



**Jetzt 25%
Messerabatt
sichern!**

eurailpress.de/railway-forum21

card_1

**Fokus mit Perspektive –
Lösungen für die Bestandsmodellierung.**

3D-Modelle aus Bestandsaufnahmen generieren,
BIM-gerecht attributieren, Projektdaten sicher
transformieren, Punktwolken wirtschaftlich nutzen



... mehr auf der INTERGEO
Ihr Gutscheincode: card_1-INTERGEO

IB&T Software GmbH · www.card-1.com



DER **EI** EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

Euro 28,10 | September 2021

9|21

Rad-Schiene-Kontakt –
Einfluss auf die
Radsatz-Querverschiebung

Schienefräsen –
Kontaktmechanische
Optimierung von Schienen

Monitoring –
Autarke Sensoreinheiten zur
Infrastrukturüberwachung

LST –
Fahrzeugnachrüstung für den
Digitalen Knoten Stuttgart

Fahrzeugreinigung –
Neue Ansätze für eine
höhere Kundenzufriedenheit

VDEI

**Fachtagung
Oberbauschweißtechnik**
21.-22. September 2021
Online

HERAUSGEBER
VERBAND DEUTSCHER
EISENBAHN-INGENIEURE E.V.

VDEI



Wasserstoff

der Antrieb von Morgen



Up to date mit dem H2weekly Newsletter!

➤ www.mobility-impacts.de/mobility-h2-weekly



» Individuelles Führen ist der Schlüssel zu einem guten Miteinander auf Augenhöhe. «

Siegfried Moog, Vorsitzender des Geschäftsführenden Vorstands der Stiftungsfamilie BSW & EWH



Führen ist auch eine Geisteshaltung

Digitalisierung, Homeoffice, Work-Life-Balance – das sind die Keywords, die seit dem Auftritt des Coronavirus eine andere Bedeutung erlangt haben und unsere berufliche Welt mehr denn je bestimmen. Besonders Führungskräfte sehen sich Herausforderungen gegenüber, die sie aus meiner Sicht nur gemeinsam im Team lösen können – allerdings auch mit dem richtigen Blick dafür, wann eine möglicherweise nicht für jeden nachvollziehbare, klare und mutige Entscheidung sinnvoll ist.

Ich habe das Thema Führung aus verschiedensten Blickrichtungen kennengelernt: rund 36 Jahre im Dienst der Deutschen Bahn, nun seit über einem Jahr bei deren größtem Sozialpartner, der Stiftungsfamilie BSW & EWH – begonnen habe ich dort also kurz vor dem erneuten Lockdown. In der Stiftungsfamilie hieß das: Schließungen der zwölf Hotels und knapp 300 Ferienwohnungen, Aussetzen von Präsenzveranstaltungen der rund 6000 Ehrenamtlichen, Sozialberatung und Vertriebsarbeit fast ausschließlich digital, Kurzarbeit, Verunsicherung und durchaus auch Ängste in der Belegschaft. Mir war und ist eine nachhaltige Personalpolitik sehr wichtig, also genau hinzuhören und Leuchtturm gerade in stürmischen Zeiten zu sein. Ich bin stolz darauf, dass wir alles dafür getan haben und weiterhin tun werden, um besonders unsere Teams im Reisebereich als fairen Arbeitgeber zu unterstützen – das hat sich durch treue Mitarbeitende ausgezahlt; so haben wir aufgrund der Pandemie keine Arbeitsverhältnisse aufgelöst und vice versa hatten wir keine Fluktuation zu verzeichnen. Verlässlichkeit spielt bei uns eine große Rolle, und dies nicht nur intern, sondern auch im Hinblick auf unsere Mitglieder – aktive und ehemalige Bahner sowie deren Familien –, deren sozialer Mantel wir sind.

Ich selbst bin Bahner von der Pike auf: 1984 begann ich meine kaufmännische Ausbildung, bin dann vom Fahrdienstleiter über mehrere Stationen im Konzern ins Management gewechselt und schnell in den Per-

sonalbereich gekommen. Im Rahmen meiner Beamtenlaufbahn habe ich auch die mechanische Stellwerkstechnik kennengelernt und war schon damals begeistert von dieser Ingenieursleistung von vor 120 Jahren, die heute noch in Betrieb ist – auch wenn mittlerweile Stellwerke mit Spurplantechnik und elektronische Stellwerke Standard sind.

Ich erlebe es als äußerst gewinnbringend, dass ich im operativen Geschäft gestartet bin, sodass mein persönliches Ziel als Führungskraft ist, auf Augenhöhe zu agieren, zusammen etwas nach vorne zu bewegen, wirklich zu verstehen, Teamplayer zu sein – was nicht heißt, dass Entscheidungen nicht auch getroffen und konsequent umgesetzt werden müssen. Ich nehme wahr, dass es heute ein stärkeres Miteinander gibt und Führung nicht oktroyierte Ansage heißt, sondern gemeinsames Erarbeiten und Umsetzen. Es gibt Mitarbeitende, die geführt werden wollen, und diejenigen, die mehr Freiraum benötigen. Also ist individuelles und situatives Führen gerade in der derzeitigen Umbruchphase, in der sich Arbeit neu verortet, von großer Bedeutung.

