektur des ACL-Systems, ConTraffic 2021

Quelle: [4]

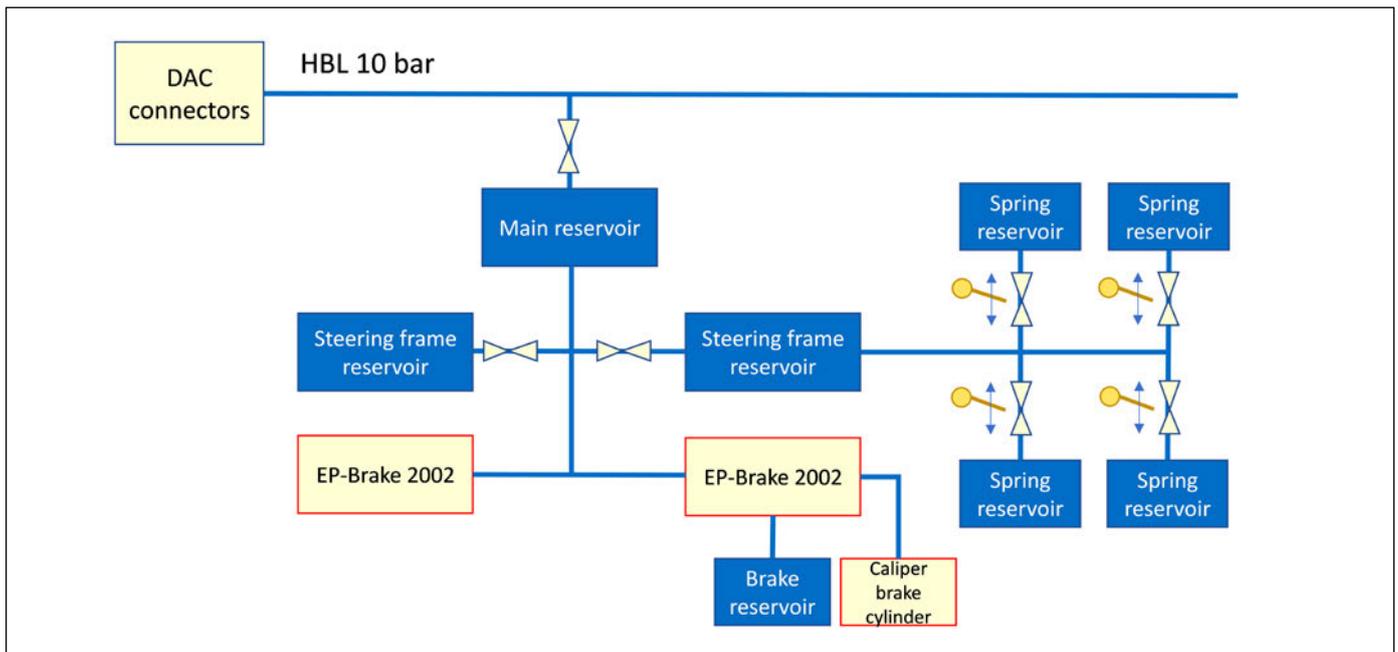


Abb. 7: Anschlusschema für die Verrohrung des Luftfedersystems, ConTraffic 2021

Quelle: [5]

worden. Der Rahmen des Fahrwerks wird aus S355 J2 gefertigt und hat dabei eine Masse von ca. 560 kg. Der Radsatz wird für eine Betriebsdauer von 1,6 Mio. km sicher ausgelegt. Danach wird der Radsatz ohne weitere Prüfung ersetzt und recycelt, um bei sehr hoher Zuverlässigkeit den Wartungs- und Inspektionsaufwand zu begrenzen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit einer frühzeitigen Erkennung von Rissen gesteigert. Insgesamt hat das komplette Fahrwerk mit allen Komponenten eine Masse von ca. 2870 kg. Das Fahrwerk verfügt über eine zweistufige Federung. In der Primärstufe ist der Radsatz über Gummifedern vom Fahrwerksrahmen entkoppelt, während die Verbindung zwischen Fahrwerksrahmen und Wagenkasten über vier Luftfedern, zwei Zug-Druck-Stangen und diverse Dämpferelemente hergestellt wird. Die Zug-Druck-Stangen leiten die Längs- und Querkräfte zwischen Wagen und Fahrwerk ab, z.B. mit Längsbeschleunigungen von 3g. Die äquivalente Kraft in der Achse der Stangen beträgt ca. 56 kN. Um die Masse der Stangen zu reduzieren, wurde auch bei diesen Komponenten eine Topologieoptimierung durchgeführt. Die Anordnung der Zug-Druck-Stangen bildet einen virtuellen Drehpunkt in der Mitte des Fahrwerksrahmens und ermöglicht somit eine lastunabhängige Radialstellung des Radsatzes in engen Bögen. Bei hohen Geschwindigkeiten hingegen grenzen zwei Schlingerdämpfer diese Gierbewegung ein und sorgen somit für einen stabilen Lauf.

Zur Bewertung der fahrtechnischen Eigenschaften wie Fahrstabilität und Entgleisungssicherheit wurde die EN 14363 herangezogen, und es wurden Mehrkörpersimulationen durchgeführt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst der unbeladene Wagen bis 200 km/h eine hohe Laufstabilität ausweist.

#### Safe-Train-Integrity-System (STI)

Das STI-System ist eine Lösung für den Güterzug, die die allgemeine Integrität des Zuges und seiner Wagen überwacht und sicherstellt. Der beabsichtigte Zielzustand des Zuges im Betrieb soll aufrechterhalten werden. Die überwachten technischen Merkmale und Funktionen können in nicht sichere (z.B. Verschleiß- und Wartungsdaten) und sichere (z.B. Zugintegrität) unterteilt werden (Abb. 5). Analog zum Güterzug ist das System dezentral aufgebaut und über den Zug verteilt, sodass es in jedem Güterverkehrs-Produktionssystem eingesetzt werden kann.

Die Hauptkomponenten sind die Locomotive-Onboard-Unit (LOBU), die WOBU und die Data-Processing-Unit (DPU), die unabhängig voneinander arbeiten und über ein segmentiertes Kommunikationssystem Daten austauschen. Die gewünschte Gesamtfunktion ergibt sich aus dem Zusammenspiel dieser Komponenten, das über eine Routine bei der Zugbildung initialisiert wird. Darüber hinaus verfügt jeder Wagen über ein elektronisches Bremssteuerungsmodul, das über das Kommunikationsnetz der STI mit dem Bremssteuergerät der Lokomotive kommuniziert und von der WOBU des jeweiligen Wagens mit Steuerbefehlen, beispielsweise Notbremsung bei Zugteilung zur Unzeit (Kupplungsabbriss), versorgt wird. Funktionen für eine automatisierte Zugbildung und deren Modifikation werden den sicheren Funktionen zugeordnet, wenn sie einen sicheren Betrieb ohne weitere Prüfung durch Personal ermöglichen.

Darüber hinaus soll der Güterzug von morgen unter Randbedingungen arbeiten, die im heutigen UIC-Güterverkehrssystem nicht zulässig sind. Dies gilt vor allem für die Ladungssicherung und das Bremssystem.

Alle sicherheitsrelevanten Funktionen werden der höchsten Sicherheitskategorie SIL4 nach EN 50126 ff. zugeordnet. Grund hierfür ist, dass bestimmte Funktionen wie die Zugintegrität in das Sicherheitsniveau der Zug-sicherung passen müssen. Insofern ist die dezidierte Risikobestimmung der übrigen sicherheitsrelevanten Funktionen nur von theoretischem Interesse, da es aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll ist, zwei oder mehr Sicherheitssysteme mit abgestufter Sicherheit in einem Zug zu betreiben. Ferner bietet ein SIL4-Sicherheitssystem das Potenzial, die weitere Automatisierung zusätzlicher Funktionen des Zugbetriebs zu forcieren, da dann ein technisch sicherer Ersatz für den Wegfall manueller Prüfverfahren angeboten und im Nachweis für die Zulassung argumentiert werden kann.

LOBU und WOBU sind grundsätzlich als SIL4-Systeme konzipiert. Nicht sichere Prozesse und Berechnungen, z.B. Trendanalysen von Zustandsdaten, werden an die DPU ausgelagert. Diese kann aus mehreren zentralen oder dezentralen Steuerungen bestehen.

#### Automatische Containerverriegelung

Eine Ladungssicherung im Kombinierten Verkehr ist heute nicht üblich. Dies kann und soll für den zukünftigen SGV nicht toleriert werden. Zum einen erfordert dieser Ansatz eine doppelte Stützkonstruktion für den Container bzw. Wechselbehälter und das Fahrgestell, was zu zusätzlichem Gewicht führt. Ferner ist der Zug bei Böen und Druckschwankungen gefährdet, da leichte Container herausgehoben werden könnten. Dieses Risiko nimmt sowohl mit steigender Geschwindigkeit des Güterzuges selbst und entgegenkommender Züge zu. Aus diesem Grund gibt es z.B.

Begegnungsverbote in Tunneln mit schnell fahrenden Personenzügen.

Mit dem EMW verfolgt CFW einen Ansatz schnell fahrender Züge, deren Leergewicht so weit reduziert wird, dass ein Zugbetrieb ohne Container nicht mehr unter allen Betriebsbedingungen gewährleistet werden kann. Da dies sowohl aus logistischen (Containerumschlag) als auch aus aerodynamischen Gründen nicht angestrebt wird, bilden Container und Fahrgestell im Betrieb eine Einheit, die die Fahr- und Aerodynamikstabilität des Zuges gewährleistet. Aus dieser Überlegung leitet sich die Sicherheitsfunktion einer zuverlässigen Verriegelung der Ladefläche des Wagens ab, wie sie auf der Straße Stand der Technik ist.

Auf den EMW werden Wechselbehälter und Container grundsätzlich verriegelt, um ein höheres Maß an Sicherheit bei gleichzeitig höherem Automatisierungsgrad zu ermöglichen. Die Eckverriegelungen auf der Ladefläche erfolgen mit Schlössern des Quicklock-Systems, die zu diesem Zweck durch ein Antriebs- und Sensorsystem zur vollautomatischen Bedienung und Überwachungsmöglichkeit ergänzt werden. Das gewählte Prinzip ermöglicht eine bessere Automatisierbarkeit an unterschiedliche Höhen in den Eckverriegelungen von Wechselbehältern als der

drehbare Standardverriegelungskopf anderer Lösungen.

Der Antrieb ist auf der Rückseite der Einheit integriert. Es wird eine Steuerung für alle acht Schlösser zur Überwachung und Ansteuerung der Antriebseinheiten geben. Entsprechend der unterschiedlichen Verriegelungshöhen der Wechselbrückenplatten werden die Motoren mit einer verriegelungskraftgesteuerten Antriebseinheit versehen, und die Verriegelungssteuerung vergleicht die Position jeder Plattform. Der schematische Aufbau der automatischen Containerverriegelung (engl.: Automatic Corner Lockings, ACL) ist in Abb. 6 dargestellt.

#### Level Control

Für das neue Fahrwerk des CFW-Güterwagens ist eine Luftfederung vorgesehen (siehe Abschnitt Fahrwerk CFW-850-1, Abb. 7). Diese hat den Vorteil konstanter Federraten – unabhängig vom Lastzustand und Niveausgleich. Die geometrischen Verhältnisse im Zugverband bleiben somit in der Höhe konstant und schwanken nur durch die Unebenheiten im Zugverlauf.

Die Energieversorgung wird über Kupplungsköpfe und die Hauptluftbehälterleitung mit 10 bar realisiert. Die Steuerung der Höhen-

regelung ist in das STI-System integriert. Entsprechende Höhensensoren am Fahrwerk liefern die Signale zum Befüllen und Entlüften der Bälge bzw. zum Halten des Höhenniveaus. Die Parameter für die Federung wurden durch umfangreiche Fahrversuche mit einem Mehrkörpersimulationsmodell ermittelt und mit den übrigen Funktionsanforderungen zu einem Lastenheft für die Auslegung der Federn kombiniert. Die Lebensdauer der Luftfedern beträgt zwölf Jahre bzw. 1,6 Mio. km, sodass ein Austausch nur im Rahmen einer Generalüberholung zusammen mit dem Radsatz notwendig wird.

#### Digitale Automatische Kupplung DAC

Der Prototyp des CFW-Güterwagens ist mit digitalen automatischen Kupplungen (DAC) auf beiden Seiten ausgestattet. Die in der Serie vorgesehene Verbindung von je zwei Wagen erfolgt mit festen Kuppelstangen. Als DAC kommen die auf Scharfenberg basierenden Lösungen zum Einsatz, weil nach ersten Tests davon auszugehen ist, dass nur mit diesem Typ der angestrebte hohe Automatisierungsgrad erreicht werden kann.

Bei dem CFW-Prototyp sind die Kupplungen mit Typ 5-Funktionalität voll integriert. Die Überwachung und Steuerung der automatischen Kupp-

## RAIL-QUALITÄT AUS DEM HERZEN EUROPAS

Wir beliefern die Großen der Bahnindustrie. Wieso nicht auch Ihr Unternehmen?

Lernen wir uns kennen: Wir freuen uns auf Sie!



STAHLGUSS



SCHWEISS-KOMPONENTEN



BAHNFAHRZEUGE



InnoTrans 2022  
Halle 22, Stand 210

Jetzt gleich Termin am Messestand vereinbaren auf [www.mfl-rail.com](http://www.mfl-rail.com)

lung erfolgen durch das oben beschriebene STI-System. Die Energieversorgung wird mit dem 24-V-Bordnetz sichergestellt.

Die mechanische Integration in den Wagen erfordert grundsätzlich keine UIC-Tasche, da der CFW-Güterwagen nicht klassisch bei Geschwindigkeiten bis zu 12 km/h rangiert wird. Durch die zentrale Krafteinleitung über die Fahrwerkslängsmitte und Rangiervorgänge mit einer maximalen Geschwindigkeit von 4 km/h können Dämpfungselement und Tragelenk sehr kompakt in den Wagenkasten integriert werden. Damit wird ein sehr geringer Abstand zum Nachbarwagen realisiert, der eine weitere signifikante Verbesserung der Aerodynamik herstellt.

Die geringere Kupplungshöhe des CFW-EMW, bedingt durch die oben beschriebene geringere Ladehöhe von unter 1000 mm, stellt betrieblich keine Herausforderung dar, da das Gesamtkonzept auf eine fest zugewiesene Lokomotive setzt und damit keine Kompatibilität zu UIC-Vorgaben notwendig ist. Für den Havariefall sieht der Bahnbetrieb Höhenausgleichsadapter für Scharfenberg-Kupplungen standardmäßig vor.

### Zustandsüberwachung

Der EMW verfügt über ein intelligentes Zustandsüberwachungssystem bestehend aus Sensoren, die kontinuierlich die Eigenschaften der Fahrwerke überwachen. Triaxiale Beschleunigungssensoren an den Achslagern messen die dynamischen Fahrzeugreaktionen in einem breiten Frequenzbereich zwischen 0,8-8000 Hz in allen drei Raumrichtungen. Zusätzlich werden die Temperaturen der Radsatzlager gemessen. Die hochfrequent abgetasteten Daten werden in der DPU vorprozessiert und gespeichert. Charakteristische Merkmale werden dabei nahezu in Echtzeit berechnet. Informationen über das Überschreiten von kritischen Grenzwerten können dann zusammen mit Daten anderer Telematikanwendungen in der WOBU gesammelt werden. Von dort werden die Daten entlang der Zug-Datenleitung (gemäß Abschnitt STI) an die LOBU weitergeleitet und können dem Triebfahrzeugführer dort über ein visuelles Interface sichtbar gemacht werden.

Neben der direkten Detektion von z.B. Warm- oder Heißläufern, bietet die gleichzeitige, automatisierte Analyse der verschiedenen Sensordaten die Möglichkeit, den Verschleiß einzelner Radsatzkomponenten zu überwachen. Auf diese Weise können Auffälligkeiten schon vor Eintritt einer signifikanten bzw. kritischen Zustandsveränderung detektiert, deren Ursachen diagnostiziert und die weitere Zustandsentwicklung prognostiziert werden, sodass eine prädiktive Instandhaltung ermöglicht wird. ■

Dieses Projekt wurde vom Shift2Rail Joint Undertaking (JU) unter der Fördervereinbarung (Grant Agreement) No 101004051 im Rahmen des EU-Förderprogramms für Forschung und Innovation Horizont 2020 gefördert.

### QUELLEN

- [1] Migrationskonzept D1.2, FR8HUB, Shift2Rail, 2021, <https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/2021-11/fr8hub-migration-plan.pdf>
- [2] Kirkayak, L. et al.: Lightweight Design Concept Methodology of the Extended Market Wagon: A Shift2Rail Project, World Congress on Railway Research 2022, Birmingham, UK, 06.-10. Juni 2022
- [3] SBB Cargo: 5L-Güterwagen auf dem Weg zum Standard. Rail Business 50/20 S. 5; DVV Media Group GmbH, 2020
- [4] STI System and its functions in EMW, FR8RAIL III Deliverable D4.1, Shift2Rail 2021
- [5] Specification of prototype EMW intermodal, FR8RAIL III Deliverable D4.2, Shift2Rail 2021



**Dr. Roland Bänsch**  
Geschäftsführer  
ConTraffic GmbH, Berlin  
roland.baensch@contraffic.com



**Maxim Weidner**  
Projektmitarbeiter  
ConTraffic GmbH, Berlin  
maxim.weidner@contraffic.com



**Dr. Jaizki Mendizabal**  
Associate Director  
Information and  
communications technologies  
Ceit Research Center,  
ESP-San Sebastián  
jmendizabal@ceit.es



**Julio Galipienzo**  
R&D Manager  
CAF MiiRA, ESP-Gipuzkoa  
jgalipienzo@caf.net



**Dr. Arne Henning**  
Gruppenleiter  
Institut für Aerodynamik  
und Strömungstechnik  
Deutsches Zentrum für Luft-  
und Raumfahrt DLR e.V., Göttingen  
arne.henning@dlr.de



**Dr. Benjamin Baasch**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Verkehrssystemtechnik  
Deutsches Zentrum für Luft-  
und Raumfahrt DLR e.V., Berlin  
benjamin.baasch@dlr.de



**Nicolai Schmauder**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V., Stuttgart  
nicolai.schmauder@dlr.de



**Robert Winkler-Höhn**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V., Stuttgart  
robert.winkler-hoehn@dlr.de



**Christian Gomes Alves**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V., Stuttgart  
christian.gomesAlves@dlr.de



**David Krüger**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V., Stuttgart  
david.krueger@dlr.de



**Mathilde Laporte**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V., Stuttgart  
mathilde.laporte@dlr.de

**Eurail**  
press

Archiv

# Ohne Umwege

# zu Ihren Fachartikeln

Jetzt  
30 Tage  
testen!

 35.000 Beiträge

 laufende Aktualisierung

 individuelle Suchoptionen

 Volltextsuche

 Sofort-Download

**EI**  
DER  
EISENBAHN  
INGENIEUR

**ETR**  
EISENBAHNTECHNISCHE  
RUNDschau

**EIK**  
EISENBAHN-INGENIEUR  
KOMPENDIUM

**SIGNAL-DRABIT**

**Rail**  
BUSINESS

bahn manager

**GÜTERBAHNEN**  
POLITIK & MARKT & TECHNIK

**DER NAHVERKEHR**  
Öffentlicher Personennahverkehr in Stadt und Region

**Eurail**  
press

Archiv

[www.eurailpress.de/archiv-testen](http://www.eurailpress.de/archiv-testen)

# 13. Tiefbaufachtagung der VDEI-Akademie für Bahnsysteme

Ein Bericht über das Branchentreffen der Fachexperten des Eisenbahntiefbaus im Internationalen Congress Center Dresden

**ULRIKE WEISEMANN | ANDREAS SCHEMSEL**

**Bereits zum 13. Mal fand im Februar 2022 die Tiefbaufachtagung des Verbandes Deutscher Eisenbahn-Ingenieure (VDEI) statt – dieses Mal mit einjähriger Verspätung. Erstmals wurde die Veranstaltung in einem hybriden Format durchgeführt. An zwei Tagen konnten die Teilnehmer in Präsenz oder per Livestream 16 Fachvorträgen folgen, die sich thematisch mit wesentlichen Neuerungen und Änderungen in den Regelwerken, mit den Herausforderungen der Digitalisierung in der Geotechnik, mit neuesten Forschungsergebnissen sowie mit interessanten Erkenntnissen aus der Baupraxis auseinandersetzen. Die Vorträge wurden mit den Dozenten per Chat lebhaft diskutiert. Somit war intensiver fachlicher Austausch möglich, ergänzt durch die begleitende Ausstellung mit insgesamt acht Fachausstellern.**

Ursprünglich war es geplant, die 13. Tiefbaufachtagung des VDEI bereits am 24. und 25. Februar 2021 durchzuführen – sie musste aber wegen der COVID-19-Pandemie leider abgesagt werden.