Vor allem aber habe ich vielleicht gelernt, Theorie in Praxis umzusetzen und zu entscheiden: Entscheiden Sie, wenn die Sache reif dafür ist; geben Sie dort Raum zum Entscheiden, wo der richtige Platz dafür ist; warten Sie nicht auf die ultimative Absicherung aller Konsequenzen. Seien Sie mutig und offenherzig; lernen Sie, sich zu korrigieren; machen Sie Fehler transparent – und ziehen Sie die richtigen Lehren daraus. Seien Sie klar in Ihrer Haltung und bleiben Sie dennoch lernwillig und begeisterungsfähig!

Ihr

EDITORIAL



Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Pospischil, Chefredakteur

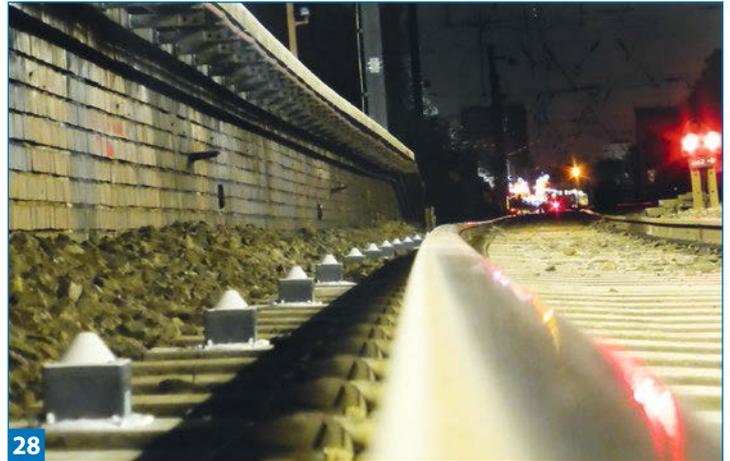
Liebe Leserinnen, liebe Leser,

ich hoffe, Sie sind alle gut und vor allem gesund aus dem Urlaub zurückgekommen. Dieses Jahr waren die Reiseziele vermehrt Deutschland selbst wie auch unsere direkten Nachbarn. Das Resultat daraus: Weniger Fern-/Flugreisende und eine große Nachfrage an Auto- und Zugreisen. Erstere führten zu Megastaus, Zweitere konnten gut und umweltfreundlich abgewickelt werden. Spricht der Laie von der Eisenbahn, wird zuerst an den Zug selbst gedacht, nicht an Fahrweg, LST u.v.m. – genauso wird bei Autoreisen vornehmlich ans Auto gedacht, weniger an die Straße, Leittechnik etc. Gerade im System Eisenbahn ist es aber wichtig, das Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten zu kennen und zu verstehen. Daher freut es mich, eine der vorhandenen Schnittstellen in dieser Ausgabe präsentieren zu dürfen: Die Thematik des Rad-Schiene-Kontakts – also der Interaktion von Fahrzeug und Fahrweg.

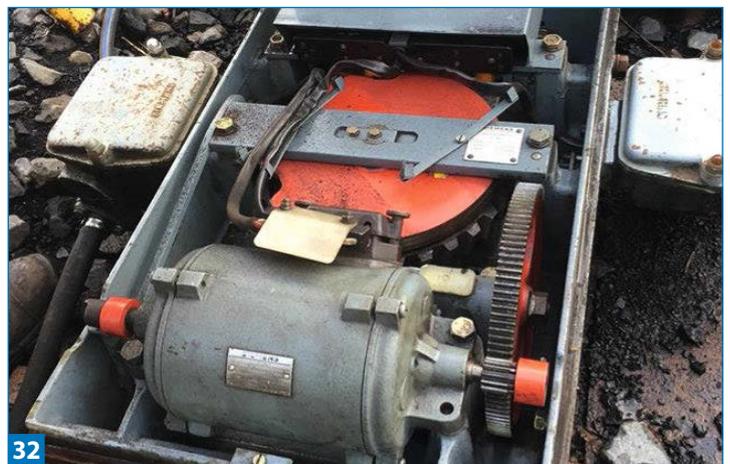
Hierzu berichten Herr Dr. Breuer und Herr Dr. Rosenberger über die Fortschritte seitens der Lokomotiven und die daraus entstehenden Einflüsse auf den Fahrweg. Herr Dr. Fleiss beschreibt den Kontakt von Radsatz und Schiene als Funktion der Querverschiebung. Des Weiteren können Sie den ersten Teil der wirkungsbezogenen Gleislagebeurteilung sowie einen Beitrag zur Rad-Schiene-Kontaktoptimierung mittels Schienenfräsen lesen. Gerade diese Themen der Interaktion sind aus meiner Sicht die essenziellen Bausteine eines zukunftsfähigen Gesamtsystems. Gehen doch die Anforderungen und Interessen der Fahrzeugindustrie und des Oberbaus auf natürliche Weise nicht immer in die gleiche Richtung, ist dieser Austausch und insbesondere das Wissen um die Partner von größter Wichtigkeit. Nur wenn wir die weiteren Entwicklungen gemeinsam diskutieren und das Gesamtsystem Bahn im Blick behalten, sind wir auf dem richtigen Weg!

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre, ermuntere Sie alle zu einem interdisziplinären Austausch und hoffe, Sie bleiben gesund!

Ihr



28



32



56

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

9|21

card_1

Herzlich mit Perspektive –
Übergang für die Eisenbahnstellung.

YVEI

Text zur Titelanzeige:

Die Neuerungen der Module für die Bearbeitung schienengebundener Verkehrswege stellt die IB&T Software GmbH auf der INTERGEO vor. Die Einladung, Tickets und das Vortragsprogramm, z.B. zum Thema card_1 BIM Bahnplanung auf Basis von Punktwolkendaten, finden Sie unter www.card-1.com.



STANDPUNKT

Siegfried Moog

03 Führen ist auch eine Geisteshaltung

FACHBEITRÄGE

Werner Breuer | Martin Rosenberger

06 Moderne Lokomotiven und ihr Einfluss auf die Fahrwegbelastung

Rainer Fleiss

14 Der Rad-Schiene-Kontakt als Funktion der Radsatz-Querverschiebung

Wilhelm Kubin

17 Rad-Schiene-Kontaktoptimierung mittels Schienenfräsen

Dirk Nicklisch | Manfred Zacher | Bohdana Slovák

22 Die Wirkungsbezogene Gleislagebeurteilung

Markus Rennen

28 Wireless Condition Monitoring – Überwachung ohne lange Leitung

Lars Schnieder

32 Nachweisführung mechatronischer Systeme für Bahnanwendungen

Frank Dietrich | Marco Meyer | Rene Neuhäuser | Florian Rohr | Thomas Vogel | Norman Wenkel

39 Fahrzeugnachrüstung für den Digitalen Knoten Stuttgart

Ingwer Ebinger | Lutz Boeck

48 Natürliche Kältemittel in Klimaanlage für Schienenfahrzeuge

Thomas Hempe | Michael Zschammer

56 Weiterentwicklung der Fahrzeugreinigung im DB Fernverkehr

Jens Lichterfeld | Robert Steinfelder

61 Das neue druckluftfreie Bremssystem der Siemens Bremse

Philipp Nachbaur | Viktor Enoekl | Helge Grafinger

65 Befahrbares Gleiseindeckung aus Ortbeton für FF-Systeme

RUBRIKEN

72 Veranstaltungen | Bahn-Nachrichten

78 Personalia

79 Impressum

80 Rail-Web-Weiser

83 Industrie-Report

VDEI

86 VDEI-Veranstaltungen

88 VDEI-Nachrichten

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 des jeweils anderen Geschlechts.



Eurailpress Fachartikelarchiv

Alle Beiträge mit diesem Symbol sind unter www.eurailpress.de/archiv/ dauerhaft hinterlegt.

Finden Sie weitere Aufsätze der Autoren oder nutzen Sie die Volltextsuche für Ihren individuellen Informationsbedarf. Abonnenten steht dieses Angebot kostenlos zur Verfügung.

Moderne Lokomotiven und ihr Einfluss auf die Fahrwegbelastung

Wie moderne Universallokomotiven deutlich höhere Zugkräfte erreichen und dabei die Fahrwegbelastung reduzieren.

WERNER BREUER | MARTIN ROSENBERGER

Moderne Hochleistungslokomotiven werden für den europaweit grenzüberschreitenden Verkehr ausgelegt. Dabei ist besonders im Güterverkehr eine hohe und sicher reproduzierbare Reibwertausnutzung wichtig, da sie betrieblich hohe Zugkräfte ermöglicht: gemäß der Speditionsweisheit, dass „... mit dem letzten Wagen das Geld verdient wird ...“. Daraus ergeben sich Kompromisse, deren Einfluss auf die Fahrwegbelastung in letzter Zeit intensiv diskutiert wurden. Im Folgenden werden die durch die Traktionseigenschaften dominierten Schädigungsparameter für zwei Lokomotiven anhand von Anfahrversuchen und einer vertiefenden Untersuchung unter Zuhilfenahme von Simulationen analysiert.

Entwicklung der Traktionseigenschaften moderner Lokomotiven

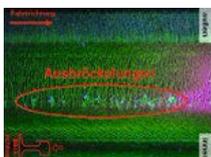
Die Einführung der Umrichter angesteuerten Drehstromantriebe ab den 1970er Jahren erlaubt es, Antriebsleistungen von mehr als 1 MW pro Radsatz zu realisieren. Das ermöglicht die Entwicklung von Universallokomotiven mit genügend hoher Antriebsleistung im schnellen Personenverkehr und gleichzeitig hohen Zugkräften beim Anfahren.

Die hohe Zugkraft ist betrieblich nur sinnvoll, wenn sie zuverlässig auf die Schiene gebracht werden kann. Eine Kennzahl, die das zu beurteilen hilft, ist der Quotient aus Zugkraft und Gewicht pro Radsatz, die sogenannte Reibwertausnutzung. Je höher die Reibwertausnutzung, umso riskanter ist es, die Zugkraft unter allen Betriebsbedingungen auf die Schiene zu bringen. Mit Betriebsbedingungen

sind dabei insbesondere Witterungseinflüsse und Schienenverschmutzung gemeint, aber auch die Fahrwiderstände infolge der Trassierung sind interessant, wie z. B. das Anfahren im engen Bogen bis zu einer Geschwindigkeit von 30 km/h.

Die Entwicklung der Reibwertausnutzung in den letzten Jahrzehnten ist in Abb. 1 dargestellt. Es zeigt sich klar die Tendenz hin zu höheren Reibwertausnutzungen mit einer Steigerung von ca. 20 % seit Einführung der Drehstrom-Lokomotiven.

Die Fortschritte in der Antriebsregelung ermöglichen es, die steigende Reibwertausnutzung betrieblich sicher umzusetzen. So haben die meisten modernen Drehstrom-Lokomotiven einzeln geregelte Fahrmotoren, wobei die Schlupfgeschwindigkeit des zugehörigen Radsatzes vorwiegend direkt geregelt wird.