Am 16. und 17. Februar 2022 war es dann soweit – die 13. Tiefbaufachtagung konnte mit einjähriger Verspätung im Internationalen Congress Center Dresden stattfinden. Aufgrund der Pandemie musste das Veranstaltungskonzept entsprechend angepasst werden: ca. 145 Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnten so an der Präsenzveranstaltung teilnehmen, weitere ca. 65 Teilnehmer verfolgten die Konferenz per Livestream. Neben Mitarbeitenden der Deutsche Bahn AG, der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) und der Schweizerischen Bundesbahnen AG (SBB) wurden zur Tagung Ingenieure aus Planungsbüros und Baufirmen sowie Mitarbeitende und Studierende von Universitäten und Hochschulen begrüßt.

Die Tiefbaufachtagung wurde inhaltlich wiederum vom VDEI-Fachausschuss (FA) Geotechnik unter Mitwirkung der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen sowie der Ostbayerischen Technischen Hochschule (OTH) Regensburg, Fachbereich Bauingenieurwesen organisiert. Die Teilnehmenden erwartete mit insgesamt

16 Vorträgen ein umfangreiches und interessantes Programm im Bereich des Eisenbahntiefbaus und seiner Schnittstellen zu verwandten Fachgebieten. Eine Premiere war es, dass einige Vortragende ebenfalls per Livestream zugeschaltet wurden.

Um bei dieser hybriden Veranstaltung in den anschließenden Diskussionsrunden die Interaktion zwischen den Teilnehmenden und Vortragenden einfach und problemlos garantieren zu können, wurden die Fragen in einem Chat gesammelt und durch die Moderatoren weitergeleitet. Auch die abschließende Umfrage zur Tiefbaufachtagung wurde digital durchgeführt.

## Tag 1

### Begrüßung

Die Begrüßung und somit die Tagungseröffnung übernahmen die Rektorin der HTW Dresden, Prof. Dr. rer. Nat. Katrin Salchert sowie der online zugeschaltete Präsident des VDEI, Dr.-Ing. Thomas Mainka. Beide betonten den hohen Stellenwert der Bahnbranche in Bezug auf die zukünftigen Herausforderungen in unserer Gesellschaft und die in diesem Zusammenhang wichtige Rolle der Tiefbaufachtagung als Fach- und Weiterbildungsveranstaltung.

Anschließend gab der Vorsitzende des VDEI-FA Geotechnik, Dipl.-Ing. Andreas Schemmel, einen Überblick über die Aktivitäten des FA seit der letzten Tiefbaufachtagung. Neben den Fachtagungen wurden durch den FA diverse und auch neu angelegte Workshops durchgeführt, die z. B. Kenntnisse zu Geokunststoffen, zu bodenmechanischen Grundlagen sowie zur Planung und zur Instandhaltung von Entwässerungsanlagen vermitteln. Außerdem machte er auf die Geotechnischen Fachinformationen aufmerksam, die vom FA zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten ausgearbeitet werden und über die Internetseite des VDEI zugänglich sind.

### Neuerungen und Änderungen in Regelwerken

Die Vorträge des ersten Blocks, die Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann von der HTW Dresden moderierte, befassten sich mit wesentlichen Neuerungen und Änderungen in den Regelwerken, Normen und Richtlinien.

Dipl.-Geol. Ralph Fischer von der DB Netz AG informierte unter anderem ausführlich über die Aktualisierungen der Ril 836 „Erdbauwerke

und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten“. Die nunmehr achte Aktualisierung der Ril 836 wurde im Mai 2022 als „Handbuch 83601“ herausgegeben. Neu publiziert wurde die Ril 836.4107 „Bauen in Wasserschutzgebieten“ mit überarbeiteter Herangehensweise für die Festlegung von erforderlichen Schutzmaßnahmen. Die Festlegungen der Ersatzbaustoffverordnung für die Verwertung mineralischer Abfälle wurden in der Ril 836.4108 umgesetzt. Eine wichtige Aktualisierung gab es außerdem in der Ril 836.7001 hinsichtlich der Bewertung geotechnischer Bauwerke im Bestand. Außerdem gab Herr Fischer einen Überblick über Änderungen bei DB-Standards und informierte über die Hintergründe der Überarbeitung.

Dipl.-Ing. Paul Pandrea von der Keller Holding GmbH berichtete über die Bemessung von Baugrundverbesserungen, die zukünftig nach der EN 1997-3 erfolgen soll. Zielstellung dieser Normung ist es, die Baugrundverbesserungen zu systematisieren und die entsprechenden Bemessungsmodelle vorzugeben.

### Digitalisierung und BIM in der Geotechnik

Themenschwerpunkt des 2. Blocks mit vier Vorträgen waren die „Digitalisierung und BIM in der Geotechnik“. Dieser wurde von Herrn Schemmel moderiert.

Dr. Michael Molzahn von der DB Netz stellte in seinem Vortrag die Auswirkungen der BIM-Methode (Building Information Modeling) auf Aufschlussprogramme und Baugrunduntersuchungen vor. Das Fachmodell Baugrund mit seinen Sub-Fachmodellen „Aufschlüsse“, „Baugrundsichten“, „Homogenbereichsschichten“ sowie „Grundwasserschichten und -körper“ stellt einen grundlegenden Teil des Gesamtmodells dar, auf dessen Grundlage eine Vielzahl von planerischen Entscheidungen und Festlegungen abgeleitet werden. Er machte jedoch auch darauf aufmerksam, dass bei diesem Fachmodell durch die 3D-Darstellung und die möglichen Schnittableitungen an jeder Stelle eine höhere Genauigkeit suggeriert wird, als tatsächlich gegeben ist.

Danach gab Dipl.-Ing. (FH) Olaf Ruffer von der DB Station&Service AG einen vergleichenden Überblick über die Anwendung der BIM-Methodik bei der DB AG. Während bei der DB Station&Service punktuelle Bauvorhaben charakteristisch sind und hier bereits eine Vielzahl an Projekten BIM-basiert realisiert



Abb. 1: Frau M. Eng. Kathrin Zeck im Livestream aus der Schweiz

werden, sind bei der DB Netz aufgrund der linienförmigen Bauvorhaben und der damit verbundenen Komplexität große Herausforderungen zu meistern. In Bezug auf geotechnische Fragestellungen ist es aus seiner Sicht wichtig, einen verlustfreien Datenaustausch zwischen Geotechniker und Planern über gemeinsame Datenplattformen zu organisieren. **Dipl.-Ing. Christian Spang** von der Dr. Spang GmbH berichtete darauf aufbauend in seinem Vortrag „Der digitale geotechnische Prozess – von der Bohrschuppe bis zum 3D-Baugrundmodell“ über die Umsetzung der BIM-Methodik bei der Erstellung von Baugrundgutachten. In einer Prozessanalyse stellte er die analoge und digitale Methode gegenüber und benannte auch hier die Herausforderungen hinsichtlich des Datenaustauschs ohne Datenverluste und der Notwendigkeit einheitlicher Datenmodelle. Mithilfe anschaulicher Beispiele konnte er die Teilnehmenden der Tiefbaufachtagung für die noch zu lösenden Probleme sensibilisieren. Den Abschluss dieses Blockes bildete der Vortrag „Keine KI ohne NI – Herangehensweise und Strategie der ÖBB“, der von **Dipl.-Ing. Erik Pinter** von den ÖBB gehalten wurde. Er zeigte, dass bei den ÖBB die Digitalisierung im Bahnunterbau schon sehr weit vorangeschritten ist. Diese zur Verfügung stehenden Daten müssen nun sinnvoll verknüpft werden, auch mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI). Als Beispiel erläuterte er die automatisierte Kartierung von Neophyten, also nichtheimischer Pflanzenarten aus Streckenbildern sowie die Detektion von Schwachstellen im Bahnkörper. Während beim erstgenannten sehr konkreten Anwendungsfall sehr gute Ergebnisse erzielt wurden, stellt die Erkennung von Schwachstellen im Bahnkörper ein sehr komplexes Thema dar, sodass hier die Natürliche Intelligenz (NI) in Form von Expertenwissen weiterhin gefragt ist. Wie auch die Vorredner sah er die Herausforderung vor allem im Da-

tenmanagement und ermutigte die Zuhörenden, die Digitalisierung unter Nutzung von KI als Chance zu sehen.

**Abschluss Tag 1**

Bevor der Abend für die anwesenden Teilnehmenden mit einem interdisziplinären Branchendialog im Ausstellungsbereich sowie einem Abendbuffet ausklang, hatten alle Zuhörenden die Möglichkeit für den sogenannten Blick über den Gartenzaun. **Dr. Hartmut Olbrich** vom Fachbüro für Bauforschung nahm alle mit auf eine Reise in die Geschichte Dresdens. Er stellte in seinem Vortrag „Der Dresdner Zwinger – der Festplatz und Orangengarten von August dem Starken“ sehr anschaulich die eindrucksvollen Ergebnisse der archäologischen Ausgrabungen vor, die derzeit im Dresdner Zwinger durchgeführt werden.



Abb. 2: Diskussion per Chat mit Tablet

**Tag 2**

**Neues aus Forschung und Entwicklung**

Der zweite Tag begann mit dem Block 3 „Innovationen, Forschungsergebnisse und Neuentwicklungen“, welcher ebenfalls von Herrn Schemmel moderiert wurde. Im ersten Vortrag berichtete **M. Eng. Kathrin Zeck** von der SBB, die per Videostream zugeschaltet war, über Untersuchungen zum Degradationsverhalten von Stützbauwerken. Es ist beabsichtigt, das bei der SBB bisher verwendete Prognosemodell zur Einschätzung des Zustandes von Stützbauwerken weiterzuentwickeln. Dazu soll zukünftig jedem Stützbauwerk eine Prognosekategorie sowie eine Erhaltungsstrategie zugeordnet werden. Somit soll es möglich sein, das Degradationsverhalten besser prognostizieren und die Maßnahmenbedarfsplanung effektiver vornehmen zu können.

**Dr. Merle Orth** vom Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) beim Eisenbahn-Bundesamt, die ebenfalls per Livestream zugeschaltet war, stellte anschließend diese, 2019 gegründete Ressortforschungseinrichtung des BMDV vor. Die Aufgabe des DZSF ist die erfolgreiche Umsetzung des Bundesforschungsprogramms Schiene mithilfe von Auftrags- und Antragsforschung, Förderprogrammen sowie eigener Forschung. Anhand von Beispielen zeigte sie, welche Forschungsprojekte zurzeit in der Eisenbahninfrastruktur und speziell im Eisenbahntiefbau bearbeitet werden. Zu nennen sind hier exemplarisch die Forschungsprojekte „Einstufung von Niederschlagswasser auf Streckengleisen der DB Netz AG“ sowie „Gewässermonitoring an Schienenwegen“ zur Identifizierung und Quantifizierung der Schadstoffbelastung von Gleisabwässern.



Abb. 3: Anwesende Mitglieder des FA Geotechnik

**Dr.-Ing. Dirk Wegener** von der Gepro Ingenieurgesellschaft mbH erläuterte in seinem Vortrag anschließend Untersuchungen zur dynamischen Stabilität von bindemittelstabilisierten Erdbauwerken, die auf der Neubaustrecke S21 Wendlingen–Ulm im Planfeststellungsabschnitt 1.4 durchgeführt wurden. Da lediglich wenige Erfahrungswerte vorlagen, musste die Fragestellung untersucht werden, ob sich auch in Böden mit qualifizierter Bodenverbesserung Verformungen über die Nutzungsdauer der Eisenbahnstrecke akkumulieren und somit die Gebrauchstauglichkeit einschränken können. Dazu wurde an ausgewählten Querschnitten ein umfangreiches Labor- und Feldversuchsprogramm durchgeführt.

#### Bauvorhaben und Spezialbereiche des Tiefbaus

Der abschließende 4. Themenblock „Bauvorhaben / Fahrweggründungen / Spezialtiefbau/Fels- und Tunnelbau“ umfasste insgesamt sechs Vorträge und wurde wieder von Frau Weisemann moderiert.

In einem Gemeinschaftsvortrag berichteten **Dipl.-Ing. Claudio Bruci** und **Dipl.-Ing. Jürgen Stern** von der ÖBB über ein Projekt auf der Strecke Innsbruck–Bludenz. Im dortigen Hochgebirgsabschnitt Wald/Arlberg–Dalaas ist die Verstärkung des Bahnkörpers auf ca. 650 m erforderlich, da oberflächennah Auslaugungszonen im Gipsuntergrund vorhanden sind, die zu Setzungen im Gleis und Schäden an Bauwerken geführt hatten. In dem Vortrag wurden mögliche Verstärkungsmaßnahmen unter Beachtung der projektspezifischen Besonderheiten vorgestellt und Details der geplanten Vorzugsvariante erläutert.

**M. Sc. Estefanía Baeza Picado** von der DB Netz und **Dipl.-Ing. (FH) André Koletzko** von der Baugrund Dresden Ingenieurgesellschaft mbH gaben in ihrem Vortrag Einblicke in das Projekt Brenner-Nordzulauf, Planungsabschnitt Gra-

ving–Großkarolinenfeld, das sich momentan noch in einer frühen Leistungsphase befindet. Vorgestellt wurde die Herangehensweise der geologischen Erkundungen und der geotechnischen Beurteilungen unter Anwendung der BIM-Methode.

Auf der Strecke 5060 Neukirchen–Weiden mussten bei Vilseck insgesamt drei Bahndämme saniert werden. In diesen Bereichen traten bei Dammhöhen bis 14 m und bindigen Böden im Untergrund mit teilweiser weicher Konsistenz große Setzungen auf, sodass Sanierungsbedarf bestand. **Dr. Karsten Beckhaus** von der Bauer Spezialtiefbau GmbH berichtete in seinem Vortrag über die Sanierung dieser Abschnitte mit einer Fahrwegtiefgründung mittels Mixed-in-Place-Verfahren und geogitterbewehrter Lastverteilungsschicht.

Nach der Mittagspause gab **M.Sc. Monika Schad** von der Hochschule Biberach einen umfassenden Überblick über den Wissensstand bei der Anwendung von Bodenverbesserungen, qualifizierten Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen im Erdbau. Sie benannte konkret die jeweiligen Ziele, die jeweiligen Anforderungen und gab Hinweise für die Bauausführung.

Auch der anschließende Vortrag, der von **Dipl.-Ing. Kerstin Deterding** von der GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH gehalten wurde, bezog sich auf Erfahrungen mit Bodenverfestigungen, speziell in Sandböden mit organischen Beimengungen. Sie berichtete ausführlich über das Erfordernis, sich mit dieser Fragestellung auseinanderzusetzen und erläuterte Untersuchungsergebnisse zum Einfluss des Glühverlustes, des pH-Wertes sowie des Huminsäuregehaltes auf die erzielbaren Festigkeitseigenschaften.

**Dipl.-Ing. Erik Schuhmacher** von der Leonhard Weiss GmbH & Co. KG stellte in seinem, die Tiefbaufachtagung abschließenden Vortrag unter Einbeziehung von Anwendungsbeispielen seine umfangreichen baupraktischen

Erfahrungen mit Bodenstabilisierungen vor. So wurden von ihm wertvolle Erfahrungen zum Umgang mit veränderlich festen Gesteinen, zum optimalen Wassergehalt zur Erreichung der gewünschten Verdichtung, zur Reaktionszeit und -temperatur, zur Homogenisierung, zu Fragestellungen der Qualitätssicherung sowie zu Anwendungsgrenzen weitergegeben.

#### Fazit

Insgesamt konnte trotz einiger coronabedingter Erschwernisse ein erfreuliches Fazit dieser 13. Tiefbaufachtagung gezogen werden. Durch vielfältige Themenschwerpunkte, interessante Vorträge und die begleitende Ausstellung mit insgesamt acht Fachausstellern war ein intensiver fachlicher Austausch möglich. Einige Referenten haben auf der Grundlage ihres o.g. Vortragsthemas einen Fachartikel verfasst, welche ebenso in diesem Heft des EISENBAHNINGENIEURS mit abgedruckt sind. Von Seiten des FA Geotechnik ist geplant, als nächste Fachtagungen das 4. VDEI-Geotechnik-Kolloquium am 15. März 2023 in Neustadt an der Weinstraße und die 14. Tiefbaufachtagung am 24. und 25. Februar 2024 wiederum in Dresden durchzuführen. Aufgrund des positiven Feedbacks und der guten Erfahrungen sind beide Fachtagungen als Hybridveranstaltungen angedacht. ■

### VDEI Fachausschuss GEOTECHNIK



**Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann**  
Professur Bahnbau  
Fakultät Bauingenieurwesen  
HTW Dresden, Dresden  
ulrike.weisemann@htw-dresden.de



**Dipl.-Ing. Andreas Schemmel**  
Fachbeauftragter Tunnel- und Erdbau  
& Konstruktiver Ingenieurbau  
DB Netz AG, Magdeburg  
andreas.schemmel@deutschebahn.com

## TEN-T soll auf Regelspur umgerüstet werden

**EU-Kommission** | 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. Eine entsprechende Anpassung des transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-V) hat die EU-Kommission vorgeschlagen. Sie ändert damit ihren Vorschlag für eine neue TEN-V-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 unterschiedliche Spurweiten neben der Regelspur: Irland (1600 mm), Finnland, Estland, Lettland und Litauen (1520 mm) sowie Portugal und Spanien (1668 mm).

Neu sollen wichtige Straßen und Eisenbahnstrecken, Häfen und Flughäfen in der Ukraine und Moldau in die transeuropäischen Verkehrskorridore aufgenommen werden. Dagegen soll der Ausbau von Verbindungen aus den EU-Staaten 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. Wo es wirtschaftlich gerechtfertigt sei, sollten Bahnstrecken in der Ukraine auf die EU-Standardspurbreite umgerüstet werden. Die Probleme im Verkehr mit der Ukraine hätten gezeigt, dass auch innerhalb der EU die Spurbreiten angeglichen werden müssten, um Störungen in den Lieferketten zu vermeiden und den Binnenmarkt zu stärken, sagte Valean.