		Mechanismus	Ursache	Merkmale	Modelle
Schienenverschleiß		<ul style="list-style-type: none"> Materialabtrag Plastische Verformung 	<ul style="list-style-type: none"> Gleiteffekte im Rad-Schiene-Kontakt: Reibarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> Tritt verstärkt an Außenschienen in engen Bögen auf 	<ul style="list-style-type: none"> Krause/Poll [1] Archard [2]
Head Checks		<ul style="list-style-type: none"> Rollkontaktermüdung Rissentstehung typischerweise an der Fahrkante 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanische Belastung im Rad-Schiene-Kontakt 	<ul style="list-style-type: none"> Tritt verstärkt an Außenschienen im Bogenradienbereich zwischen 700 m und 1500 m auf 	<ul style="list-style-type: none"> T-Gamma-Modell [3] Shake-Down Map [4] Ekberg Indizes [5] Wedge-Modell [6]
Ausbröckelungen		<ul style="list-style-type: none"> Rollkontaktermüdung Risswachstum 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanische Belastung im Rad-Schiene-Kontakt 	<ul style="list-style-type: none"> Entsteht aus dem Zusammenwachsen von Oberflächenrissen 	<ul style="list-style-type: none"> T-Gamma-Modell [3] Shake-Down Map [4] Ekberg Indizes [5] Wedge-Modell [6]
Squats		<ul style="list-style-type: none"> Rollkontaktermüdung Risswachstum 	<ul style="list-style-type: none"> Thermischmechanische Belastung im Rad-Schiene-Kontakt Stoßartige Belastung 	<ul style="list-style-type: none"> Treten häufig als Einzeldefekte auf Tritt in Kombination mit Reibmartensit bzw. white etching layers auf 	<ul style="list-style-type: none"> Kein geschlossenes Modell vorhanden u. a. mit hohen Temperaturen in Verbindung gebracht [7]
Schleuderstellen		<ul style="list-style-type: none"> Materialabtrag Plastische Verformung 	<ul style="list-style-type: none"> Thermischmechanische Belastung im Rad-Schiene-Kontakt 	<ul style="list-style-type: none"> Tritt paarweise an / auf beiden Schienen auf 	<ul style="list-style-type: none"> Veränderung der Oberflächengeometrie durch Verschleiß und Temperatur [8]

Tab. 1: Typische Fahrwegschädigungen an der Oberfläche von Schienen, die im Zusammenhang mit Antriebs- bzw. Bremsvorgängen stehen

Die moderne Digitaltechnik mit immer kürzer werdenden Taktzeiten erlaubt die über die Jahre optimierten Regelungskonzepte robust umzusetzen. Was das für die Infrastruktur bedeutet, wird im Folgenden am Vergleich zweier Universallokomotiven aus dem Hause Siemens diskutiert. Bei den Lokomotiven handelt es sich um ein Altfahrzeug mit einer Masse von 88 t und einer Anfahrzugkraft von 300 kN sowie um ein Fahrzeug aus der Vectron Lokomotiv-Plattform mit einer Fahrzeugmasse von 90 t und einer Anfahrzugkraft von 350 kN.

Fahrwegschädigung

Fahrwegschädigungen, die im Zusammenhang mit Antriebs- bzw. Bremsvorgängen diskutiert und analysiert werden, sind primär Schäden an der Oberfläche von Schienen. Tab. 1 fasst die wichtigsten Oberflächenschäden zusammen.

Die Auflistung der Mechanismen und Modellvorstellungen in Tab. 1 zeigt, dass im Rad-Schiene-Kontakt das Zusammenwirken von Schlupfgeschwindigkeiten und Kräften – in Fahrtrichtung und quer dazu – sowie plastische Verformungen die Schädigungen verursachen. Jedes der Schädigungsphänomene nach Tab. 1 entsteht durch das spezifische Zusammenwirken dieser physikalischen Vorgänge. Die Beschreibung dieser Schädigungsphänomene ist nach wie vor Gegenstand der Forschung.

Sowohl der natürliche oder auch abrasive Verschleiß als auch Rollkontaktermüdungsphänomene, wie z.B. Head Checks, werden nach den gängigen Modellen mit der im Kontakt zwischen Rad und Schiene dissipierten Reibarbeit in Verbindung gebracht. Krause und Poll [1] multiplizieren die Reibarbeit mit einem Verschleißfaktor, der abhängig von der Reibleistung und der Kontaktflächengröße für milden und heftigen Verschleiß angegeben wird. Im T-Gamma-Modell nach Burstow [3] wird die Neigung zur Initiierung von Rollkontaktermüdungsrisse (engl. Rolling Contact Fatigue, RCF) über eine empirisch ermittelte RCF-Schädigungsfunktion beschrieben. Dabei erreicht die Schädigungsfunktion bei einem Wert der spezifischen Reibarbeit von 75 Nm/m ihr Maximum. Ab dem Wert von 175 Nm/m, der sogenannten Magic Wear Rate, dominiert der natürliche Verschleiß, d.h. entstehende Risse werden abrasiv entfernt (Abb. 2).