Alle Verkehrsverbindungen, die es derzeit aus Finnland, Estland, Lettland, Litauen und Polen nach Russland und Belarus gibt, sollen laut Kommission nicht mehr zum Kern des TEN-T gehören, sondern nur noch zum Gesamtnetz. Das bedeutet, dass sie nicht bis 2030 auf TEN-V-Standard gebracht werden müssen, sondern erst bis 2050. *fh*

## BNetzA: Gesamtkosten der DB Netz AG festgelegt

**Regulierung** | Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat Mitte August das Ausgangsniveau der Gesamtkosten der DB Netz AG für die zweite Regulierungsperiode (2024 bis 2028) festgelegt. Diese Kosten sind im Laufe einer Regulierungsperiode initial der Ermittlung der Trassenentgelte zugrunde zu legen und wurden nun auf 6,4 Mrd. EUR festgelegt. Damit hätten sowohl die Eisenbahnverkehrsunternehmen als auch die DB Netz AG Planungssicherheit, so Klaus Müller, Präsident der BNetzA. Die Festlegung beruht auf einer Prüfung der von der DB Netz AG vorgelegten Kosten und Mengen der Jahre 2019 bis 2023. Die DB Netz AG hatte der Behörde ein Kostenvolumen von knapp 7 Mrd. EUR mitgeteilt, die BNetzA nahm aber Kürzungen bei den geltend gemachten Kapitalkosten und der Kostenfortschreibung vor. Die DB Netz AG hatte eine Gesamtkapitalverzinsung von 5,5 % auf das eingesetzte Kapital unterstellt, die Behörde hielt aber nur 3,4 % für sachgerecht. Die Festsetzung schließt die DB Netz-Tochter DB RNI GmbH ein. Das Entgeltgenehmigungsverfahren für das erste Jahr der kommenden Regulierungsperiode (Trassenpreissystem 2024) beginnt im Oktober 2022. *cm*

### VERANSTALTUNGEN

**20.09.2022 – 23.09.2022**  
D-Berlin  
**InnoTrans 2022**  
Info: Messe Berlin  
<https://www.innotrans.de/>

**22.09.2022**  
D-Berlin  
**Ökologischer Wandel im Gleisbau – Chancen und Herausforderungen**

**VDEI AKADEMIE**

Info: VDEI Service GmbH  
<https://www.vdei-akademie.de/details/%C3%B6kologischer-wandel-im-gleisbau-chancen-und-herausforderungen>

**29.09.2022**  
D-Berlin  
**18. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau**

**VDEI AKADEMIE**

Info: VDEI Service GmbH  
<https://www.vdei-akademie.de/details/id-18-fachtagung-konstruktiver-ingenieurbau>

**05.10.2022 – 07.10.2022**  
CZ-Prag  
**International Rail Forum and Conference 2022**  
Info: oltis group  
<https://irfc.eu/en/>

**06.10.2022 – 07.10.2022**  
D-Köln  
**3. BME/VDV Gleisanschlusskonferenz**  
Info: BME, VDV  
<https://www.vdv-akademie.de/tagungen/bme-vdv-gleisanschlusskonferenz2022/>

**11.10.2022– 13.10.2022**  
D-Hamburg  
**Fachseminar: Logistik mit der Eisenbahn**  
Info: DMG  
<https://dmg-bahn.de/seminare/>

**17.11.2022– 18.11.2022**  
D-Fulda + Livestream  
**22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress 2022 (hybrid)**  
Info: DVV Media Group GmbH  
<https://www.eurailpress.de/veranstaltungen/detail/22-internationaler-signal-draht-kongress-2022.html>

Weitere Termine unter

[www.eurailpress.de](http://www.eurailpress.de) und [www.vdei.de](http://www.vdei.de)

# Einflüsse auf die Kapazität im Gesamtsystem Schiene

**Forschung** | Das DZSF (Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung) will die Einflüsse des Verkehrs auf die Kapazität des Gesamtsystems Schiene ermitteln und Optimierungen erforschen lassen. Dazu hat die Einrichtung nun ein Vorhaben mit vier Arbeitspaketen (AP) ausgeschrieben. In den AP 1 und 2 geht es um die Identifizierung und Bewertung der Einflüsse des Personen- wie Güterverkehrs auf die Kapazität des Gesamtsystems Schiene. Beim Güterverkehr sind dabei ebenso die kapazitiven Einflüsse für den Zeitraum der Jahre 2015 bis 2020 zu iden-

tifizieren und zu erfassen. AP 3 umfasst die Erstellung einer Gesamtmatrix der Einflüsse zur Ermittlung von Optimierungspotenzialen, AP 4 soll schließlich die Anforderungen an den Infrastrukturbereich und Ableitung von Handlungsempfehlungen beinhalten. Für das Vorhaben sind maximal 350 000 EUR brutto angesetzt, die Projektlaufzeit beträgt 24 Monate. Bei dem offenen Verfahren (TED: 2022/S 151-432412) müssen die Angebote bis zum 5. Oktober 2022 vorliegen und bis zum 24. Februar 2023 gültig bleiben. *cm*

## SPNV-Reaktivierungen aktualisiert

**Hessen** | Der Arbeitskreis (AK) zur Reaktivierung von Strecken für den Regionalverkehr in Hessen hat die Liste aktualisiert. Der AK besteht aus den drei Verkehrsverbänden (NVV, RMV, VRN), den lokalen ÖPNV-Aufgabenträgern, dem Verkehrsministerium (HMWEVW) und Hessen Mobil. Dabei wurden „noch einmal“ alle in Hessen stillgelegten Schienenstrecken vertieft betrachtet.

Gegenüber der letzten Aktualisierung im Mai 2021 (*Rail Business* 23/21) wurden sieben weitere Strecken aufgenommen:

- Hofgeismar-Hümme-Trendelburg (Carlsbahn) (Nr. 01)
- Baunatal-Schauenburg-Elgershausen (Nr. 03)
- Kassel-Lohfelden (Variante über Abschnitt der Söhrebahn) (Nr. 04)
- Frankenberg-Battenberg (Nr. 06)
- Schwalmstadt-Treysa-Homberg (Efze) (Nr. 07)
- Gerstungen-Heimboldshausen-Bad Salzungen (Werratalbahn) (Nr. 08)
- Bad Hersfeld-Niederaula (Knüllwaldbahn) und Niederaula-Alsfeld (Gründchenbahn) (Nr. 12)

Unverändert befinden sich derzeit drei Strecken in dem Status „Reaktivierung in Planung“. Gegenüber Mai 2021 sind bei zwei Strecken die Machbarkeitsstudien nun in Bearbeitung:

- Kassel-Lohfelden (Variante über Abschnitt der Söhrebahn) (Nr. 04)
- Hanau-Erlensee (Nr. 20).

Für die Strecke Kirchhain-Burg- und Nieder-Gemünden (Ohmtalbahn) (Nr. 11) konnte eine Vorstudie mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen werden.

Für neun Strecken wurde entweder noch keine Untersuchung beauftragt, oder bereits durchgeführte Studien sind veraltet und können nicht mehr verwendet werden. Letzteres gilt zum Beispiel für die Strecke Kassel-Herkules (Herkulesbahn) (Nr. 02).

Sechs Strecken waren in einer früheren Version der Bestandsaufnahme enthalten, die Reaktivierungsaktivitäten wurden aber zwischenzeitlich eingestellt:

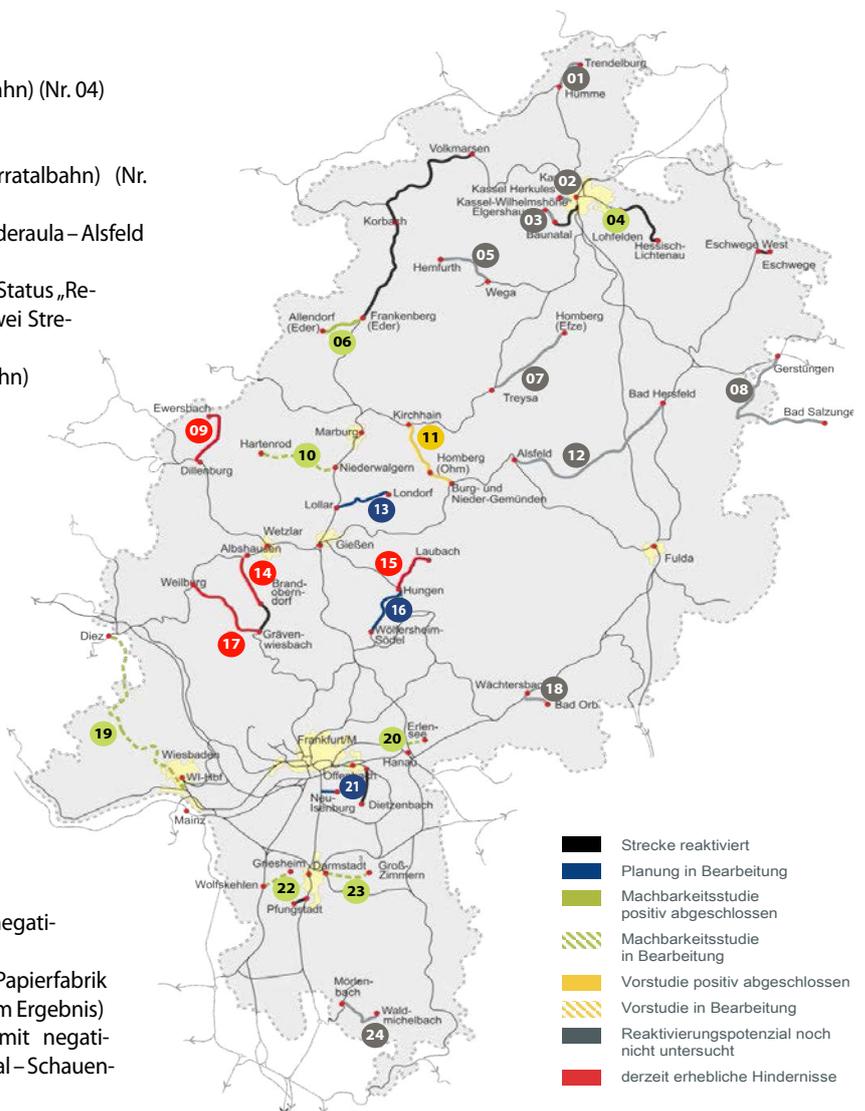
- Jossa-Altengronau(-Wildflecken) (Sinntalbahn) (Seit 2019 Radweg im bayerischen Streckenabschnitt, nur kurzer Streckenanteil in Hessen)
- Malsfeld-Homberg (Efze) (Es ist nun der Abschnitt Schwalmstadt-Treysa-Homberg (Efze) enthalten.)
- Reinheim-Groß-Bieberau (Machbarkeitsstudie mit negativem Ergebnis)
- Kassel-Wilhelmshöhe-Sandershäuser Str.-Kaufungen Papierfabrik (Waldkappeler Bahn) (Machbarkeitsstudie mit negativem Ergebnis)
- Kassel-Baunatal-Schauenburg (Machbarkeitsstudie mit negativem Ergebnis. Alternativ soll nun der Abschnitt Baunatal-Schauenburg-Elgershausen untersucht werden.)
- Groß-Zimmern-Dieburg (Machbarkeitsstudie mit negativem Ergebnis)

Für sieben Strecken besteht derzeit eine Trassensicherung:

- Hess. Lichtenau-Großalmerode

- Eichenberg-Witzenhausen-Süd
- Biedenkopf-Breidenstein-Breidenbach
- Lauterbach-Herbstein-Grebenhain-(Gedern) (Oberwaldbahn)
- Verbindungskurve von der Odenwaldbahn zum Bahnhof Darmstadt-Kranichstein
- Stockheim-Gedern-(Lauterbach)
- Höchst (Odw.)-Sandbach.

*cm*



Strecken, die möglicherweise reaktiviert werden, und ihr aktueller Status  
Quelle: Hessen Mobil

## Lärmkarten neu berechnet

**Eisenbahn-Bundesamt** | Das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) hat die Lärmkarten entlang der Bahnstrecken neu berechnet. Über das Geo-Portal der Behörde können Interessierte die Karten einsehen und auch über Adresseneingaben konkrete Suchen starten. Darüber hinaus gibt es Informationen zu der Anzahl der Zugfahrten (nach Verkehrskategorie und pro Jahr) sowie Statistiken für jede betroffene Gemeinde. Darin enthalten sind zum Beispiel Angaben zu der Anzahl belasteter Einwohnerinnen und Einwohner sowie betroffener Schulen und Krankenhäuser. Selbstgewählte Ausschnitte können als PDF-Karten gedruckt werden. Zusätzlich bietet das EBA die Ergebnisse der Umgebungslärmkartierung als Geodatendienste an. Diese Dienste können in ein Geoinformationssystem eingebunden und darin betrachtet oder verarbeitet werden. Innerhalb der 72 Ballungsräume werden zusätzlich die sonstigen Strecken mit einem geringeren Verkehrsaufkommen erfasst. Erstmals wurden mit der Runde 4 auch die Rangier- und Umschlagbahnhöfe innerhalb von Ballungsräumen kartiert. *cm*

## Gericht: Staat darf Nightjet stützen

**Niederlande** | Die staatliche Subvention des Infrastrukturministeriums an die Niederländische Staatsbahn NS für den Nachtzug Nightjet sind nicht rechtswidrig. Dies hat das höchste niederländische Gericht für Wirtschaftsverwaltungsrecht, das „College van Beroep voor het bedrijfsleven“ (CBB), entschieden. Die Subvention dient zur Deckung der Kosten für die Einrichtung des ÖBB-Nightjet-Dienstes Wien/Innsbruck-Amsterdam und zum Ausgleich von Verlusten bei den Kosten für den Zugbetrieb auf niederländischem Gebiet für einen Zeitraum von maximal vier Jahren, beginnend mit dem Fahrplanjahr 2021. Der europäische Verband der Open-Access-Betreiber Allrail, der niederländische Verband Federatie Mobiliteitsbedrijven Nederland (mit Arriva Nederland, Transdev, Qbuzz, Keolis und EBS als Mitglieder) sowie Flixbus NL hatten das Gericht angerufen. Sie halten die Zuschüsse für eine Wettbewerbsverzerrung. Das Gericht entschied, dass die Änderung der Konzession nur eine Änderung der Bedingungen für den grenzüberschreitenden Zugbetrieb betrifft. Die klagenden Parteien machten geltend, dass für den grenzüberschreitenden Nachtzugverkehr eine Genehmigung der zuständigen deutschen Behörden erforderlich sei. Das Gericht wies dieses Argument zurück und betonte, dass die gemeinwirtschaftliche Verpflichtung nur die Strecke zwischen der deutsch-niederländischen Grenze bei Zevenaar und Amsterdam betreffe und nicht als grenzüberschreitende Verpflichtung angesehen werden könne. Daher seien die deutschen Behörden nicht zu beteiligen. *qv/cm*

## Go-Ahead: Übernahme durch Kinetic/Globalvia

**Großbritannien** | Die Übernahme von Go-Ahead durch das Bieterkonsortium Kinetic/Globalvia ist perfekt. Das Unternehmen hat Mitte August das Angebot des australisch-spanischen Konsortiums über letztlich 648 Mio. GBP angenommen. Zuvor hatten sich die sieben größten Aktionäre von Go-Ahead dafür ausgesprochen: Jupiter mit 7,8 %, abrdn mit 7,5 %, Schroders mit 4,7 % und M&G mit 3,2 %. Zusammen mit den Beteiligungen der Go-Ahead-Direktoren erhöht sich der Anteil der Investoren, die das Geschäft unterstützten, auf fast 27 %. Neben dem Konsortium hatte zunächst auch Kelsian aus Australien Interesse an einer Übernahme gezeigt und ein Konkurrenzangebot abgegeben, sich letztlich aber dann zurückgezogen. *cm*

## Kanadischer Pensionsfonds CDPO übernimmt Akiem

**Leasingunternehmen** | Der kanadische Pensionsfonds CDPQ (Caisse de dépôt et de placement du Québec) hat das beste Angebot zur Übernahme des Leasingunternehmens Akiem unterbreitet. Der Verkauf soll zwischen 2,5 und 3 Mrd. EUR einbringen, wovon die eine Hälfte an die SNCF fällt und die andere Hälfte an den deutschen Vermögensverwalter DWS. Der Pensionsfonds CDPQ hat bereits vergangenes Jahr von der SNCF die Waggontochter Ermewa übernommen und ist Mitaktionär bei Eurostar, der mit Thalys fusioniert werden soll, sowie bei Keolis. Laut dem SNCF-Chef Jean-Pierre Farandou führt der Verkauf von Ermewa und Akiem zu einer Nettoentschuldung der SNCF-Gruppe von rund 3,2 Mrd. EUR. *wkz/cm*

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.

## Schienenkartell: DB legt Berufung ein

**Prozess** | Das Landgericht Frankfurt/M. hat am 3. August die Schadensersatzklage der DB Netz AG und anderer DB-Unternehmen gegen Moravia Steel, einem tschechischen Stahlhersteller, und andere Unternehmen wegen Verjährung abgewiesen. Das Gericht geht davon aus, dass Beschäftigte der DB das Schienenkartell bereits im Jahr 2007, d.h. fünf Jahre vor dem Bundeskartellamt, hätten entdecken können und es nur wegen grober Fahrlässigkeit nicht erkannt haben. Diesen Vorwurf weist die DB „entschieden zurück“. Selbst die kartellbeteiligten Unternehmen haben die Verstöße erst 2011 erkannt – und auch das nur, weil ein Kronzeuge aus dem Kreis der Kartellbeteiligten das Bundeskartellamt und die Strafver-

folgungsbehörden auf das Kartell aufmerksam machte. Deshalb wird die DB wegen „*gravierenden Fehlern im Sachverhalt und in der rechtlichen Bewertung*“ Berufung einlegen. Mehrere Schienenlieferanten hatten zwischen 2001 und 2010/11 rechtswidrig Lieferquoten und Preise für Lieferungen an die DB abgesprochen. Das Bundeskartellamt verhängte Bußgelder von insgesamt 134,5 Mio. EUR. Die DB hat im Dezember 2012 eine Schadensersatzklage über mehrere hundert Millionen Euro vor dem Landgericht Frankfurt/M. erhoben. Mit den Stahlherstellern ThyssenKrupp, voestalpine und Stahlberg Roensch konnte die DB bereits Vergleiche über hohe Schadensersatzzahlungen abschließen. *cm*

## Schenker rettet DB-Halbjahresergebnis

**Deutsche Bahn** | Die Deutsche Bahn AG 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 eine 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. DB Fernverkehr

wies einen operativen Verlust von 195 Mio. EUR aus und verbesserte sich damit im Vergleich zum ersten Halbjahr 2021 um knapp 1 Mrd. EUR. DB Regio wies noch rund 100 Mio. nach 360 Mio. EUR Verlust im Vorjahreszeitraum aus. Bei DB Cargo stieg der operative Verlust um 45 % von 204 auf 299 Mio. EUR. Mengen und Verkehrsleistungen blieben dabei mit 115 Mio. t und 43,5 Mrd. tkm in etwa gleich. Die Reisenden kamen in Scharen zurück, wenngleich auch noch nicht in der Größenordnung, wie sie vor der Coronapandemie den Schienenverkehr nutzten. Die DB beförderte 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 % 2021. *ici*

### DB im Vergleich der ersten Halbjahre 2021 und 2022

Kennzahlen in Mio. EUR	1. Hj. 2021	1. Hj. 2022	Veränderungen
Umsatz bereinigt	21.786	27.969	28,4 %
Umsatz vergleichbar	21.786	27.485	26,2 %
Ebit bereinigt	-975	876	- %
Ergebnis nach Ertragsteuern	-1.428	424	- %
Brutto-Investitionen	5.550	5.402	-2,7 %
Netto-Investitionen	2.659	2.740	3,0 %
Netto-Finanzschulden	29.107	30.504	4,8 %
Roce in Prozent	-4,5	3,9	- Pp.

DB im Vergleich der ersten Halbjahre 2021 und 2022

Ebit bereinigt in Mio. EUR	1. Hj. 2021	1. Hj. 2022	Veränderungen
DB Fernverkehr	-1.144	-195	-83,0 %
DB Regio	-359	-104	-71,0 %
DB Cargo	-204	-299	46,6 %
DB Netze Fahrweg	302	496	64,2 %
DB Netze Personenbahnhöfe	-7	61	- %
DB Netze Energie	40	35	-12,5 %
DB Arriva	-31	-8	-74,2 %
DB Schenker	620	1.186	+91,3 %
Konsolidierung Übrige	2	8	300,0 %

Quelle: DB AG

## Übernahme: Colas Rail steigt in Deutschland ein

**Hasselmann** | Colas Rail hat in Deutschland die Hasselmann-Gruppe aus Thüringen übernommen und steigt damit in den deutschen Markt ein. Die Verträge wurden am 9. August 2022 unterzeichnet, der Abschluss der Transaktion soll während des vierten Quartals 2022 erfolgen. Die Hasselmann-Gruppe besteht aus den drei operativ tätigen Gesellschaften Hasselmann GmbH (Eisenbahninfrastrukturen), NTG GmbH (Schienenwege) und LGM Logistik GmbH (Eisenbahnsicherheit) und ist überwiegend in Hessen, Thü-

ringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen tätig. Aktuell hat das Unternehmen etwa 300 Mitarbeiter und hat im Jahr 2021 einen Umsatz von 70 Mio. EUR erzielt. „*Sobald die Hasselmann-Gruppe in die Colas Rail Familie integriert ist, wollen wir unser Geschäft auf ganz Deutschland ausweiten*“, erklärt Hervé Le Joliff, Präsident von Colas Rail. Colas Rail ist eine Tochtergesellschaft der französischen Bouygues-Gruppe und als Bahnbauunternehmen und Güterbahn u.a. in Frankreich und Großbritannien tätig. *cm*

## CMA CGM darf Gefco übernehmen

**EU-Kommission** | Die im April angekündigte Übernahme des französischen Automotive-Logistikers Gefco durch den ebenfalls französischen Reederei- und Logistikkonzern CMA CGM ist von den europäischen Wettbewerbshütern genehmigt. Auf die betroffenen Märkte habe die Transaktion nur begrenzte Auswirkungen, eine Einschränkung des Wettbewerbs sei nicht zu befürchten, begründete die EU-Kommission ihre Zustimmung. Kurz vor Bekanntgabe der Übernahme hatte Gefco 75 %

der Unternehmensanteile zurückgekauft, die sich in der Hand der Russischen Eisenbahnen (RZD) befanden. CMA CGM will Gefco in seine Logistiktöchter Ceva Logistics integrieren. Es entstehe der Weltmarktführer im Bereich Automotive-Logistics, sagte CMA-CGM-CEO Rodolphe Saadé im April. Gefco erreichte 2021 mit 11 500 Personen in 47 Ländern einen Umsatz von 4,2 Mrd. EUR, Ceva im Vergleich im selben Jahr gut 10 Mrd. EUR. *fh/cm*

## Vossloh strukturierte Servicebereich um

**Umfirmierung** | Vossloh hat seinen Servicebereich umstrukturiert. Die Rail Center GmbH heißt nun Vossloh Rail Services Deutschland GmbH. In der Vossloh Rail Services Deutschland

GmbH wurden verschmolzen: Vossloh Logistics, Vossloh Rail Maintenance, Vossloh Mobile Rail Services und die Alpha Rail Team Verwaltungs GmbH. *dr*

## Neue Business Unit Rail – Führer ist Berater

**Pilz** | Der Spezialist für Steuerungen und Industrieautomatisierung Pilz hat eine eigenständige Business Unit Rail gegründet. Bisher war Pilz im Bahnsektor mit Lösungen für Bahnübergänge vertreten, jetzt rücken Steuerungen allgemein mehr in den Fokus: „Dank offener Schnittstellen und Commercial Off-the-Shelf-Lösungen – also standardisierten Produkten – will Pilz dazu beitragen, proprietäre Anwendungen aufzulösen“, beschreibt das Unternehmen seine Ausrichtung. Sebastian Lücke leitet die Business Unit Rail. Michael Fohrer, Inhaber von MF International Consulting & Business Development, und zuvor 13 Jahre bis 2020 CEO von Bombardier Transportation Germany sowie ehemaliger Präsident des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) begleitet die neue Business Unit beratend. *dr*



Sebastian Lücke (rechts) ist Head of Business Rail, Michael Fohrer (links) begleitet die Business Unit.

*Quelle: Pilz*

## Signalisierungsbereich neu aufgestellt

**Stadler Rail** | Zum 1. Juli 2022 hat Stadler seine kürzlich übernommenen Unternehmen der Signal- und Zugsicherungstechnik neu firmiert. Aus der BBR Verkehrstechnik GmbH, seit dem 1. Januar 2022 mit ihren Gruppengesellschaften Teil des Konzerns, wurde die Stadler Signalling Deutschland GmbH. Die Schweizer BÄR Bahnsicherung AG, seit November 2021 Teil von Stadler, wurde die Stadler Signalling Schweiz. Stadler hatte für beide Unternehmen bereits zum 1. Januar 2022 die neu geschaffene Division Signalling gebildet. In Braunschweig produzieren rund 250 Personen elektronische Systeme und Komponenten für die Bahntechnik wie Weichensteuerungen, Stellwerkstechnik und Fahrgastinformation. Am Schweizer Standort Fehraldorf sind 130 Personen für alle Bereich der infrastrukturseitigen Bahnsicherung zuständig. *jsh/cm*



## Innovation ist das Resultat aus Erfahrung, Mut und Wandlungsfähigkeit.

Erleben Sie bei uns das Beste  
aus zwei Welten!



[www.vl-rs.com](http://www.vl-rs.com)

**vossloh**  
Locomotives

## TMH nun ohne Anteile am Werk Dunakeszi

**Ungarn** | Die Magyar Vagon Befektetési Vagyonkezelő Zrt. hat Ende Juni infolge der Kriegssituation den Anteil der russischen TMH International AG an der ungarischen TMH Hungary Invest Zrt. (50 %), Eigentümer des Werkes in Dunakeszi, erworben. Damit halten die Ungarn nun 100 % an TMH Hungary Invest und haben das Unternehmen in Ganz-MaVag Invest Zrt. umbenannt. Parallel wurde die Stimmenmehrheit an der Transmashholding Hungary Kft. übernommen, die nun als Ganz-MaVag International Kft. firmiert. *in/wkz/cm*

## Übernahme der IGW Rail

**Voith** | Mit Vertrag vom 6. Juli 2022 hat Voith die 1949 gegründete IGW Rail übernommen. Das in Brno (Tschechien) ansässige Unternehmen ist auf Getriebe für Schienenfahrzeuge aller Art spezialisiert und Teil der BMT Gruppe mit Sitz in Belgien. Durch den Erwerb entsteht einer der weltweit größten unabhängigen Hersteller von Schienenfahrzeuggetrieben. Mit Brno (Tschechien), Pune (Indien), Zanesville (USA) sowie Suzhou (China) verfügt IGW Rail über vier Produktionsstandorte und beschäftigt insgesamt rund 500 Personen. Der Abschluss der Transaktion wird für den Beginn des vierten Quartals 2022 erwartet und steht unter dem Vorbehalt aller behördlichen Genehmigungen. Zum Kaufpreis vereinbarten beide Seiten Stillschweigen. *cm*

## Statt NordWestBahn künftig RheinRuhrBahn

**Transdev NRW** | Die Transdev-Gruppe teilte die NordWestBahn (NWB) zum 1. September 2022 auf. Für die Regionen Niederrhein, Ruhrgebiet und Münsterland mit den SPNV-Netzen „Niers-Rhein-Emscher“ und „Emscher-Münsterland“ ist seitdem die Marke RheinRuhrBahn (RRB) zuständig, hinter der die neue Gesellschaft Transdev Rhein-Ruhr GmbH steht. Die RRB bezog parallel einen Gebäudekomplex in unmittelbarer Nähe zum Hauptbahnhof in Duisburg. Alle Mitarbeitenden der beiden Netze wechseln in die neue Gesellschaft, deren Führung Christian Kleinenhamann übernimmt. Er ist derzeit Regionalleiter West der Transdev-Gruppe in Deutschland und Vorstand der Niederrheinischen Verkehrsbetriebe (NIAG). Die Linien im Netz Ostwestfalen-Lippe, die zum größten Teil in Nordrhein-Westfalen liegen, werden weiter von der NWB betrieben. *cm*



RheinRuhrBahn statt NordWestBahn

Quelle: Transdev

## Neuer Finanzier für deutsche Fahrzeuge

**Rock Rail / abrdn** | Mit Rock Rail und abrdn Core Infrastructure ist ein neuer Finanzier von Fahrzeugen auf dem deutschen Markt aktiv geworden. Bislang hat das Unternehmen in Großbritannien die Triebwagen für vier Franchises finanziert. In Deutschland wurden nun die 17 Coradia Stream finanziert, die DB Regio im November 2021 bei Alstom bestellt hatte. Damals wurden für 218,2 Mio. EUR 13 vierteilige und vier fünfteilige Einheiten bestellt, die auf der RE-Linie Frankfurt-Kassel eingesetzt werden. Diese Finanzierung wurde

durch den zweiten Core Infrastructure Fund von abrdn, SL Capital Infrastructure II SCSp – 669 Mio. EUR schwer – mit Eigenkapital finanziert. Die MEAG der Münchener Rück-Gruppe fungiert als exklusiver Arrangeur der gesamten vorrangigen Fremdfinanzierung, sodass Investoren und andere institutionelle Anleger an dieser Transaktion teilnehmen können.

DB Regio least die Flotte zunächst für 14 Jahre mit einer einjährigen Verlängerungsoption. *cm*

## SPNV München – Prag: Allegra / ÖBB ist draußen

**BEG** | Die ÖBB-Tochter Allegra Deutschland GmbH wird nicht, wie von der Bayerischen Eisenbahngesellschaft (BEG) geplant, den Zuschlag für den Betrieb „Expressverkehr Ostbayern Übergang, Los 2 (München – Prag)“ erhalten. Die Vergabekammer Südbayern hat mit Beschluss vom 6. Juli 2022 entschieden, dass deren Angebot auszuschließen sei. Nach Auffassung der Vergabekammer kann sich Allegra nicht im Rahmen der Eignungsliehe auf die Referenzen ihrer Muttergesellschaft (ÖBB) stützen. Wirtschaftsteilnehmer können sich nur dann auf die Leistungsfähigkeit anderer Unternehmen stützen, wenn das andere Unternehmen die Dienstleistung auch tatsächlich selbst erbringt, für die die Leistungsfähigkeit nachzuweisen ist. Die ÖBB

sollen die Leistungen aber nicht selbst erbringen. Gegen den Beschluss der Vergabekammer Südbayern wurden keine Rechtsmittel eingelegt. Die BEG muss nun das / die Angebot(e) aus dem verbliebenen Bieterfeld erneut auswerten und ohne Berücksichtigung des Angebots der Allegra Deutschland GmbH eine neue Zuschlagsempfehlung erarbeiten. Dies sei „voraussichtlich“ Ende September bzw. Anfang Oktober 2022 der Fall.

Die BEG hatte die Zuschlagsempfehlung an Allegra im Herbst 2021 verkündet, am 13. Dezember 2021 wurde aber ein Nachprüfungsantrag gestellt. Das Los 1 konnte damals wie geplant an DB Regio vergeben werden. *cm*

## WestBahn darf Wien – Innsbruck fahren

**Schienen-Control** | Die private WestBahn darf ab dem Fahrplanjahr 2023 Verkehre zwischen Wien und Innsbruck durchführen. Die ÖBB-Personenverkehr AG hat ihren im Mai gestellten Antrag auf Prüfung des wirtschaftlichen Gleichgewichts ihrer Verkehre am 12. August zurückge-

zogen, teilte Schienen-Control mit. Damit endet das Verfahren vor der Schienen-Control-Kommission. Die ÖBB wollte prüfen lassen, ob diese neuen Verkehre der WestBahn das wirtschaftliche Gleichgewicht ihrer Verkehre gefährden würde. *cm*

## EVb: Wasserstoffzug im Planeinsatz

**Premiere** | Am 25. Juli 2022 ging weltweit der erste Serienzug mit einem Brennstoffzellen-Antrieb in den Fahrgastbetrieb. Am 14. Juli 2022 hat das Eisenbahn-Bundesamt die Zulassung erteilt. In den ersten Wochen erfolgte ein „Probetrieb“: eine Doppeltraktion in einem Umlauf auf der Linie RB 33 Buxtehude – Bremerhaven – Cuxhaven. Bei der Mitfahrt fielen im Inneren die recht hohen Geräusche auf, die vom Gelenkwellenantrieb und der Leistungselektronik stammen. Sehr gut abgeschirmt sind dagegen die Lüfter von Batterie und Brennstoffzelle. Noch geklärt werden muss die Frage: „Wie weit darf der Tank leer gefahren werden?“, so EVb-Geschäftsführer Christoph Grimm zu *Rail Business*. Offiziell vorgestellt wurden die Züge am 24. August 2022. Ab Fahrplanwechsel sollen nur noch die Wasserstoffzüge eingesetzt werden. Für den Betrieb wurden 14 Fahrzeuge bestellt.

Unterdessen ist in der KW 30 der erste iLint für den RMV in Hessen eingetroffen. Hier wird die Zulassung für September erwartet. Die RMV-Tochter Fahma hat 27 iLint 54 für Hocheinstieg bestellt, die ab Fahrplanwechsel im Taunus verkehren sollen. *cm*



iLint 54 am ersten Tag des Fahrgasteinsatzes in Bremervörde

Quelle: C. Müller

## DB Regio gewinnt SPNV-Netz „MoselLux“

**Rheinland-Pfalz** | Das Vergabeverfahren „MoselLux“ konnte Anfang August mit dem Zuschlag an DB Regio abgeschlossen werden. Federführend war der SPNV-Nord aus Rheinland-Pfalz zuständig, weiter war das Saarland eingebunden. Mit Betriebsaufnahme im Dezember 2024 erfolgt eine Neustrukturierung der Verkehrsleistungen auf der Moselachse. Der bis Ende 2039 laufende Bruttovertrag sieht drei Betriebsstufen vor, die gestaffelt starten. Die Betriebsstufe I ab Ende 2024 umfasst die Verkehre:

- RB 81 (Trier – Koblenz)
- RB 82 (Perl – Trier)
- RB 83 (Wittlich – Trier-West – Luxemburg)
- Zusatzfahrten RE 11 (Trier – Wasserbillig – Luxemburg).

Die Betriebsstufe II umfasst ab Ende 2025 dann die Zusatzfahrten RB 10 (Koblenz – Kaub) und die Betriebsstufe III ab Ende 2029 die Linien RE 85 Traben-Trarbach – Bullay – Koblenz und RE 86 Traben-Trarbach – Bullay – Trier. Dabei soll die Moselweinbahn nach Traben-Trarbach bis dahin elektrifiziert sein. Der Umfang liegt bei 2,85 Mio. Zugkm/a zu Beginn und zum Schluss bei 3,60 Mio. Zugkm/a. Für den Verkehr mit Luxemburg stellt die CFL wie bisher die Fahrzeuge. Auf den rein innerdeutschen Linien wird DB Regio komplett Neufahrzeuge einsetzen. Die derzeit dort eingesetzten zwei- und vierteiligen Talent 2 von Bombardier werden durch 19 Flirt 3XL abgelöst. Bei der Länge von 86,90 m bieten sie 245 Sitzplätze, 30 Radstellplätze sowie einen Mehrzweckbereich. Dabei sind über 50 % der Sitze vis-à-vis mit großem Mitteltisch angeordnet. Die Fahrzeuge werden in Trier instandgehalten. *cm*



DB Regio hat für das Netz MoselLux 19 Flirt 3XL bestellt.

Quelle: Stadler

## Schönbuchbahn: Thema Bremsen weiter ungelöst

**Zulassung** | Die zwölf von CAF gelieferten leichten Triebwagen der Schönbuchbahn haben weiter der Zulassung. Nun sollen in den nächsten Monaten erneute Bremsversuche mit zwei Fahrzeugen im tschechischen Testcenter VUZ bei Velim durchgeführt werden. Die Bestellung bei CAF wurde Ende 2016 ausgelöst, das erste Fahrzeug Ende November 2019 fertiggestellt. Auftraggeber ist der Zweckverband Schönbuchbahn (ZVS). Die Fahrzeuge wurden entsprechend den damaligen LNT-Richtlinie (Leichter Nahverkehrstriebwagen) geliefert und enthalten entsprechend auch an Straßenbahnen angelehnte Technologien. Dies betrifft in erster Linie Drehgestell mit Antrieb und Bremssysteme. Der mit dem 4. Eisenbahnpaket neu formulierten LNT-Richtlinie entsprechen die CAF-Fahrzeuge aber nicht mehr. Seitdem ist der Hersteller mit dem TÜV Süd Rail dabei, die Zulassung durch das Landeseisenbahnamt zu erhalten.

Laut der jetzt gültigen Richtlinien ist die Bremswirkung aus 100 km/h zu hoch. Dies birgt laut der Behörden ein Sicherheitsproblem. Dabei hat das Fahrzeug drei Bremssysteme: Reibungsbremse, EBremse und Magnetschienenbremse. Die Fahrzeuge nur für 80 km/h zuzulassen, ist weder für den ZVS noch für CAF eine Lösung. Die Fahrpläne für die Schönbuchbahn sind für 100 km/h ausgelegt. Der Zweckverband hofft nun, die Zulassung doch noch im laufenden Jahr zu erhalten.



Leicht-Triebwagen von CAF für die Schönbuchbahn

Quelle: Team Zugpool

## Erster Güterzug auf der Schnellfahrstrecke VDE 8.2

**IntEgro/Press** | Knapp sieben Jahre nach der Eröffnung der Schnellfahrstrecke Erfurt–Leipzig/Halle (VDE 8.2) befuhr der erste Güterzug am 10. August 2022 die Strecke. Aufgrund der zahlreichen Instandhaltungsmaßnahmen der DB Netz AG sah sich die IntEgro Verkehr GmbH gezwungen, einen dringend benötigten beladenen Kesselzug

über die Schnellfahrstrecke im Abschnitt Leipzig–Erfurt zu befördern. Anhand der engen Kooperation mit der Eisenbahn-Bau- und Betriebsgesellschaft Pressnitztalbahn mbH (Press) konnten kurzfristig die im Eigentum der Press befindlichen Triebfahrzeuge der Baureihe 285 mit ETCS-Ausrüstung gestellt werden.



Güterzug der IntEgro auf der VDE 8.2

Quelle: O. Winner

## Odometrielösung für den Bahnbetrieb getestet

**Humatics/Hitachi Rail** | Humatics hat zusammen mit Hitachi Rail ein einjähriges Pilotprojekt zur Odometrie im Bahnverkehr erfolgreich abgeschlossen. Das „Humatics Rail Navigation System“ (HRNS) nutzt Ultrabreitband (UWB) und Sensoren wie

Trägheitsmessgeräte (IMU) und GNSS für präzise Positions-, Richtungs-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten. Die Tests erfolgten auf der 1,5 km langen Teststrecke von Hitachi Rail in Neapel.

## Nagl löst Sennhenn ab

**DB Netz** | Die Deutsche Bahn AG hat seit dem 15. August 2022 einen neuen Vorstandsvorsitzender der DB Netz AG. **Philipp Nagl** (40) löste damit **Frank Sennhenn** (58) ab, der seit 2013 den Posten inne hatte. „Ich bin mir sicher, dass die DB Netz von diesem Generationswechsel deutlich profitieren wird“, so **Berthold Huber**, Infrastrukturvorstand der DB AG und Aufsichtsratsvorsitzender der DB Netz AG. Nagl war seit 2018 Produktionsvorstand bei DB Fernverkehr und davor Leiter Fahrplan und Verkehrsleitung. Zwischenzeitlich war Nagl auch für die ÖBB tätig. Sennhenn verabschiedet sich laut DB vorzeitig in den Ruhestand.

dr/cm



Philipp Nagl

Quelle: DB AG/P. Kuschfeld

**EurailJobs** Karrieremarkt der Bahnbranche

# EXPERT\*IN GESUCHT!



**Suchen Sie mit uns Ihr  
qualifiziertes Fachpersonal!**



Ihre Ansprechpartnerin:  
Silvia Sander  
Telefon: +49 40 237 14 171  
Email: [silvia.sander@dvvmedia.com](mailto:silvia.sander@dvvmedia.com)



Die Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Management-Systeme (SQS), mit Sitz in Zollikofen BE, ist die führende Zertifizierungsstelle der Schweiz – und eine der weltweit ersten. Schon seit 1983 auditieren, bewerten und zertifizieren wir Organisationen und Unternehmen in zahlreichen Branchen. Heute ist die SQS international tätig und zählt über 160 festangestellte Mitarbeitende in der Schweiz, Frankreich und Italien sowie über 290 freie Auditoren weltweit.