Squats werden Schienenfehler auf Schienenoberflächen mit einem charakteristischen äußeren „lungenförmigen“ Erscheinungsbild genannt. Sie weisen eine geometrische Abweichung der Schienenoberfläche auf, durch die der Fahrspiegel geringfügig absinkt und sich verbreitert. An und unter der Oberfläche eines Squats entstehen Risse, die durch Zusammenwachsen zu größeren Ausbröckelungen und einem Versagen der Schiene führen können. Squats werden häufig durch Martensitoberflächen initiiert [7], die im Allgemeinen durch hohe Temperatur und rasche Abkühlung ent-

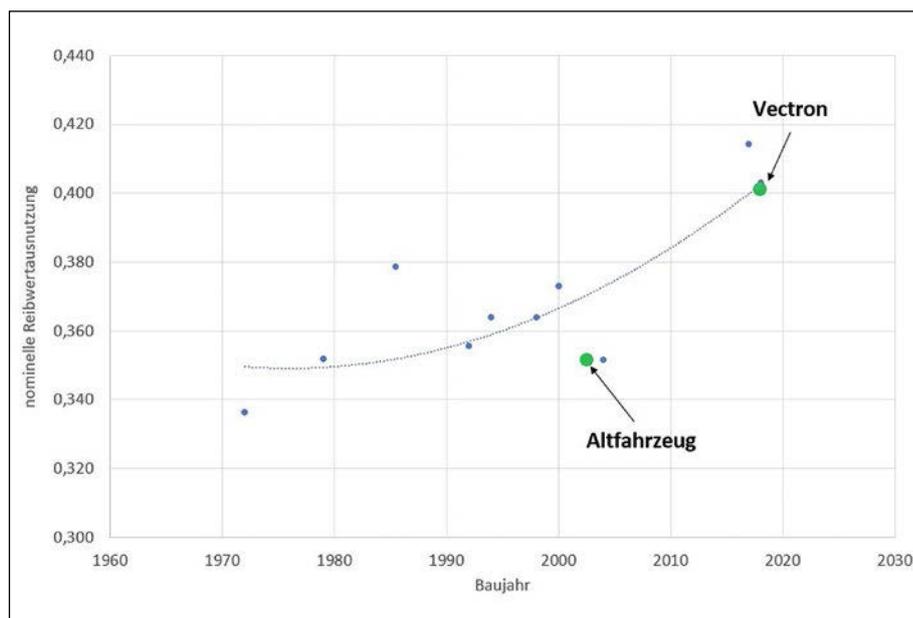


Abb. 1: Entwicklung der Reibwertausnutzung vierachsiger Lokomotiven in den letzten 50 Jahren – die grünen Punkte kennzeichnen die Lokomotiven, die verglichen werden.

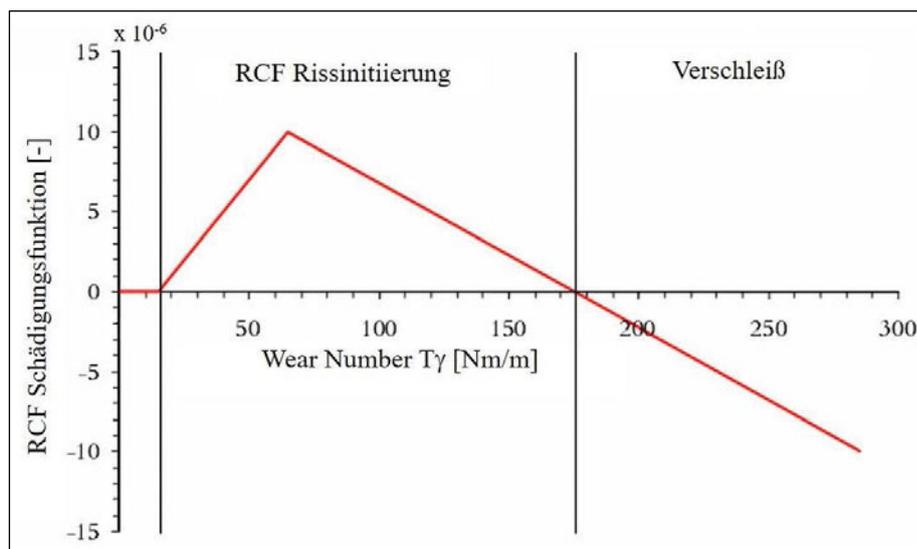


Abb. 2: RCF-Schädigungsfunktion (auch T-Gamma-Modell) [3]

stehen. Die für diese Materialumwandlung erforderliche Austenitisierungstemperatur liegt für Schienenstähle bei ca. 700°C. Temperaturen in dieser Größenordnung können durch Antriebs- und Bremsvorgänge an der Oberfläche von Rad und Schiene sehr wohl entstehen. Auch der erforderliche schnelle Temperaturabfall von mehreren 100°C pro Sekunde, der für die darauffolgende Martensitbildung erforderlich ist, ist auf jeden Fall möglich.

In weiterer Folge liegt der Fokus auf dem Relativvergleich der beiden Lokomotiven mit Bezug auf durch sie verursachte Schienenoberflächenschäden, dazu werden sie unter denselben Bedingungen und Szenarien betrachtet. Dabei werden für die Schädigungsbewertung folgende Kriterien herangezogen:

- die Reibarbeit für den natürlichen Verschleiß,

- spezifische Reibarbeit T-Gamma für die Neigung zur Head-Check-Bildung und
- die Temperaturentwicklung im Rad-Schiene-Kontakt nach Ertz [9] als Maß für eine mögliche Martensit- und damit Squat-Bildung.