Zur Verstärkung unseres Fachbereiches «Bahn und Öffentlicher Verkehr» suchen wir nach Übereinkunft eine/n fach- und sozialkompetente/n, motivierte/n

## Auditor/in für Management-systeme für den Bereich Bahn und Öffentlicher Verkehr (80-100%)

### Ihr Verantwortungsbereich

- Planung und Durchführung von Zertifizierungsaudits gemäss den geltenden Regelwerken der Normen ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001; zudem qualifizieren wir Sie für weitere Normen (ECM, IRIS, etc.)
- Fach- und Projektleitung im Rahmen der Dienstleistungsentwicklung der SQS Vor- und Nachbereitung der Audits
- Prüfung relevanter Dokumente sowie Erstellung von Berichten

### Sie bringen mit

- Abgeschlossenes technisches oder betriebswirtschaftliches Studium
- Mehrjährige Berufserfahrung in den standardspezifischen Bereichen Qualitätsmanagement, Umweltmanagement und Arbeitsschutz
- Ausbildung zum Lead-Auditor
- Hohe Kundenorientierung
- Verhandlungssicheres deutsch und englisch (weitere Sprachen von Vorteil)
- Belastbarkeit sowie selbstständige und zielsichere Arbeitsweise
- Bereitschaft für eine Reisetätigkeit inkl. Wohnsitz in der Schweiz
- Ausgeprägte konzeptionelle Arbeitsweise und analytisches Denken

### Das bieten wir Ihnen

- Eine sorgfältige Einführung und Qualifikation als Auditor sowie grosszügige Weiterbildungsmöglichkeiten
- Eine faszinierende und abwechslungsreiche Tätigkeit
- Einen hohen Grad an Selbstständigkeit in der Umsetzung des SQS Dienstleistungsangebotes
- Arbeit in einem sehr motivierten und qualifizierten Team
- Eine offene Unternehmenskultur
- Attraktive Anstellungsbedingungen mit überdurchschnittlichen Sozialleistungen
- Einen «Home-Office»-Arbeitsplatz und entsprechende Infrastruktur

### Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Gerne erwarten wir Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen z.Hd. von Frau Andrea Kammer

### Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Management-Systeme (SQS)

Bernstrasse 103  
3052 Zollikofen  
Schweiz

T +41 58 710 35 35  
[www.sqs.ch](http://www.sqs.ch)  
[andrea.kammer@sqs.ch](mailto:andrea.kammer@sqs.ch)

## Sektorvorstand Mobility Solutions etabliert

**Bosch** | Der Geschäftsführer der Robert Bosch GmbH, **Markus Heyn** (57), wird zum 1. Oktober Vorsitzender des Sektorvorstands des Unternehmensbereichs Mobility Solutions, der zum 1. Januar 2023 neu als integrierter Geschäftssektor aufgestellt werden soll. Heyn ist bereits seit Januar 2022 Vorsitzender von Mobility Solutions. In den Sektorvorstand werden noch vier weitere Mitglieder berufen: **Andreas Dempf** (52) behält die weltweite Verantwortung für Vertrieb und Kunden von Mobility Solutions – diese Funktion hat er seit Anfang des Jahres inne. **Uwe Gackstatter** (58), derzeit Vorsitzender des Bosch-Geschäftsbereichs Powertrain Solutions, wird künftig die Verantwortung für kaufmännische Aufgaben übernehmen. **Klaus Mäder** (55), zurzeit Vorsitzender des Bosch-Geschäftsbereichs Automotive Electronics, wird für Operations und damit unter anderem für alle Werke weltweit sowie für Qualität zuständig sein. **Mathias Pillin** (55), Vorsitzender des Bosch-Geschäftsbereichs Cross-Domain Computing Solutions, wird die Verantwortung für die Technologie des gesamten Unternehmensbereichs übernehmen.



rf Dr. Markus Heyn Quelle: Robert Bosch

## Finanzleiter geht Ende März 2023 in Pension

**BAV** | Beim Bundesamts für Verkehr (BAV) geht **Pierre André Meyer**, Leiter der Abteilung Finanzierung und stellvertretender Direktor, Ende März 2023 in den Ruhestand. Er war im Jahr 2005 ins 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 Subventions-Abrechnung. Die Stelle wird nun neu ausgeschrieben. cm

## Leitung: Wechsel bei Metronom und Erix

**Netinera** | Der langjährige Geschäftsführer von Metronom und Erix, Dr. **Lorenz Kasch**, wird Ende Juli 2022 seine Tätigkeit für die beiden zum Netinera-Konzern gehörenden Eisenbahngesellschaften auf eigenen Wunsch beenden. Er war seit 2015 kaufmännischer Geschäftsführer bei Metronom und seit November 2018 bei Erix. Zum 1. August 2022 übernimmt Dipl.-Kfm. **Nicolai Volkmann** die kaufmännische Geschäftsführung. Volkmann war bereits von 2011 bis 2019 im Netinera-Konzern tätig, zuletzt als kaufmännischer Geschäftsführer der Netinera-Werke in Neustrelitz. cm



Nicolai Volkmann

Quelle: privat

## Neuer Leiter internationale Märkte und Consulting

**DB Engineering & Consulting** | Seit dem 1. August 2022 ist **Stefan Geisperger** neuer Managing Director International Markets und Consulting bei DB Engineering & Consulting. Geisperger ist seit 2020 bei DB En-

gineering & Consulting, bisher als Sprecher der Regionen Deutschland Südost und Süd. Zuvor war Geisperger sieben Jahre lang Senior VP Sales bei DB Fahrzeuginstandhaltung. dr

## Neuer Geschäftsführer und neuer Zweck der Firma

**Kübler Heavy Rail** | Die Kübler Heavy Rail GmbH hat mit **Dan Radloff** (49) einen neuen Geschäftsführer. Radloff führt das Unternehmen zusammen mit **Heinz Röbler** (56). Zugleich hat die Gesellschafterversammlung den Zweck des Unternehmens geändert: Standen bisher ausschließlich Schwertransporte auf der Schiene im Fokus, sind es nun auch „Handel mit und die Produktion von Waren verschiedener Art, insbesondere der Handel mit und die Produktion von Schienen- und Bahnfahrzeugen sowie Lastkraftwagen sowie die Erbringung von Verkehrsleistungen als Eisenbahnverkehrsunternehmen auf der Schiene“. cm

## Dewald-Kehrer mit eigener Gesellschaft

**Beratung** | Mit der Esig – Eisenbahn speziell Infrastruktur Ingenieur GmbH hat **Ingo Dewald-Kehrer** (52) Mitte Juni ein eigenes Unternehmen gegründet. Er ist zugleich auch einziger Geschäftsführer des Unternehmens. Der Unternehmenszweck sind die Ingenieurberatung, Erbringung von Ingenieurdienstleistungen inklusive Projektleitung und Eisenbahnbetriebsleitung nach EBV. Dewald-Kehrer war 2005 bis Februar 2022 Geschäftsführer der Norddeutschen Eisenbahn Niebüll GmbH (NEG), bei der im Februar rückwirkend zum 1. Januar 2022 die Railroad Development Corporation (RDC) die Mehrheit (74,9 %) übernahm dr

## INSERENTENVERZEICHNIS

09	Atlas Hannover Baumaschinen GmbH & Co., Laatzen	103	L&S Luddeneit und Scherf GmbH, Neustadt	76	Mainhausen
117	Bauer Spezialtiefbau GmbH, Schrobhausen	135	Matisa Matériel Industriel SA, Crissier	14	SŽ - Vleka in tehnika, d.o.o., Ljubljana, Slovenija
139	Borflex Rex SA, Mendrisio	97	Metrotech Vertriebs GmbH, Schesslitz	14	Thyssenkrupp Schulte GmbH, Essen
15	BvSys Bildverarbeitungssysteme GmbH, Bremen	143	MFL Maschinenfabrik Liezen und Gießerei GmbH, Liezen	59	TMC Transformers S.p.A., Busto Arsizio
17	CN-Consult GmbH, Mittenaar	19	Leonhard Moll Betonwerke GmbH & Co. KG, Hannover	77	Trimble, Wiesentheid
22	CTS Composite Technologie Systeme GmbH, Geesthacht	65	Munk Günzburger Steigtechnik GmbH, Günzburg	<b>U3, 84, 159, 164 ff.</b>	
U1	DB Bahnbau Gruppe GmbH, Berlin	12	Nowe GmbH, Elze	39	VDEI-Service GmbH, Berlin
23	DB AG, Berlin	47	ÖBS GmbH, Lütjensee	101	Vössing Ingenieurgesellschaft mbH, Düsseldorf
66, 74, 90, 130/131, 137, 145, 157	DVV Media Group GmbH, Hamburg	91	Österreichische Bundesbahn, Wien	11	Vogel + Plötscher GmbH & Co. KG, Breisach
27	ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH, Braunschweig	49	Pilz GmbH & Co. KG, Ostfildern	153	Vossloh AG, Werdohl
107	ETS Baret, Haybes-sur-Meuse	122	Pintsch GmbH, Dinslaken	55	Vossloh Locomotives GmbH, Kiel
129	Fela Management AG, Diesshofen	U4	Plasser & Theurer GmbH, Wien	20	Wago GmbH & Co. KG, Minden
10	Forster Metallbau Gesellschaft m.b.H., Waidhofen	36	Porosit-Betonwerke GmbH, Felsberg	35	Weco Bahnübergangsweg und Auffangwannenbau GmbH, Daun
83	Fränkische Industrial Pipes GmbH & Co. KG, Königsberg	93	Profilscope Schienen und Profile GmbH, München	105	Wieland Austria Ges.m.b.H., Enzesfeld
45	Fronius Deutschland GmbH, Neuhoof	21	Railone GmbH, Neumarkt	79	Wirthwein AG, Creglingen
33	Geismar Gleisbaumaschinen GmbH, Breisach	109	Rail Power Systems GmbH, München	34	WSP Infrastructure Engineering GmbH, Frankfurt
13	Geo Digital GmbH, Düsseldorf	113	Ramboll Holding GmbH, Hamburg	63	Zöllner Signal GmbH, Kiel
73	GMT Gummi-Metall-Technik GmbH, Bühl	69	A. Rawie GmbH & Co. KG, Osnabrück		Zwiehoff GmbH, Rosenheim
67	Goldschmidt Holding GmbH, Leipzig	41	Rubi Bahntechnik, Zürich	Beachten Sie bitte auch folgende Beilagen:	
50	Glumann Maschinenbau GmbH, Chemnitz	51	Schaeffler Technologie AG & Co. KG, Schweinfurt	GRT Global Rail Academy and Media GmbH, Leverkusen	
29	Griwecolor GmbH, Bräunlingen	53	Schalbau GmbH, München	DVV Media Group GmbH, Hamburg	
89	Harting Deutschland GmbH & Co. KG, Minden	111	Schranz Bahntechnik GmbH, Hallein	Salcef Group S.p.A., Rome	
28	Hering Bahnbau GmbH, Burbach	133	Schrey & Veit GmbH, Sprendingen	Swietelsky Bauges. mbH, München	
38	Joseph Hubert Bauunternehmung, GmbH & Co. KG, Nürnberg	25	Schweerbau GmbH & Co. KG, Stadthagen		
40	Intermetric GmbH, Stuttgart	18	Schweizer Electronic AG, Reiden		
37	Jumo GmbH & Co. KG, Fulda	157	Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Management-Systeme (SQS), Zollikofen		
43	Leube Betonteile GmbH & Co. KG, Maishofen	75	Senceive Ltd., London		
61	Liebherr-Hydraulikkbagger GmbH, Kirchdorf	85	Speno International S.A, Meyrin		
151	Lenord, Bauer & Co. KG, Oberhausen	U2	Spitzke SE, Großbeeren		
		19	Swietelsky Bauges. mbH, München		
		81	Syko Gesellschaft für Leistungselektronik GmbH,		

Beachten Sie bitte auch folgende Beilagen:

GRT Global Rail Academy and Media GmbH, Leverkusen

DVV Media Group GmbH, Hamburg

Salcef Group S.p.A., Rome

Swietelsky Bauges. mbH, München

Das Inserentenverzeichnis dient nur zur Orientierung der Leser. Es ist kein Bestandteil des Insertionsauftrages.

EI – DER EISENBAHNINGENIEUR übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit.



## BahnBau Kongress



## 4. BahnBau-Kongress

### The Future of Track Construction

**14.- 15. November 2023**  
**Darmstadtium, Darmstadt**

**Die Schwerpunkte für die Zukunft des Bahnbaus:**

- Klimawandel & Umweltschutz
- Instandhaltungsstrategie

Weitere Informationen unter: [www.bahnbaukongress.de](http://www.bahnbaukongress.de)

# DER EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT  
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

Gründet im Jahr 1884 als „Monatsschrift für deutsche Bahnmeister“. Erscheint unter dem Titel „EI – DER EISENBAHNINGENIEUR“ im Jahre 2022 im 73. Jahrgang.

#### Chefredaktion im Auftrag des VDEI

EURAIL-Ing. Marcel Jelitto, M. Sc.;  
Univ.-Prof. Dr. techn. Ferdinand Pospischil, M. Sc.

#### Fachredaktion im Auftrag des VDEI

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Math. Marco Brey (Fahrzeuge)  
marco.brey@vdei.de | Tel.: +49 531/232 999 3

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler (Fahrweg)  
wolfgang.fengler@vdei.de | Tel.: +49 162/929 5020

EURAIL-Ing. Marcel Jelitto, M. Sc. (Betrieb)  
marcel.jelitto@vdei.de | Tel.: +49 162/462 1054

PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek (Leit- und Sicherungstechnik,  
Telekommunikation)  
ulrich.maschek@vdei.de | Tel.: +49 351/46336539

Univ.-Prof. Dr. techn. Ferdinand Pospischil, M.Sc.  
(Strategie/Entwicklung)  
ferdinand.pospischil@vdei.de | Tel.: +43 664/88892190

Dipl.-Ing. Knut Schubert (Geodäsie und Geoinformatik)  
knut.schubert@vdei.de | Tel.: +49 179/523 2433

Dipl.-Ing. Lutz Westphal (Elektrotechnik)  
westphal.lutz@freenet.de | Tel.: +49 173/2992860

#### Redaktion VDEI Nachrichten und VDEI Intern

Sylvia Kuhlmann (VDEI Nachrichten und VDEI Intern)  
sylvia.kuhlmann@vdei.de | Tel.: +49 69/236171

EURAIL-Ing. Marcel Jelitto, M. Sc. (VDEI-Bezirksmitteilungen)  
marcel.jelitto@vdei.de | Tel.: +49 162/4621054

#### Verlagsredaktion

Aline Jehl (zuständig für EI)  
aline.jehl@dvvmedia.com | Tel.: +49 40/23714-146

Dipl.-Ing. Christoph Müller  
christoph.mueller@dvvmedia.com | Tel.: +49 40/23714-152

Dipl.-Journ. (FH) Jennifer Schacha  
jennifer.schacha@dvvmedia.com | Tel.: +49 40/23714-281

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht  
notwendigerweise die Meinung der Redaktion bzw.  
des Herausgebers wieder.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Abbildungen  
übernimmt der Verlag keine Haftung.

EI – DER EISENBAHNINGENIEUR wird in 123 Ländern der Welt  
verbreitet. Zum Empfangskreis gehören alle der UIC, ORE,  
AICCF und OSSHD angeschlossenen Bahnen.

EI – DER EISENBAHNINGENIEUR im Internet:  
[www.eurailpress.de/ei](http://www.eurailpress.de/ei)

Eine Publikation der DVV Media Group



EI – DER EISENBAHNINGENIEUR enthält die vormaligen Fachzeitschriften DER BAHNINGENIEUR, SCHIENENFAHRZEUGE und EISENBAHNPRAXIS.

Mitglied/Member



#### Verlag

DVV Media Group GmbH  
Postfach 101609, D-20010 Hamburg  
Heidenkampsweg 73–79, D-20097 Hamburg  
Tel.: +49 40/23714-100

Geschäftsführer: Martin Weber

#### Verlagsleitung

Manuel Bosch • Tel.: +49 40/23714-155  
manuel.bosch@dvvmedia.com

#### Anzeigen

Anzeigenleitung Eurailpress:  
Silke Härtel (verantwort.) • Tel.: +49 40/23714-227  
silke.haertel@dvvmedia.com

Anzeigenverkauf EI – DER EISENBAHNINGENIEUR:

Silvia Sander • Tel.: +49 40/23714-171  
silvia.sander@dvvmedia.com

Anzeigentechnik:

Cornelia Bär • Tel.: +49 40/23714-120  
cornelia.baer@dvvmedia.com

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 61 vom 01.01.2022

#### Vertrieb

Leiter Marketing & Vertrieb  
Markus Kukuk • Tel.: +49 40/23714-291  
markus.kukuk@dvvmedia.com

#### Unternehmenslizenzen Digital/Print

lizenzen@dvvmedia.com

#### Leser- und Abonnentenservice

Tel. +49 40/23714-260 | Fax +49 40/23714-243  
kundenservice@dvvmedia.com

#### Bezugsbedingungen

Die Bestellung des Abonnements gilt zunächst für die Dauer des vereinbarten Zeitraumes (Vertragsdauer). Eine Kündigung des Abonnementvertrages ist zum Ende des Berechnungszeitraumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht rechtzeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden. Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeitskampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch. Zustellmängel sind dem Verlag unverzüglich zu melden. Es ist ausdrücklich untersagt, die Inhalte digital zu vervielfältigen oder an Dritte (auch Mitarbeiter, sofern ohne personenbezogene Nutzerlizenzierung) weiterzugeben. Zusätzliche digitale Abonnements: Bezug auf Anfrage, gültig ist die Vertriebspreisliste vom 01.01.2022.

#### Bezugsgebühren

Abonnement Inland jährlich 245,00 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt.  
Ausland mit VAT-Nr. jährlich 282,00 EUR inkl. Porto,  
ohne VAT-Nr. inkl. Porto zzgl. MwSt.

Das Abonnement beinhaltet die jeweiligen Ausgaben gedruckt, digital, als E-Paper sowie den Zugang zum Eurailpress Archiv. Mitglieder des VDEI erhalten die Zeitschrift im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

Einzelheft: 28,94 EUR inkl. MwSt., Erscheinungsweise: monatlich

#### Druck

Silber Druck oHG, Lohfelden

#### Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere auch die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM.

ISSN: 0013-2810

#### HERAUSGEBER



#### Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V.

Kaiserstraße 61, D-60329 Frankfurt (Main),  
Tel.: +49 69/236171, Fax: +49 69/231219, info@VDEI.de

Der VDEI ist Mitglied des Zentralverbandes der Ingenieurvereine (ZBI) und der Union Europäischer Eisenbahn-Ingenieur-Verbände (UEEIV)  
[www.vdei.de](http://www.vdei.de)

#### Redaktionsbeirat

Dr. Gunnar Baumann, Leiter Fahrwegmessung, DB Netz AG, Minden | Dr. Jörg Bormet, Leiter Produktionsdurchführung Köln, DB Netz AG, Köln | Andreas Busemann, Werdohl | Johann Dumser, Director of Marketing and Communications, Plasser & Theurer, Wien | Markus Egerer, Sprecher der Geschäftsführung, DB Bahnbau Gruppe GmbH, Berlin | Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein, Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau, TU München | Dipl.-Betriebsw. Michael Gilka, Hauptgeschäftsführer der Bundesvereinigung Mittelständischer Bauunternehmen e.V., Bonn | Dr.-Ing. Christoph Gralla, Business Development Signaltechnik, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach | Hugo Gratza, Leiter Abteilung Eisenbahnen, BMWi, Berlin | Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht, Leiter des Fachgebiets Schienenfahrzeuge, Institut für Land- und Seeverkehr, TU Berlin | Dr.-Ing. Thomas Hempte, Leiter Bereitstellung und Instandhaltung / Werke DB Fernverkehr AG, Frankfurt/M. | Dr.-Ing. Martin Kache, Wissenschaftlicher Referent, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung am Eisenbahn-Bundesamt, Dresden | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Katharina Klemt-Albert, Leitung des Lehrstuhls und Instituts für Baubetrieb und Projektmanagement, RWTH Aachen | Dr. Oliver Kraft, Geschäftsführer, voestalpine BWG GmbH, Butzbach | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krimmling, Geschäftsführer, Inavet GmbH, Dresden | Dr.-Ing. Roland Leucker, Geschäftsführer, STUVA e.V., Köln | Dipl.-Ing. (FH) Frank Arne Limpler, Leiter Großprojekte Regionalbereich Nord, DB Netz AG, Hannover | Dr. Katrin Mädler, Leiterin Werkstoff- und Fügetechnik, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser | Prof. Dr.-Ing. Christoph Menzel, Institut für Verkehrsmanagement, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Salzgitter | Dr. Lars Müller, Leiter Prüfdienstleistungen, DB Systemtechnik GmbH, Minden | Dipl.-Ing. (FH) Frieder Nürnberger, Leiter Angebotssteuerung und Vertrieb, WSO Warnsysteme und Sicherungstechnische Organisation Fahrweg GmbH, Großenbeeren | Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig | Dr. Thomas Rühl, Leiter Bautechnik/Grundlagen, DB Station & Service AG, Berlin | Dipl.-Ing. Martin Schmitz, Geschäftsführer Technik, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V., Köln | Dipl.-Ing. Axel Schuppe, Geschäftsführer, Verband der Bahnindustrie in Deutschland e.V., Berlin | Ingo Schwarzer, Chief Digitalist and Fellow, DB Systel GmbH, Berlin | Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefert, Leiter Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb, TU Braunschweig | Dipl.-Ing. Andreas Sinning, Geschäftsführer, Trimble Railway GmbH, Wiesentheid | Jochen Slabon, Leiter Geschäftsbereich Regionalverkehr, Alstom Transport Deutschland GmbH, Salzgitter | Dr. Thomas Staffelbach, Gesamtprogrammleiter Ausbau Knoten Basel, SBB AG, Bern | Detlev K. Suchanek, GRT Global Rail Academy and Media GmbH, Leverkusen | Dipl.-Ing. (BA) Dominik Veit, Head of Sales & Business Development Domestic, Thales Deutschland GmbH, Ditzingen | Dipl.-Math. Ulrich Völter, Geschäftsführer, intermetric GmbH, Stuttgart | Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann, Fakultät Bauingenieurwesen/Architektur, HTW Dresden | Prof. Dr.-Ing. Jörg Zimmermann, Fakultät Geoinformation, HTW Dresden

Wir möchten hiermit darauf hinweisen, dass wir aufgrund der besseren Lesbarkeit entweder die männliche oder weibliche Form von personenbezogenen Hauptwörtern wählen. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung anderer Geschlechtsidentitäten.