Auf eine tiefere Auseinandersetzung mit den Parametern der Modelle bzw. fortgeschrittenen Modellen wird bewusst verzichtet. Für die angestrebte Relativbewertung der beiden Lokomotiven reicht die Verwendung der zentralen Einflussparameter aus, zudem lassen auch die neuesten Modelle aus der Forschung absolute, quantitative Aussagen noch nicht zu.

Feldversuche zur Fahrwegbelastung

Die Feldversuche fanden an der Tauernnordrampe statt. Dabei wurden die betrieblich zulässigen Anhängelasten der beiden Lokomo-

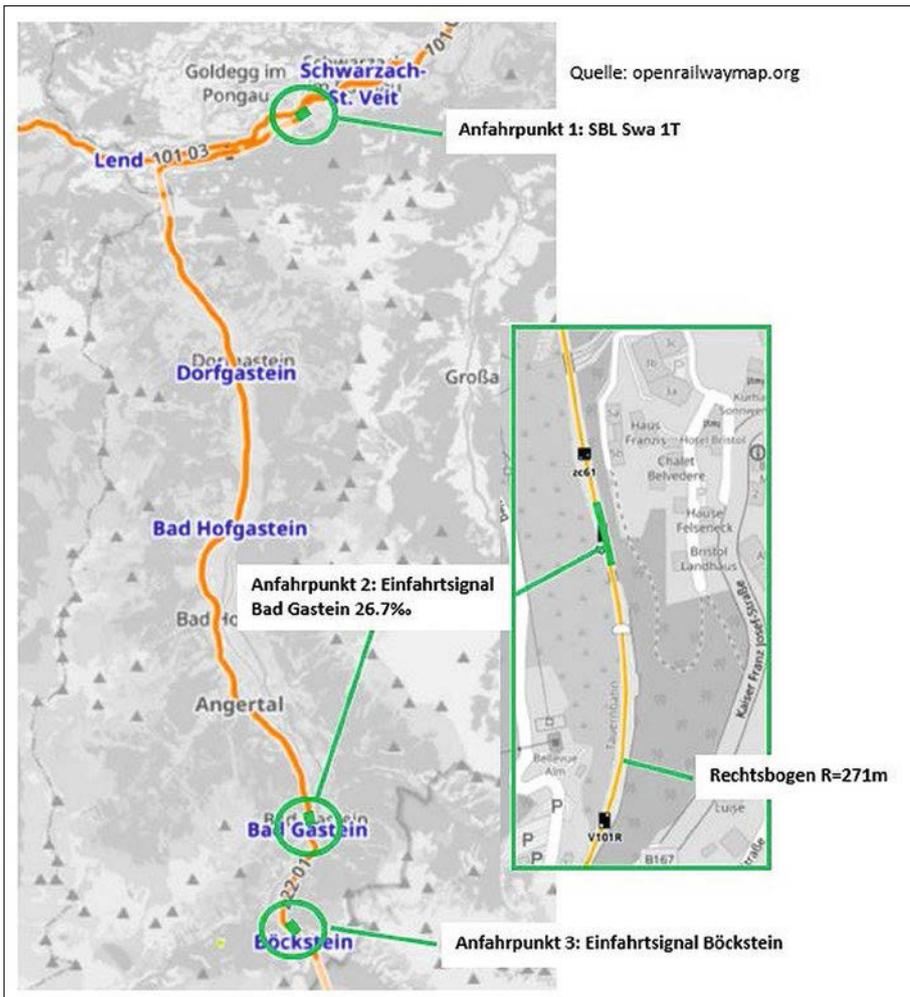


Abb. 3: Anfahrpunkte an der Tauern Nordrampe zur Ermittlung der sogenannten Lasttafeln

tiven ermittelt. Ursächliches Ziel der Versuche war die Einordnung dieser Anhängelasten in sogenannte Lasttafeln der ÖBB Infrastruktur. Diese Festlegung der Anhängelast soll Liegenbleiber beim Alpentransit über den Tauern verhindern. Das Kriterium dabei ist, an drei Anfahrpunkten einen bestimmten Wegabschnitt vom Stillstand bei mehreren Anfahrten in einer vorgegebenen Zeit zu durchfahren.

Abb. 3 zeigt die Lage der Anfahrpunkte. Die Fahrten wurden von der Messgruppe der ÖBB Produktion durchgeführt. Um möglichst einheitliche und vergleichbare Randbedingungen sicherzustellen, wurden die führenden Radsätze der zu begutachtenden Lokomotiven entsprechend bewässert. Im Folgenden werden Ergebnisse des Anfahrpunktes 2 in Bad Gastein dargestellt, der in einer Steigung von 26,7 ‰ liegt und an den ein

Rechtsbogen mit einem Radius von 271 m anschließt. Bewertet werden die Zugkräfte und Schlupfgeschwindigkeiten pro Radsatz, aufgezeichnet aus der Leittechnik der jeweiligen Lokomotiven, die Fahrgeschwindigkeit wurde per GPS bestimmt. Diese Messgrößen erlauben vorrangig die Bestimmung der Reibarbeit, die Temperaturentwicklung im Rad-Schiene-Kontakt kann derzeit messtechnisch nicht erfasst werden. Mittels der Simulation können jedoch die erforderlichen Inputdaten für das Modell nach Ertz berechnet werden. Abb. 4 zeigt die Geschwindigkeiten und die Gesamtzugkräfte der beiden Lokomotiven für jeweils zwei Anfahrvorgänge am Anfahrpunkt 2 der Tauern Nordrampe. Das Altfahrzeug beschleunigt anfänglich, kann die Beschleunigung jedoch nicht aufrechterhalten, das führt zu Liegenbleibern im Sinn des oben beschriebenen Kriteriums. Dagegen beschleunigt der Vectron konstant. Grund hierfür sind die Unterschiede im Verlauf der Zugkraft über den Anfahrvorgang, die im rechten Diagramm der Abb. 4 dargestellt sind. Die im Gegensatz zum Altfahrzeug 20 Jahre modernere Vectron Antriebssteuerung ist in der Lage, vom Losreißen bis zum Erreichen der Schrittgeschwindigkeit die volle Anfahrzugkraft auf die Schiene zu bringen. Beim Altfahrzeug nimmt die Zugkraft vom Losreißen weg kontinuierlich ab und kann vom zweiten Losreißpunkt ab ca. 100 m zurückgelegter Wegstrecke nur mit sehr hoher Dynamik und einem dadurch bedingt schlechten Effektivwert wiederaufgebaut werden. Abb. 5 stellt die gemessenen Reibarbeiten des Altfahrzeugs und des Vectron bei den beiden Anfahrten gegenüber. Die mittlere Reibarbeit an den Vectron Radsätzen ist um den Faktor 5,7 kleiner als die an denen des Altfahrzeugs. Ähnliches ergibt sich an den anderen Anfahrpunkten: Hier ist die mittlere Reibarbeit für den Vectron um mindestens den Faktor 2 kleiner als die des Altfahrzeugs. Damit kann gefolgert werden, dass der Verschleiß an den Schienen durch den Vectron deutlich kleiner als durch das Altfahrzeug ist.

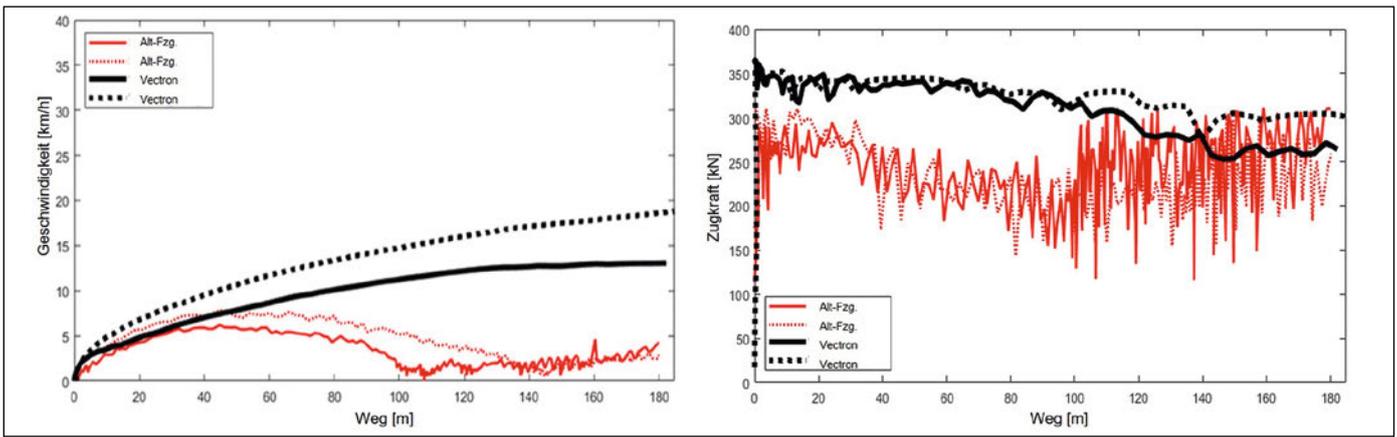


Abb. 4: Geschwindigkeit und Gesamtzugkraft für zwei Anfahrten am Anfahrpunkt 2 der Tauern Nordrampe

Die dynamischen Reibwertausnutzungen sind für die Anfahrversuche in Abb. 6 dargestellt. Es bestätigt sich eindrucksvoll, dass die Höhe der betrieblich umsetzbaren Reibwertausnutzung über das Losreißen entscheidet. Zudem werden die dynamischen Unterschiede zwischen den beiden Fahrzeugen deutlich: Der Schwerpunkt der Schlupfgeschwindigkeit des Vectron bewegt sich um den Wert 0,1 m/s, mit vereinzelt Ausreißern bis 0,27 m/s; wohingegen der Schwerpunkt der Schlupfgeschwindigkeit des Altfahrzeugs um den Wert 0,17 m/s liegt, mit einem ganz massiven Ausreißerbereich zwischen 0,4 m/s und 0,5 m/s. Das optimierte Antriebssystem des Vectron führt zu einer im Vergleich zum Altfahrzeug höheren Reibwertnutzung bei geringeren Schlupfgeschwindigkeiten. Welche Auswirkungen dieses grundsätzliche Verhalten auf weitere Aspekte der Schienenoberflächenschädigung hat, soll im folgenden Abschnitt diskutiert werden.