#### E-railpress Fachartikelarchiv

Alle Beiträge mit diesem Symbol sind unter

[www.eurailpress.de/archiv/](http://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 gedruckte Suchmaschine

Sie präsentieren Ihr Unternehmen bereits im Netz? Und viele Ihrer heutigen und künftigen Geschäftskunden kennen Ihre Homepage oder E-Mail-Adresse nicht? Dann nutzen Sie unsere attraktive Präsentationsmöglichkeit für Ihren Marktauftritt.

### Abstellanlagen/Flächen/Service

**BBL**  
LOGISTIK

info@bbl-logistik.de  
www.bbl-logistik.de

Spezialprodukte für den Verkehrsbereich

- Bahnübergangssystem
- EISBAH
- GFK-Konstruktionen
- Hebevorrichtungen
- Kabeltragsysteme
- Kabeltragsysteme

**BS**

Zur Ripsbek 2 · 22952 Lütjensee  
Telefon +49 4154 / 99 88 400  
E-Mail: office@oebis-gmbh.de · www.oebis-gmbh.de

**Eurailpress.de**

www.eurailpress.de  
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

### Eisenbahnverkehrsunternehmen

**BBL**  
LOGISTIK GRUPPE

info@bbl-logistik.de  
www.bbl-logistik.de

### Arbeitsschutz/Sicherheit

**EISENBAHNBAUSTELLEN  
EINRICHTUNGEN UND  
PERSONENSCHUTZ**

**EEP**

Gleisbaustellensicherungsprodukte  
Dienstleistungen + Vermietung + Verkauf

Tel. + 49 (0)201 86 15 3-0 Fax -10  
info@eep-vertrieb.de www.eep-vertrieb.de

**RAILBETON**

www.RAILBETON.de · www.BETOCROSS.de

**Zweiwegearbeitsbühnen**  
Vermietung mit und ohne Bediener

Tel.: 05424 39633-0 **HEBETECHNIK**  
**MEYKRATEC**  
www.meykratec.de

### Entwässerungssysteme

Spezialprodukte für den Verkehrsbereich

- Bahnübergangssystem
- EISBAH
- GFK-Konstruktionen
- Hebevorrichtungen
- Kabeltragsysteme
- Kabeltragsysteme

**BS**

Zur Ripsbek 2 · 22952 Lütjensee  
Telefon +49 4154 / 99 88 400  
E-Mail: office@oebis-gmbh.de · www.oebis-gmbh.de

**stelcon**  
Das Original seit 1919

www.stelcon.de

**NaNa**  
NahverkehrsNachrichten

Internet: www.busundbahn.de  
E-Mail: andrea.koett@dvvmedia.com

### Bahnbaulogistik

**BBL**  
LOGISTIK

info@bbl-logistik.de  
www.bbl-logistik.de

**stelfundo**  
Bahnübergang- und  
Gleistragplattensystem

www.stelfundo.de  
info@stelfundo.de

**NaNa-Brief**

Internet: www.busundbahn.de  
E-Mail: andrea.koett@dvvmedia.com

### Fahrleitungsbau/-planung

**Furrer + Frey**  
baut Fahrleitungen

furrerfrey.ch

### Bahnübergänge

Spezialprodukte für den Verkehrsbereich

- Bahnübergangssystem
- EISBAH
- GFK-Konstruktionen
- Hebevorrichtungen
- Kabeltragsysteme
- Kabeltragsysteme

**BS**

Zur Ripsbek 2 · 22952 Lütjensee  
Telefon +49 4154 / 99 88 400  
E-Mail: office@oebis-gmbh.de · www.oebis-gmbh.de

**WECO**  
Bahnübergangs- und  
Auffangwannebau GmbH

www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

**DER NAHVERKEHR**  
Öffentlicher Personenverkehr in Stadt und Region

Internet: www.busundbahn.de  
E-Mail: andrea.koett@dvvmedia.com

### Feste Fahrbahn

**edilon)(sedra**  
www.edilonsedra.com

**WECO**  
Bahnübergangs- und  
Auffangwannebau GmbH

www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

**Dienstleistungen**

**DER EI**  
DER EISENBAHN  
INGENIEUR

Internet: www.eurailpress.de/ei  
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

**Rail**  
BUSINESS

Internet: www.railbusiness.de  
E-Mail: ilkay.witthuhn@dvvmedia.com

**MIP-RAIL**  
**JÖRGER**

info@joerger-bau.de  
www.joerger-bau.de

### Bahnübergangssysteme

**G-F**  
**BODAN**  
GLEISENDECKUNGSSYSTEME  
LEVEL - CROSSING - SYSTEMS

E-Mail: gf.bodan@gmundner-ft.at  
www.gmundner-ft.at · www.bodan.at

**EIK**  
EISENBAHN INGENIEUR  
KOMPENDIUM

Internet: www.eurailpress.de  
E-Mail: tim.feindt@dvvmedia.com

**SIGNAL + DRAHT**

Internet: www.eurailpress.de/sd  
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

### Fort- und Weiterbildung/ Fernstudium:

**BACHELOR** im Fernstudium

**WILHELM BÜCHNER HOCHSCHULE**  
Mobile University of Technology

- ✓ Schienenfahrzeugstandhaltung (B.Eng.)
- ✓ Leit- und Sicherungstechnik (B.Eng.)
- ✓ Leit- und Sicherungstechnik (Zertifikat)

www.wb-fernstudium.de

**BORFLEX**  
REX

www.borflex-rex.ch  
sales@borflex-rex.ch

SWISSCROSS  
BAHNÜBERGÄNGE

E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

**Eurail Jobs**

**WECO**  
Bahnübergangs- und  
Auffangwannebau GmbH

www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

Hier könnte Ihr  
Firmeneintrag stehen!

Hier könnte Ihr  
Firmeneintrag stehen!

**GFK-Konstruktionen**

ARTHUR KRÜGER   
Technik in Kunststoff

GLEISÜBERGÄNGE | EINSTIEGSHILFEN | BOSCHUNGSTREPPEN | PODESTE  
Mit HPQ nach DBS 918 010  
www.arthur-krueger.de · info@arthur-krueger.de

Spezialprodukte für den Verkehrswegebau  
 • Bahndübel-Systeme  
 • GFK-Konstruktionen  
 • Betonfertigteile  
 • Stahlbetonfertigteile  
  
 Zur Ripsbek 2 · 22952 Lütjensee  
 Telefon +49 4154 / 99 88 400  
 E-Mail: office@oeps-gmbh.de · www.oeps-gmbh.de

  
Bahndübel- und Aufhängewannenbau GmbH  
www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

**Gleisbau**

 **Altun Gleis- und Tiefbau GmbH**  
www.agtgmbh.de · info@agtgmbh.de

 **EIFFAGE**  
INFRA-RAIL  
www.eiffage-infra.de/rail  
info.er@eiffage.de

**Gleistragplatten**

Spezialprodukte für den Verkehrswegebau  
 • Bahndübel-Systeme  
 • GFK-Konstruktionen  
 • Betonfertigteile  
 • Stahlbetonfertigteile  
  
 Zur Ripsbek 2 · 22952 Lütjensee  
 Telefon +49 4154 / 99 88 400  
 E-Mail: office@oeps-gmbh.de · www.oeps-gmbh.de

**Infrastruktur Bahnbau/  
Fahrwegtechnik**

**AUSTROROLL®**  
Die Zungenrollvorrichtung-  
innovativ und wartungsfrei  
www.austroroll.at

UNTERNEHMENSGRUPPE **BBL**  
 **Bahnau Lüneburg**  
Zuverlässigkeit  
Kompetenz  
Qualität  
www.bbl-gmbh.de

 **Ernst Becker**  
Bahn- und Tiefbau GmbH  
www.becker-bahnbau.de  
E-Mail: info@becker-bahnbau.de

  
www.borflex-rex.ch GLEISLAGERUNGEN  
sales@borflex-rex.ch SCHWELLENSCHUHE

**BUG**  
VERKEHRSBAU SE  
 EN UNTERNEHMEN DER BUG-GRUPPE  
www.bug-se.de

**DUENSING**  
www.duensing.de

**SATEBA** =  
DW SCHWELLEN  
www.dw-schwellen.de  
info@dw-schwellen.de

 **EIFFAGE**  
INFRA-NORDWEST  
www.eiffage-infra.de/nordwest  
info.einw@eiffage.de

 **eurailpool**  
Ihr kompetenter Partner  
PM 1000-URM · PM 200-2 R · PM 200-1 BR/C  
MFS40 · MFS100 · MFS120 · Verladeanlagen  
www.eurailpool.com · info@eurailpool.com

Seit 1920 in Duisburg  
 **GASTHAUS**  
GLEIS- UND TIEFBAU  
Internet: www.gasthaus-gleisbau.de  
E-Mail: info@gasthaus-gleisbau.de

 **GLEISBAUMECHANIK**  
www.gleisbaumechanik.de  
E-Mail: info@gleisbaumechanik.de

 **JOSEPH HUBERT**  
Gleisbau Schweißtechnik  
www.jhubert.de  
info@jhubert.de

 **H. KLOSTERMANN**  
Baugesellschaft mbH  
info@klostermann-hamm.de  
www.klostermann-hamm.de

MGW GLEIS- UND WEICHENBAU-  
GESELLSCHAFT mbH & Co. KG   
...macht Gleisbau wirtschaftlich  
info@mgw-berlin.de · www.mgw-berlin.de

 **Monti**  
GmbH  
www.monti-bau.de  
info@monti-bau.de  
seit 1923

**POWERLINES**  
GROUP  
Systemanbieter in der Bahnelektrifizierung  
www.powerlines-group.com  
office@powerlines-group.com

 **SALCEF GROUP**  
www.salcef.com · info@salcefbau.com

**SCHWEERBAU**  
www.schweerbau.de  
stadthagen@schweerbau.de

**SPITZKE**   
EUROPEAN CLASS  
www.spitzke.com

 **BAUT  
AUF  
IDEEN**  
www.swietelsky.com

 **WIEBE**  
www.wiebe.de · info@wiebe.de

• Kunststoffkomponenten für Schienenbefestigungssysteme  
• Kabelkanäle aus Kunststoff  
**WIRTHWEIN**  
www.wirthwein.de

**Ingenieurbüros  
und Consultants**

 **AFRY**  
AF PÖYRY

www.ai-consult-gmbh.de  
 **ai CONSULT**  
ARCHITECTS · ENGINEERS  
PLANUNG · BAUÜBERWACHUNG  
ai Consult GmbH, Buschhöhe 6, 28357 Bremen  
Telefon (0421) 2764780, e-Mail: bremen@ai-consult-gmbh.de

**BBD GmbH**  
Bahnbau-Dienstleistungen  
Planung – Beratung  
Bauüberwachung – Gleisbau  
www.bbd-nrw.de

 **BBG**  
BAUERATUNG  
Geotechnik  
Abfallmanagement  
Kampfmittelerkundung  
BBG Bauberatungsgesellschaft mbH  
www.bbg-mbh.de

 **Dorsch Gruppe  
GRE**  
www.gre-rail.com · info@gre-rail.com

 **EDB** Eisenbahndienstleistungen  
und Bahntechnik GmbH  
Internet: www.edb-bahntechnik.de  
E-Mail: info@edb-bahntechnik.de

 **Emch+Bergen**  
„Mit Blick fürs Ganze“  
www.emchundberger.de

 **EUCON**  
Beratende Ingenieure GmbH  
Technik und Service GmbH  
Internet: www.eucon-berlin.de  
E-Mail: info@eucon-berlin.de

**FCP** www.fcp.at  
IDEEN WERDEN WIRKLICHKEIT

 **Nachtragsmanagement**  
Prof. Dr.-Ing. Martin Heinsch  
MHI Ingenieurgesellschaft mbH  
www.mhi-ingenieure.de  
info@heinsch.com

**H | T | G**   
BERATENDE & PLANENDE  
INGENIEURE  
JAHRE  
www.htg-net.de

 **IBL** Ingenieur-Bau  
im Landschaftsbau  
IBL Ingenieurgesellschaft Behnen mbH  
Bauüberwachung / Planung  
Internet: www.ibl-mbh.com  
E-Mail: info@ibl-mbh.de

 **PJM**  
PJ Messtechnik GmbH PJ Monitoring GmbH  
office@pjm.co.at www.pjm.co.at

**PSG**  
INGENIEURBÜRO  
planen steuern überwachen  
zentrale@psg-planung.de | http://www.psg-planung.de

**RAMBOLL**  
https://de.ramboll.com  
info@ramboll.de

**RTC**  
Road and Rail  
Transport  
Consulting - Engineering  
RTC-Rath GmbH  
info@rtc-rath.com | www.rtc-rath.com

**BPR**  
Dr. Schäpertöns Consult  
Internet: www.bpr-consult.com  
E-Mail: zentrale@bpr-berlin.de

**Schübler-Plan**  
www.schuessler-plan.de

Ihr kompetenter Partner  
für die Planung von  
Verkehrsanlagen  
S+P Consult GmbH  
www.spconsult.info  
office@spconsult.info

**SWECO**  
www.sweco-gmbh.de

**TEC**  
Target-Engineering-Consults GmbH  
Planungsbüro für Leit- und Sicherungstechnik  
Projektsteuerung - Verkehrsanlagenplanung  
www.t-e-c-gmbh.de

**VÖSSING**  
INGENIEURE  
BERATUNG | PROJEKTMANAGEMENT | PLANUNG | BAUÜBERWACHUNG  
www.voessing.de

**ZETCON**  
INGENIEURE  
Beratung, Planung, Prüfung, Management.  
Seit 1973. zetcon.de

Hier könnte Ihr  
Firmeneintrag stehen!

## Kabelmanagement

**PFLITSCH**  
Kabeleinführung, Kabel-  
durchführung, Kabelschutz.  
www.pflitsch.de

## Kunststoffschwellen

**SEKISUI**  
FFU seit 1980  
www.sekisui-rail.com

## Lärmschutz

**LSW**  
PRODUKTION & MONTAGE  
www.lswand.com

## Leit- und Sicherungstechnik

www.pintsch.net  
**PINTSCH**  
Safety for Rail

## Lokabstellplätze

**WECO**  
Bahnüberwege- und  
Auffangwannenbau  
GmbH  
www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

## Mobile Leckagewannen

**WECO**  
Bahnüberwege- und  
Auffangwannenbau  
GmbH  
www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

## Prellböcke

**KLOSE** GmbH  
Train Stop Systems  
E-Mail: info@klosegmbh.de  
Web: www.klosegmbh.de

**RAWIE**  
e-mail: prellbockbau@rawie.de  
Internet: www.rawie.de

## Schienenfräsen

**LINSINGER**  
#trusttheinventor  
www.linsinger.com

## Schienenschleiftechnik

**L&S**  
Internet: www.l-und-s.de  
E-mail: info@l-und-s.de  
Dienstleistung,  
Beratung und Verkauf  
...RODENT UND SCHERF GMBH

## Schienenschweißtechnik

**GASTHAUS**  
SCHIENENSCHWEISSTECHNIK  
Internet: www.gasthaus-gleisbau.de  
E-Mail: info@gasthaus-gleisbau.de

## Schweißen

**Fronius**  
www.fronius.de  
sales.germany@fronius.com

## Signal- und Leittechnik

**FRIEDRICH HIPPE**  
www.friedrich-hippe.de  
info@friedrich-hippe.de

## Stellenmarkt

E-Mail: silvia.sander@dvmedia.com  
**Eurail Jobs**

Hier könnte Ihr  
Firmeneintrag stehen!

## Beheizbare Übergänge

**WECO**  
Bahnüberwege- und  
Auffangwannenbau  
GmbH  
www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

## Verbände und Organisationen

**VDEI**  
Internet: www.vdei.de  
E-Mail: gs@vdei.de

## Vermessung

**intermetric**  
Das richtige Maß  
info@intermetric.de | www.intermetric.de

**VR RIEMENSCHNEIDER**  
Die Welt-Vermesser  
VERMESSUNG/GNSS\_BIM\_GIS/LASERSCHANNING  
3D\_MODELIERUNG/TRASSIERUNG  
WWW.RIEMENSCHNEIDER.NET

## Weichenheizungs- systeme

**ESA GRIMMA**  
ESA ELEKTROSCHALTANLAGEN GRIMMA GmbH  
E-Mail: info@esa-grimma.de  
Internet: www.esa-grimma.de

## Werkstätten Schienenfahrzeuge

**BBL**  
TECHNIK  
info@bbl-technik.de  
www.bbl-technik.de

**LSW**  
mobile Triebfahrzeug-Instandhaltung  
incl. PZB, LZB, ETCS, Funk, EbuLa  
kontakt@lokservicewolf.de  
www.lokservicewolf.de

## Winterdienst

**Z**  
ZAUGG AG EGGIWIL  
Holzmatt 651b  
CH-3537 Eggwil  
+41 (0) 34 491 81 11  
info@zaugg.swiss

## 500 W DC/DC-Wandler

**Recom** | Mit der RMD500-Serie bietet Recom 500 W DC/DC-Wandler, die für die spezifischen Anforderungen des Transportwesens und insbesondere von Schienenfahrzeugen entwickelt wurden. Der 4:1-Eingangsspannungsbereich ist in der Lage, Eingangsspannungen von 50,4 VDC bis 137,5 VDC (nominal 72 V bzw. 110 V) in einem Bereich mit isoliertem und reguliertem 24 V-Ausgang abzudecken. Möglich wird das durch ein verstärktes Isolationssystem. Der Wandler hat einen konstanten und hohen Wirkungsgrad von 95 % und ist parallelschaltbar in n+1 Redundanz. Die Grundplattenmontage ermöglicht einen weiten Betriebstemperaturbereich  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+70/85^{\circ}\text{C}$  für die Klasse OT4+ST1&ST2. Damit steht die volle Leistung im gesamten Temperaturbereich zur Verfügung, ohne ein Derating oder zusätzliche Lüfter zu benötigen. Der Wandler ist EN 62368-1-gekennzeichnet und vollständig getestet nach den neuesten EN 50155-Bahnnormen. *cm*



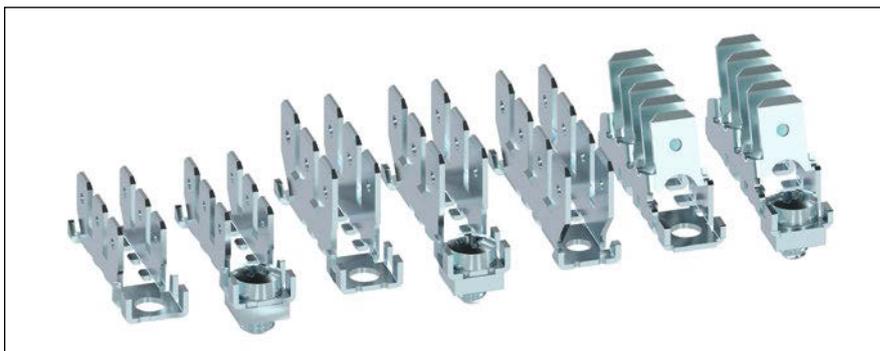
DC/DC-Wandler der Serie RMD500

Quelle: Recom

[www.rutronik24.com](http://www.rutronik24.com)

## Robuste Flachsteck-Verteilerleisten

**Weco** | Die Weco Contact GmbH hat neue widerstandsfähige Flachstecklösungen der Serie 308 entwickelt. Die Produkte werden oft in Schienenverkehrsprojekten eingesetzt. Sie sind in 1- bis 16-poligen Ausführungen erhältlich und benötigen für die unterschiedliche Anschlusskonfigurationen nur einen minimalen Anschlussraum. Die Flachsteckerausführungen gibt es mit und ohne Schraubanschluss. Die Flachstecklösungen sind speziell auf Umgebungen ausgelegt, in denen mit hohen Strömen und Spannungen gearbeitet wird und Potenziale an mehrere Stellen verteilt werden sollen. Eine individuelle Pol-Bestückung sowie eine feste Polbezeichnung an der Gehäusesseite sind auf Kundenwunsch möglich. Die Serie umfasst insgesamt sieben neue Flachsteck-Verteilerleisten in der Basisversion. Ergänzt werden sie durch weitere Varianten aus einem glasfaserverstärkten Gehäusematerial, das neben einer höheren Temperaturstabilität auch die Glühdrahtprüfung nach der Hausgerätenorm erfüllt. *cm*



Flachsteck-Verteilerleisten der Serie 308

Quelle: Weco

[www.wecoconnectors.com](http://www.wecoconnectors.com)

## Hebelverschluss mit Auto-Relock-Funktion

**Southco** | Das neueste Produkt der Reihe der C2 Hebelverschlüsse von Southco ist eine neue Druckverriegelung, die eine Auto-Relock-Funktion für automatische Verriegelung umfasst. Mit seinen kundenspezifisch anpassbaren Funktionen und flexiblen Schließoptionen bietet der C2 Hebelverschluss eine neue Auto-Relock-Funktion für automatische Verriegelung, um die Konformität mit Branchenvorschriften zu erfüllen, die einen schlüsselbetätigten Zugang zu Geräteplatten erfordern, wie z. B. die ISO-TS 28923-Norm. Mit einem einstellbaren Haltebereich, der Fertigungstoleranzen ausgleicht und das Anbringen von Dichtungen überflüssig macht, sowie verschiedenen Schließoptionen kann die C2-Serie für eine Vielzahl von Einsatzbereichen angepasst werden. Ein integrierter Stoßdämpfer unterstützt die Minderung von Vibration und Lärm und verhindert Kratzer am Plattenrahmen. *cm*



C2 Hebelverschluss

Quelle: Southco

[www.southco.com](http://www.southco.com)

## Neue Leistungsregler für CO<sub>2</sub>-Verdichter

**Bock** | Mit flexxCO2NTROL hat Bock einen neuen, effizienten Verdichterleistungsregler, mit dem die Leistung von transkritischen Bock CO<sub>2</sub>-Verdichtern nahezu stufenlos an die aktuelle Leistungsanforderung der Anlage angepasst werden kann, entwickelt. Dabei deckt die Regelung, je nach Betriebsbedingungen, eine einzigartige Bandbreite zwischen 100 % und 25 % Leistung ab. Das gewährleistet insbesondere in Anwendungsbereichen mit stark schwankenden Leistungsbedarfen große wirtschaftliche und technische Vorteile: Der Start-und-Stopp-Betrieb der Verdichter wird minimiert, das reduziert das Verschleißrisiko und erhöht so die Lebensdauer der Kompressoren inklusive der Antriebsmotoren. Das neuentwickelte System beinhaltet eine digitale Leistungsregelung, die mittels modulierender Ansteuerung der Magnet-Ventile mit hoher Schalzhäufigkeit über einen externen Systemregler eine fast stufenlose Anpassung bei hohen Teillastanforderungen ermöglicht. *cm*

[www.bock.de](http://www.bock.de)



CO<sub>2</sub>-Verdichter flexxCO2NTROL

Quelle: Bock

## VR-Helm unterstützt beim Schienenschleifen

**Linsinger** | Zur InnoTrans zeigt der österreichische Maschinenbauer Linsinger mit LINvision erstmals einen Helm, der die Technologie der Virtualen Realität (VR) integriert. Das Tool wurde entwickelt, um kostspielige Schichtausfälle zu vermeiden und Kunden sofortige Hilfestellung bieten zu können. Der Maschinenführer erhält in Echtzeit Unterstützung durch VR und Audioanweisungen des Serviceteams von Linsinger in Österreich.

Als weitere Innovation wird der wasserstoffbetriebene Schienenfräs- und -schleifzug MG11 Hydrogen in Berlin zu sehen sein. Die Wasserstoff-Speicherbehälter sind im Inneren der Maschine verbaut und somit sicherheitstechnisch optimal positioniert. Die Verbundmaterialbehälter bestehen aus einem Kunststoffkern, der mit Kohlenstofffasern umwickelt ist. Diese Konstruktion erlaubt die Speicherung von Wasserstoff unter hohen Betriebsdrücken und jahrelange Nutzungszeiträume. Eine Brennstoffzelle im Fahrzeug erzeugt den Strom sowohl für die Fräs- und Schleifeinheiten als auch für den Fahrtrieb. Linsinger will mit diesem Fahrzeug die Dekarbonisierung des Schienenverkehrs auch bei Baumaschinen in die Realität umsetzen. *mb*

[www.linsinger.com](http://www.linsinger.com)

InnoTrans: Stand O/320 im Freigelände sowie Gleis T02/36

## 20. Fachtagung Telekommunikationstechnik

10. bis 11. Oktober 2022

**Ort:** Maritim Hotel am Schlossgarten Fulda  
Pauluspromenade 2, 36037 Fulda

Die jährlich in Fulda stattfindende Fachtagung Telekommunikationstechnik wird in Zusammenarbeit mit DB Netz AG und DB Telekommunikationstechnik konzipiert.

Die Anlagen der Telekommunikationstechnik sind sicherheitsrelevant für die Abwicklung des Eisenbahnbetriebs. Entscheidend sind hier eine sehr hohe Verfügbarkeit und niedrige Aufwendungen für die Instandhaltung. Der richtige Einsatz neuester Techniken und Technologien trägt entscheidend zur Sicherung des Eisenbahnbetriebes und zur Steigerung der Effektivität und Qualität der Instandhaltung bei. Diese Techniken zur Sicherstellung der Funktionen unter allen Betriebszuständen werden Ihnen vorgestellt und diskutiert.

### Auszüge aus unserem geplanten Programm: \*

#### 10. Oktober 2022

- Begrüßung & Eröffnung
- bbIP – Bahnbetriebliches IP-Netz - Stand der Planung und Umsetzung
- Zukunft des Bahnfunks: Migration von GSM-R zu FRMCS (5G)
- IT-Sicherheit für operative Bahnanwendungen
- Neues aus dem EBA
- Zusammenfassung und Diskussion erster Tag
- Interdisziplinärer Branchendialog mit Abendbuffet

#### 11. Oktober 2022

- Die Servicetransformation des IT Netzbetriebs der DB Station&Service AG
- Zuginformationsmonitore / Digitale Schriftdisplayer und Schutzklassen von Endgeräten
- Schienenverkehrstelematik und Mobilfunkstandards: Ein forschungsorientierter Überblick der Möglichkeiten und Grenzen von GSM-R/2G über FRMCS/5G bis zur zukünftigen 6. Mobilfunkgeneration
- Betriebskritische Sprachkommunikation im Public Transport Sector unter einer modernen Bedienoberfläche
- Zusammenfassung & Diskussion 2. Tag

\* Änderungen vorbehalten

Mitarbeiter der Deutschen Bahn AG können sich direkt bei DB Training unter der Produktnummer Hk5072 anmelden.

Weitere Informationen zu allen Veranstaltungen und die Anmeldeunterlagen finden Sie unter:

> [www.vdei-akademie.de](http://www.vdei-akademie.de)

### Workshop Bodenmechanische Grundlagen (Präsenz)

vom 26. bis 27. September 2022

**Ort:** OTH – Ostbayrische Technische Hochschule Regensburg, Fakultät Bauingenieurwesen – Lehrgebiete Geotechnik, Bahnbau, Spezialtiefbau, Galgenbergstraße 30, 93053 Regensburg

**Inhalt:** Dieser kompakte Workshop wird in enger Zusammenarbeit mit dem VDEI-Fachausschuss Geotechnik sowie in Kooperation mit der Ostbayrischen Technische Hochschule Regensburg, Fachfirmen und Ingenieurbüros durchgeführt. Er garantiert damit Praxisnähe und ein höchstes Maß an Aktualität. Auf die einleitenden Fachvorträge folgen Praxisübungen, in denen das bereits Gehörte sofort intensiv angewandt und damit direkt verinnerlicht wird. Zielgruppe des Workshops sind Bauherren, Bauüberwacher (Bahn), Bauausführende, Planer und Projektsteuerer.

---

### 18. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau (Präsenz)

am 29. September 2022

**Ort:** STATION Berlin (U-Bahnhof Gleisdreieck), Luckenwalder Straße 4-6, 10963 Berlin

**Inhalt:** Die jährlich stattfindende Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau wird in Kooperation mit dem vpi-EBA veranstaltet. Sie ist der Treffpunkt von Expertinnen und Experten aus Planung, Forschung, Praxis und Behörden und widmet sich mit Fachvorträgen hochkarätiger Referenten dem Thema Konstruktiver Ingenieurbau mit Schwerpunkt Eisenbahnbrücken. Das Programm der diesjährigen 18. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau wird wieder eine Reihe anspruchsvoller, wissenschaftlicher und baupraktischer Themen enthalten. Die Veranstaltung wird von einer Fachausstellung begleitet. Der Veranstalter hat in Zusammenarbeit mit dem Hallenbetreiber und der Cateringfirma ein spezielles Veranstaltungs- und Hygienekonzept entwickelt, das die Anforderungen des SARS-CoV-2-Arbeitsschutzstandards für Führungskräfte und Mitarbeiter der DB Netz AG zur Teilnahme an Veranstaltungen Dritter berücksichtigt.

---

### Bahnübergänge – Grundlagen, Sicherung, Baumaßnahmen (Präsenz)

vom 05. bis 06. Oktober 2022

**Ort:** ITZ Fulda, Am Alten Schlachthof 4, 36037 Fulda

**Inhalt:** Bahnübergänge (BÜ) sind besondere Gefahrenstellen im Verkehr auf Schiene und Straße. Zwar dürfen Bahnübergänge, von Ausnahmen abgesehen, nicht mehr neu gebaut werden. Und bei Strecken mit Geschwindigkeiten über 160 km/h sind sie sowieso nicht zulässig. Dennoch gibt es allein in Deutschland noch über 16.000 Bahnübergänge, die sicher funktionieren und dafür regelmäßig instandgehalten oder umgebaut und modernisiert werden müssen. Welche Planungsgrundlagen sind dabei zu beachten? Welche Sicherungsarten und Sicherungsbauformen kommen zum Einsatz? Wer übernimmt welche Kosten? In diesem Seminar erhalten die Teilnehmer/innen von ausgewiesenen Fachleuten einen fundierten Überblick zur Thematik. An konkreten Beispielen wird erläutert, welche Anforderungen auf die beteiligten Planer/innen und Projektverantwortlichen zukommen. Eine simulierte Verkehrsschau am BÜ verdeutlicht die Zusammenhänge. Denn zur Gewährleistung der Sicherheit am neuralgischen Punkt Bahnübergang ist es unerlässlich, die technischen, betrieblichen und rechtlichen Zusammenhänge zu kennen und zu beherrschen. Vorkenntnisse in der Eisenbahninfrastruktur oder im Bahnbetrieb sind von Vorteil.

---

## **ONLINE – Seminar Rechtliche Grundlagen des Eisenbahnwesens am 06. Oktober 2022**

**Ort:** Internet (MS TEAMS)

**Inhalt:** Das heutige Eisenbahnrecht ist komplex und unübersichtlich. Seit der Bahnreform im Jahre 1994 hat sich das Eisenbahnrecht schnell entwickelt, ausgeweitet und wurde immer wieder aktualisiert. Die Staatsbahnen wurden in Wirtschaftsunternehmen umgewandelt, der Wettbewerb durch privatrechtlich organisierte Eisenbahnunternehmen begann. Im Seminar erhalten Sie einen umfassenden und grundlegenden Überblick über die aktuellen Gesetze und Verordnungen des Eisenbahnrechts und können Sie mit unserem Experten die Rechtsgrundlagen und Ihre Fragen diskutieren.

---

## **Tagung Flächenmanagement – Immobilien für Eisenbahn-Infrastrukturprojekte (Präsenz) vom 18. bis 19. Oktober 2022**

**Ort:** ESPERANTO Kongress- und Kulturzentrum Fulda, Esperantoplatz, 36037 Fulda

**Inhalt:** Beim Planen und Realisieren von Infrastruktur (Neu-, Um- und Ausbau von Bahn- und Straßenanlagen) ist umfangreiches Wissen bei der Handhabung des grundgesetzlich geschützten Eigentums erforderlich. Für kunden-, leistungs- und kostenorientiertes Planen und Projektmanagement müssen sich vor allem Flächenmanager/innen sowie Projektleiter/innen und Projektengineure/innen intensiv mit den Fragen der Inanspruchnahme von Bahn- und Fremdflächen, Entwicklung und Bewertung von Grundstücken und der Umweltverträglichkeitsprüfung auseinandersetzen. Die Fragen der Planfeststellung, der Enteignung- und Enteignungsentschädigung sind hier diffizil zu betrachten und Lösungen zu finden. Auch wenn die Tagung sich in erster Linie den Fragen der Eisenbahninfrastruktur widmet, sind die Fachleute der Straßenbauämter ebenso angesprochen, da die rechtliche Behandlung für beide Infrastrukturbereiche sehr ähnlich ist.

---

## **ONLINE – Grundlagen Schienenfahrzeuge am 21. Oktober 2022**

**Ort:** Internet (MS TEAMS)

**Inhalt:** In Zeiten von Klimawandel und Verkehrswende rückt der Schienenverkehr immer mehr in den Mittelpunkt. Gerade in den Ballungsräumen ist die Mobilität von Personen und Gütern ohne schienengebundene Verkehrsmittel nicht mehr möglich. Die Veranstaltung richtet sich an Berufsanfänger und Quereinsteiger im Bahnsystem, die sich mit den Schienenfahrzeugen beschäftigen. In kompakter Form werden grundlegende Inhalte vermittelt. Es beginnt bei der Entwicklung des Schienenverkehrs und die Einteilung der Schienenfahrzeuge nach Ihrer Nutzungsart, der Fahreigenschaften und Zusammenwirken mit der Schiene als Verkehrsweg. Die gesetzlichen Grundlagen werden kurz dargestellt. Ein zweiter Block widmet sich der Herstellung der Schienenfahrzeuge. Im Block 3 gibt es Informationen zum Betrieb der Schienenfahrzeuge und der Block 4 widmet sich der Instandhaltung der Fahrzeuge. Die Referenten sind erfahren Spezialisten aus der Praxis, die Ihr Fachwissen einfach und verständlich darbieten. Die Vorträge werden durch entsprechenden Gesprächs- und Fragerunden aufgelockert, sowie auch durch Pausen zur kurzweiligen Entspannung angenehm gestaltet.

---

**Weitere Informationen zu allen Veranstaltungen  
und die Anmeldeunterlagen finden Sie unter:**

**> [www.vdei-akademie.de](http://www.vdei-akademie.de)**



# VDEI Nachrichten

VERBAND DEUTSCHER EISENBAHN-INGENIEURE E. V.

AUF EIN WORT

## Kommt die Trennung von Betrieb und Infrastruktur?



**Dr.-Ing. Joachim Warlitz**  
VDEI-Vizepräsident und Leiter Safety Main Line  
Systems Thales Transportation Systems

Die Pressemitteilungen zum Versagen des Bahnmanagements überschlagen sich aktuell geradezu. Am 1. August 2022 titelt die Süddeutsche noch in der Rubrik Mobilität „Die Bahn braucht einen neuen Chef“. Dann, nur zwei Tage später schon, gibt die DB Presseabteilung bekannt: „Wechsel an der Spitze der DB Netz AG: Philipp Nagl wird neuer Vorstandsvorsitzender“. Frank Sennhenn verlässt den Netzvorstand nach über neun Jahren und verabschiedet sich in den Ruhestand. Was ist los bei unserer Bahn?

Dass das Bundesministerium für Digitales und Verkehr und hier insbesondere der Bundesminister Volker Wissing sowie gleichzeitig der Bahnhauptchef Richard Lutz quasi unter journalistischem

Dauerbeschuss stehen, daran hat man sich beim Lesen der Tageszeitungen und der einschlägigen Presse (Manager Magazin, Focus, Spiegel etc.) mittlerweile schon gewöhnt. Dabei sollte man fairerweise auch immer vor Augen haben, dass das Erbe, welches die neue Bundesregierung angetreten ist, nicht von einer auch noch so guten und in die richtige Richtung entscheidenden Bundesregierung in einer Legislaturperiode gelöst werden kann. Diese Herkulesaufgabe erfordert mutige Schritte und große finanzielle Anstrengungen und würde auch ohne die Coronakrise und den Krieg in der Ukraine sicher acht bis zehn Jahre in Anspruch nehmen.

Wir als Bahningenieure stellen uns hingegen die Frage, was sind die eigentlichen Treiber dieser gefühlten Abwärtsspirale, und warum ist aktuell keine deutliche Besserung in Sicht? Sicher ist das „Schuldschieberegister“ bei der Bahn meist in Richtung der Infrastruktur eingestellt. Dabei werden die wirklichen Ursachen für die verbesserungswürdige Qualität der Personen- und Güterbeförderung oft nur unzureichend beleuchtet.

Für das Schienennetz ist laut Verfassung der Bund zuständig. Betrachten wir die Situation des Netzes aus der Sicht des Eisenbahningenieurs, so müssen wir Folgendes feststellen:

Der amtlich dokumentierte Sanierungsbedarf der Bahn erfordert einen mittleren zweistelligen Milliardenbedarf. Darin sind der für das Ziel einer Fahrgastverdopplung bis 2030 notwendige Streckenerweiterung bestehender Magistralen noch gar nicht enthalten. Ganz zu schweigen von der ökologisch dringend notwendigen Verlagerung von mehr Güterverkehr auf die Schiene. Hierzu

ist u.a. ein deutlich höheres Tempo bei der Elektrifizierung von Strecken ein absolutes Muss. Die darüber hinaus erforderlichen Milliardenbeträge zur Erzielung eines Taktfahrplanes sind dabei bislang noch gar nicht berücksichtigt.

Die Diskussion über die Trennung von Betrieb und Infrastruktur scheint sich als das „ewig grüßende Murmeltier“ bei der Bahn herauszukristallisieren.

Hinzu kommen allerdings auch große Probleme innerhalb der Deutschen Bahn AG selbst und den jeweiligen Tochtergesellschaften. Hier spielt u.a. eine wesentliche Rolle die starke Zunahme an Hierarchieebenen, die viele Führungskräfte zu „Briefträgern“ degradiert, denen teilweise auch fachlich die erforderliche Expertise noch fehlt. Hier würde es der DB sicher guttun, wenn sie sich an modernen Unternehmensstrukturen mit flacheren Hierarchien orientieren würde. Weiterhin wird die DB akzeptieren müssen, dass ihr Tariflohnsystem nicht mehr in jedem Punkt auf der Höhe der Zeit ist und dem wachsenden Kampf um gut ausgebildete und hochmotiviertere Mitarbeiter mittelfristig so nicht standhält.

Letztendlich muss sich unser reiches Land, das es trotz aller Krisen immer noch ist, fragen, ob eine Bahninfrastruktur zur Gewinnerzielung des Unternehmens Bahn beizutragen hat, oder ob der Staat als Eigentümer der Infrastruktur diese nicht als Teil seiner öffentlichen Daseinsvorsorge zu betrachten hat? Wir alle hoffen, dass dieser so entscheidenden Frage endlich eine Lösung zugeführt wird.

Ich wünsche Euch/Ihnen weiterhin viel Freude und Spaß bei der Arbeit und in unserem Verband. ■

## VDEI-Expertenforum: Schwerpunktthema Stadtbahn-Neubau

Donnerstag, 13. Oktober 2022, 18.00-20.00 Uhr / Online-Veranstaltung

Im Jahr 2018 hat die Stadt Regensburg den Beschluss gefasst, die Einführung einer Stadtbahn zu planen. Hierzu wurden eine Organisationsstruktur sowie Kapazitäten geschaffen. Derzeit laufen für das ca. 15 km

lange Kernnetz mit zwei Linien die Vorentwurfplanungen. Dabei geht es neben der Planung der Stadtbahninfrastruktur auch um umweltfachliche, verkehrstechnische, stadtgestalterische Aspekte sowie die Aus-

gestaltung der Verknüpfungspunkte. Die Planung der gesamten Netzinfrastruktur nebst öffentlichem Raum wird durch einen Kommunikations- und Beteiligungsprozess begleitet, den die Stadt initiiert hat. Das

Stadtwerk.Mobilität übernimmt – als städtische Tochter – Aufgaben im Zusammenhang mit dem Betriebshof, dem Stadtbahnfahrzeug sowie die Konzeption des zukünftigen Betriebs.

**Agenda**

- 18.00 Uhr: Begrüßung seitens der gastgebenden Hochschule; Prof. Dr. Ralph Schneider, Präsident der OTH Regensburg
- 18.05 Uhr: Begrüßung seitens der Stadt Regensburg
- 18.10 Uhr: Vorstellung des VDEI durch Präsidiumsmitglied Klaus Dürrnhöfer
- 18.20 Uhr: Vortrag Herr Groneck: „Erfolgsfaktoren der rezenten Stadtbahnneubauprojekte in Frankreich“
- 18.50 Uhr: Vortrag Herr Gewecke: „Rück- und Vorschau Projektkommunikation Regionalstadtbahn Neckar-Alb“
- 19.20 Uhr: Vortrag Herr Feig: „Das Projekt Stadtbahn Regensburg“
- 19.35 Uhr: Vortrag Herr Steinwede: „Fahrzeugkonzepte für die Stadtbahn Regensburg“
- 19.50 Uhr: Vortrag Frau Schönherr: „Netzkonzeption Busverkehre im Rahmen des Projekts Stadtbahn Regensburg“
- 20.05 Uhr: Abschlussworte durch den Vorsitzenden des VDEI-Bezirks Nordbayern, Thomas Silbermann

## Wechsel im VDEI-Beirat

Staatssekretär Michael Theurer ist neues Mitglied



Vienenkötter tritt nach zehn Jahren aus VDEI-Beirat aus. *Quelle: VDEI*



PStS Theurer neu im VDEI-Beirat *Quelle: www.michaeltheurer.eu*

Beim Antrittsbesuch im Bundesministerium für Digitales und Verkehr im Mai dieses Jahres konnten Dr. Mainka, Präsident des VDEI, und Dr. Warlitz, Vize-Präsident, mit dem neu ernannten parlamentarischen Staatssekretär Michael Theurer ein konstruktives Gespräch über die aktuelle Situation im Bahnsektor führen. Michael Theurer ist zugleich Beauftragter des Bundestages für den Schienenverkehr. Der Gesprächstermin wurde auch dazu genutzt, Herrn Theurer zu bitten, Mitglied des VDEI-Beirates zu werden. Nun erhielt der VDEI seine Zusage. Als Stellvertreter hat Herr Theurer

Dipl.-Ing. Florian Böhm aus seinem Ministerium benannt. Wir freuen und sehr über unser neues Beiratsmitglied und werden damit den traditionell guten Kontakt zum Verkehrsministerium weiter ausbauen. Nach über zehnjährigem Engagement hat sich Dipl.-Ing. Rudolf Vienenkötter, Geschäftsführer der Vössing Ingenieurgesellschaft mbH, aus unserem Beirat verabschiedet. Wir bedanken uns sehr herzlich für die wertvollen Ratschläge und die uneingeschränkte Unterstützung, mit der er unseren Verband stets gefördert hat.

VDEI – AUF EINEN BLICK

**Präsidium**

Präsident	Dr.-Ing. Thomas Mainka	0251/624655
Vizepräsident	Dr.-Ing. Joachim Warlitz	07156/35346176
Vizepräsident	Manfred Kehr	0160/97461142
Bundesschatzmeister	Tobias Barthel	0160/97475351
Bundesschriftführer	Lothar Legler	0171/5616952
Sprecher FB Infrastruktur	Reiner Altmann	0361/3004491
Sprecher FB Technische Ausrüstung	Waldemar Henschel	039204/63420
Sprecher FB Bahnsystem	Reiner Widmann	0711/20921674
Sprecher FB Fahrzeuge	Klaus Dürrhöfer	0160/97428812

**VDEI-Geschäftsstelle**

Kaiserstraße 61  
D-60329 Frankfurt (M)  
E-Mail: gs@vdei.de  
069/236171

**Beirat**

Sprecher:	Dirk Flege	030/246259940
stv. Sprecher:	Stefan Orlinski	07156/35345762

**Bezirksvorsitzende**

Baden/Südpfalz:	Alexander Schmackpfeffer	0173/9681556
Berlin/Brandenburg:	Uwe Richter	030/29380870
Essen:	Franziska Cortés	0211/15791381
Hamburg:	Michael Wortmann	040/23908371
Hannover:	Silke Buchholz	0160/97455405
Hessen/Rheinland-Pfalz:	Bodo Sallmann	0152/31922414
Köln:	Ralph Bolte	0241/4005703
Mecklenburg-Vorpommern/ Nordbrandenburg:	Torsten Habicht	0385/5906412
Nordbayern:	Thomas Silbermann	0152/37558342
Saarland/Rheinland-Pfalz:	Gerhard Erbel	06861/75179
Sachsen-Anhalt:	Oliver Lange	0391/6353110
Sachsen:	Thomas Schaller	0160/97476143
Stuttgart:	Dr.-Ing. Christoph Bolay	07941/2641
Südbayern:	Ewald Widling	089/13085686
Thüringen:	Holger Klein	03636/778313

**Vorsitzende der Fachausschüsse**

Fachbereich Infrastruktur		
FA Verkehrsweg und Umwelt	Reiner Altmann	0361/3004491
FA Geodäsie und Geoinformatik	Thomas Zeidler	0172/3585683
FA Geotechnik	Andreas Schemmel	0160/97456707
FA Architektur/Immobilien	Herbert Locklair	0170/8010223
FA Konstruktiver Ingenieurbau	Tristan Mölter	089/13085926
FA Oberbau	Stephan Schulte	069/265-45200
Fachbereich Bahnsystem		
FA Betrieb und Sicherheit	Dr.-Ing. Christoph Bolay	07941/2641
FA Bauen und Betrieb	Reiner Widmann	0711/20921674
Fachbereich Technische Ausrüstung		
FA Stromversorg. Bahnanlagen	Wladimir Tereschenko	030/42080861
FA Sicherungstechnik, Informatik, Kommunikation	Carlos Cunha	08441/4050052
FA Vernetzte Systeme/ Niederspannungsanlagen	Waldemar Henschel	039204/63420
Fachbereich Fahrzeuge		
FA Fahrzeuge – Neubau und Instandhaltung	Mihai Demian	01511/1544 397

**Vorsitzende der Arbeitskreise**

AK Ingenieure in Beruf und Gesellschaft	Thomas Rogler	0170/8395685
AK Junges Netzwerk Bahn	Christoph Goncalves-Alpoim	0152/37500360
AK Öffentlichkeitsarbeit	Prof. Dr.-Ing. Christoph Menzel	05341/87551600
AK Sachverständige und Fachbeauftragte	Olaf Scholtz-Knobloch	02159/508070
AK Verkehrspolitik	Sascha Behnsen	0176/29267018

**VDEI-Nationales Zertifizierungsbüro Deutschland**

Kaiserstrasse 61  
D-60329 Frankfurt (M)  
Leiter: Bernd Gruhn  
0160/97428835

**VDEI-Service GmbH**

Invalidenstraße 90  
D-10115 Berlin  
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Siegfried Krause  
E-Mail: service.gmbh@vdei.de  
Fax: 030/22605791

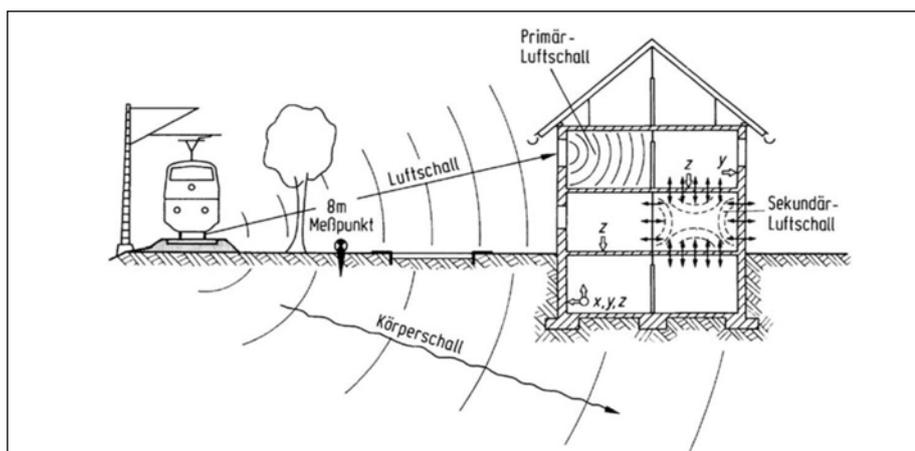
**verantwortlich für VDEI-Nachrichten**

Sylvia Kuhlmann  
E-Mail: sylvia.kuhlmann@vdei.de  
069/236171

# Wie funktioniert eigentlich...?

Ingenieure arbeiten in vielen Fachgebieten des spurgeführten Verkehrs. Unsere Reihe „Wie funktioniert eigentlich...?“ befasst sich mit Basisthemen aus verschiedensten Fachbereichen. Mit der Wissensreihe möchten wir Jungingenieuren, Quereinsteigern und Interessierten grundlegende Themen leicht verständlich erläutern.

## Wie funktioniert eigentlich der Erschütterungsschutz?



**Abb. 1:** Primär- und Sekundärschall  
 Quelle: Müller, Moser; Erschütterungen und sekundärer Luftschall aus dem Schienenverkehr, Springer Vieweg, 2017

Schienenfahrzeuge verursachen sowohl Schall- als auch Erschütterungsemissionen. Je nach Lage der Eisenbahntrasse kann es notwendig sein, die Emissionen zu mindern bzw. deren Ausbreitung zu reduzieren, um geringere Auswirkungen auf naheliegende Objekte und Menschen zu haben.

Erschütterungsschutzmaßnahmen sind oft nicht direkt sichtbar, dennoch sind sie wichtig, um die Schwingungsimmissionen in Gebäuden und deren Einwirkung auf den Menschen (fühlbar zwischen 1 und 80 Hz) zu vermindern. Verringerte Vibrationen führen gleichzeitig auch zu einer geringeren Lärmbelastung durch den sekundären Luftschall. Dieser entsteht, wenn u.a. Decken und Wände durch Vibrationen Schall abstrahlen (16 bis 250 Hz – oft als „tiefes Brummen“ wahrzunehmen).

Um die Erschütterungen zu reduzieren, gibt es unterschiedliche Ansätze. Beim Planen der Maßnahmen müssen sowohl die örtlichen Gegebenheiten, wie der Abstand zu den zu schützenden Objekten, als auch die Bodenbe-

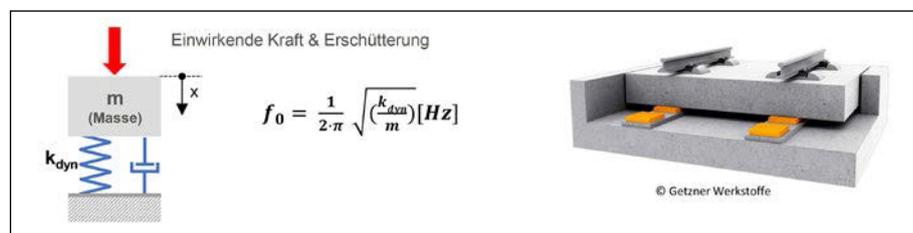
schaffenheit – der Übertragungsweg – beachtet werden (z.B. starre Rohrleitungen sind gute Erschütterungsüberträger).

Vibrationen können, neben Maßnahmen am Fahrzeug, durch unterschiedliche Bauweisen des Oberbaus, insbesondere der Einbringung von elastischen Elementen, verringert werden. Diese sind z.B. elastische Schienenbefestigungssysteme, Schwellenbesohlungen, Unterschottermatten oder Masse-Feder-Systeme (Wirksamkeit in aufsteigender Reihenfolge).

Maßnahmen direkt am Entstehungsort sind kostengünstiger auszuführen (je nach Bauphase) als am weiteren Übertragungsweg.

So können beispielsweise auch mit unterirdischen Barrieren oder Entkoppelungen der Gebäudefundamente und Kellerwände Vibrationen gezielt verringert bzw. reflektiert werden.

Um Erschütterungen im Allgemeinen zu reduzieren, wird im Oberbau versucht, die Eigenfrequenz ( $f_0$ ) eines Systems (z.B. Oberbaus) möglichst viel niedriger als die Erregerfrequenz, bei Bahnen ca. 63 Hz, einzustellen. Nach Abb. 2 kann die Eigenfrequenz verändert werden, indem die Masse erhöht oder die „Feder“ weicher wird. Zweiteres führt automatisch zu höheren Verformungen/Einsenkungen ( $x$ ) welche im Oberbau aber zu begrenzen sind. Daher wird in sehr schützenswerten Bereichen die Masse des Fahrwegs erhöht (bis zu 1,5 m dicke Stahlbetonfahrbahnplatten), sodass die Masse des Fahrzeugs nur noch wenig Einfluss nimmt (Schweres Masse-Feder-System). Jedoch ist auch schon mit weniger aufwendigen Maßnahmen wie einer elastischen Schwellenbesohlung eine Reduktion der Schwingungen von über 70 % realisierbar.



**Abb. 2:** Vereinfachte Darstellung des Systems, die theoretische Formel zur Berechnung der Eigenfrequenz eines Masse-Feder-Systems mit einer dynamischen Federkonstante  $k_{dyn}$  und ein schweres Masse-Feder-System

Dieser Beitrag wird präsentiert vom Fachbereich Infrastruktur:



**Reiner Altmann**  
 Sprecher FB Infrastruktur  
 reiner.altmann@vdei.de



Mit zwölf Fachausschüssen, unterteilt in vier Fachbereiche, bietet der VDEI seinen Mitgliedern ein breites Angebot zum aktiven Fachaustausch. Sie möchten mehr erfahren oder haben Interesse, sich in einem Fachausschuss zu engagieren? Melden Sie sich unter: [fachbereiche@vdei.de](mailto:fachbereiche@vdei.de). Weitere Informationen zu unseren Fachbereichen / Fachausschüssen finden Sie unter: [www.vdei.de/gremien/fachbereiche](http://www.vdei.de/gremien/fachbereiche)

**DAS NETZWERK FÜR DEINE KARRIERE**

- › Berufliche Weiterbildung
  - › Exkursionen › Fachaustausch
- [www.vdei.de](http://www.vdei.de)

# Expertise auf Spur



## Innovation for you

Der Einsatz der E<sup>3</sup>-Hybrid-Antriebstechnologien steigert das potentielle Auftragsvolumen durch neue Einsatzgebiete, wie Tunnel und innerstädtische Bereiche. Elektrisch fahren und arbeiten reduziert Lärm und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Einsatzverfahren belegen eine CO<sub>2</sub> 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 E<sup>3</sup>-Technologie zum Umweltschutz sichert die Vorreiterrolle der Bahn als umweltfreundlicher Verkehrsträger.



MACHINE



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](http://www.trackoedia.com/erdbauwerke)



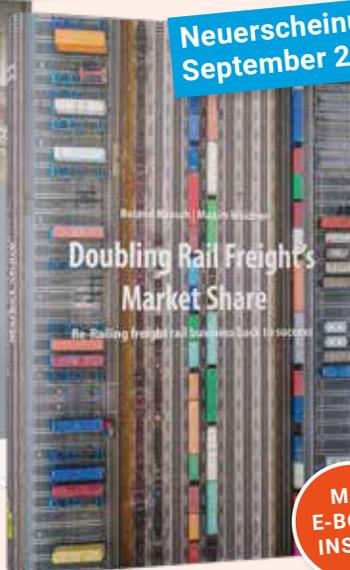
MIT  
E-BOOK  
INSIDE

### ! 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](http://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](http://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](http://www.trackomedia.com/systembahn)



MIT  
E-BOOK  
INSIDE

HIER BESTELLEN:  
[www.trackomedia.com](http://www.trackomedia.com)



GRUND-  
LAGENWERK

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](http://www.trackomedia.com/eisenbahnbruecken)

Auch erhältlich als:

**E-Book only** **Einzelkapitel**



GRUND-  
LAGENWERK

MIT  
E-BOOK  
INSIDE

### 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](http://www.trackomedia.com/bahnanlagen)

Auch erhältlich als:

**E-Book only** **Einzelkapitel**



MIT  
E-BOOK  
INSIDE

### 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](http://www.trackomedia.com/etcsdeutschland)

**Kurz – Prägnant – Praxisnah**

## ABSTRACT: Die kompakte Buchreihe



NEU

NEU

MIT  
E-BOOK  
INSIDE

MIT  
E-BOOK  
INSIDE

MIT  
E-BOOK  
INSIDE

### 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](http://www.trackomedia.com/gleisumbau)

### An Introduction to ETCS

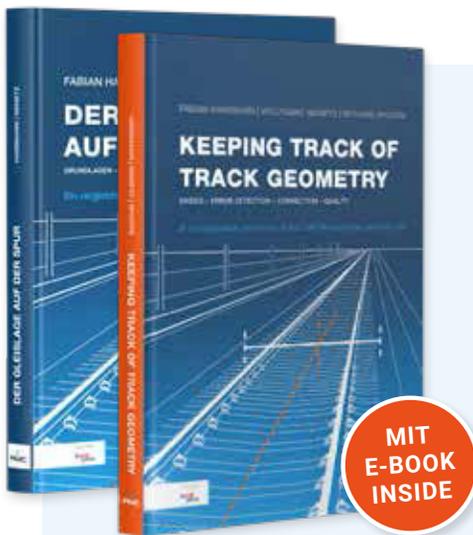
1. Auflage 2020, Autor: Lars Schnieder, 88 Seiten, Paperback, ISBN 978-3-96245-218-6, Print mit E-Book Inside € 29,-\*  
[www.trackomedia.com/introetcs](http://www.trackomedia.com/introetcs)

### 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](http://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.trackomedia.com/trackgeometry](http://www.trackomedia.com/trackgeometry)

Die **deutschsprachige Ausgabe „Der Gleislage auf der Spur“** erhalten Sie ebenfalls für € 59,-\*.

Mehr Infos: [www.trackomedia.com/gleislage](http://www.trackomedia.com/gleislage)

Jetzt auch auf **japanisch lieferbar!** Mehr Infos: [www.trackomedia.com/trackgeometryjap](http://www.trackomedia.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.trackomedia.com/personenverkehr](http://www.trackomedia.com/personenverkehr)



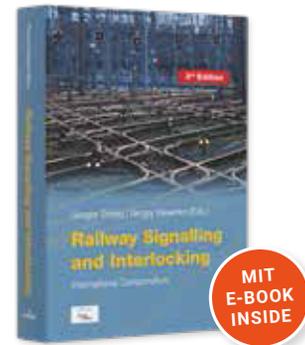
### Handbuch Schienenfahrzeuge

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.trackomedia.com/schienenfahrzeuge](http://www.trackomedia.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.trackomedia.com/signalling](http://www.trackomedia.com/signalling)

Auch erhältlich als:

**E-Book only**

## Weitere Aktivitäten in der GRT-Gruppe

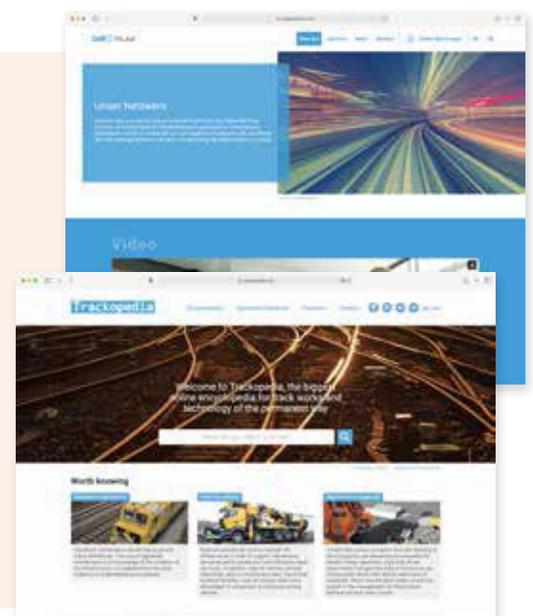
Die Global Rail Trust Gruppe treibt den Erfolg des Systems Bahn durch Wissensvermittlung und Beratungsleistungen voran. **Wir fördern Wachstum und Innovation von lokalen, regionalen und globalen Bahninfrastrukturbetreibern.** In Zusammenarbeit mit Originalherstellern, Lieferanten, Baufirmen und Infrastrukturbetreibern sichern, bündeln und vermitteln wir relevantes Fachwissen zur Innovation und Weiterentwicklung eines nachhaltigen, weltweiten Bahnsystems.

[www.globalrailtrust.com](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:office@trackomedia.com)

\_\_\_\_\_  
 Datum

\_\_\_\_\_  
 Unterschrift