Weitere Aspekte der Fahrwegbelastung

Fahrzeugmessungen können nur begrenzt für die Bewertung der Fahrwegbelastung herangezogen werden, da viele Eingangsparameter für die bekannten Modelle zur Fahrwegbelastung bzw. -schädigung nicht direkt gemessen werden können. Hierfür kann die Simulation des Fahrzeugverhaltens unterstützend eingesetzt werden. Durch die Beschreibung des Fahrzeugverhaltens mit der Mehrkörpersystem-Methode (MKS-Methode), die seit vielen Jahrzehnten erfolgreich im Schienenfahrzeugsektor eingesetzt und kontinuierlich weiterentwickelt wird, können die für die Schädigungsbewertung erforderlichen Rad-Schiene-Kontaktgrößen berechnet werden. Für eine belastbare und vertrauenswürdige Bewertung mittels Simulation muss sichergestellt sein, dass der verwendete Simulationsansatz für den zugrundeliegenden Anwendungsbereich Gültigkeit besitzt. Um das zu bewerten, wurden die Ergebnisse aus den oben beschriebenen Anfahrversuchen herangezogen und mit MKS-Modellen der Lokomotiven nachgebildet.

Abb. 7 zeigt die Gegenüberstellung der Messungs- und Rechnungsergebnisse der Gesamtzugkräfte und der Relativgeschwindigkeiten (Schlupfgeschwindigkeiten) im Rad-Schiene-Kontakt für einen Anfahrvorgang im Anfahrpunkt 2. Sowohl die Gesamtzugkraft als auch die Relativgeschwindigkeit in den Kontaktpunkten zwischen den Rädern und den Schienen können sehr gut reproduziert werden. Stellt man die in Messung und Rechnung generierten Reibarbeiten als objektive Validierungsgrößen gegenüber, liegt die Abweichung zwischen Messung und Rechnung bei weniger als 5 %. Damit können die mittels Simulation ermittelten Rad-Schiene-Kontaktgrößen für die Bewertung weiterer Aspekte der Fahrwegschädigung herangezogen werden.

Die Simulationen weisen für den Vectron gegenüber dem Altfahrzeug deutlich verringerte spezifische Reibarbeiten (T-Gamma-Werte) aus (Abb. 8), was einen deutlich reduzierten natürlichen Verschleiß erwarten lässt. Für beide Lokomotiven liegt der T-Gamma-Wert während des Anfahrvorgangs deutlich über der Magic Wear Rate von 175 Nm/m, bis zu der sich Head Checks ausbilden. Damit wird gezeigt, dass Head Checks durch Anfahrvorgänge nicht zu erwarten sind.

Auch die Berechnung der Temperaturen, die häufig für die Squat-Entstehung verantwortlich gemacht werden, zeigen im Anfahrvorgang für den Vectron deutlich niedrigere Werte im Kontaktpunkt, wogegen die Temperaturen für das Altfahrzeug sehr wohl im Bereich der Austenitierungstemperatur zu liegen kommen.

Zur weiteren Absicherung der Ergebnisse wurde das Verhalten der beiden Lokomotiven und deren Antriebsregelungen unter typischen Szenarien gemäß Tab. 2 beim Rollen und beim Antreiben untersucht. Für die Reibwertausnutzung wurden die Mittelwerte aus den Anfahrversuchen herangezogen: 0,28 für das Altfahrzeug und 0,37 für den Vectron (Abb. 6).

In allen untersuchten Szenarien sind die Reibarbeiten im Rad-Schiene-Kontakt für den Vectron deutlich niedriger als beim Altfahrzeug (Abb. 9).



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

PILZ
THE SPIRIT OF SAFETY

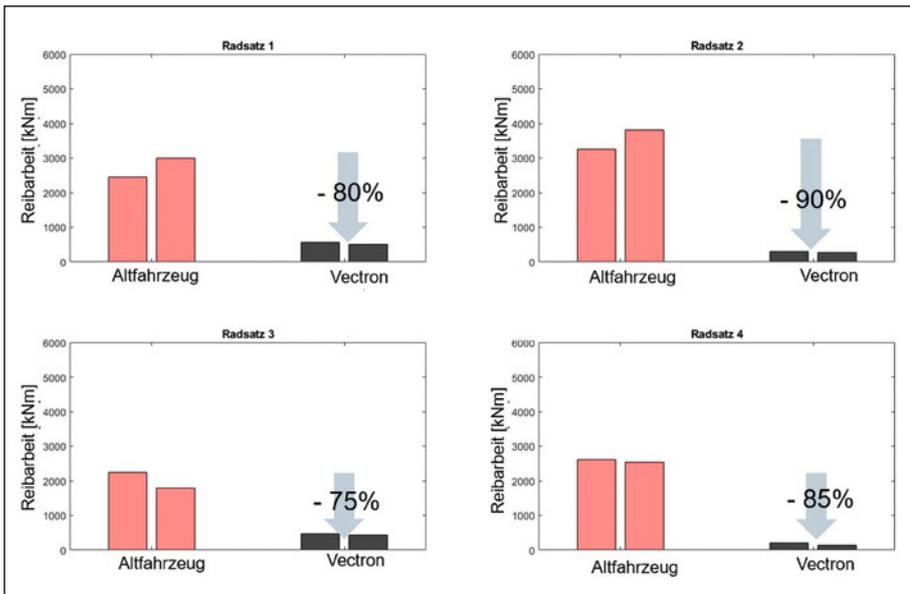


Abb. 5: Vergleich der Reibarbeiten zwischen Altfahrzeug und Vectron am Anfahrpunkt 2 der Tauernordrampe

Dies lässt einen deutlich geringeren Schienenverschleiß durch den Vectron erwarten. Der Vergleich der Radscheiben-Standzeit zwischen den beiden Lokomotiven bestätigt das: Die Radscheiben-Laufleistung ist in der Vectron-Plattform mindestens um 50 % höher als beim Altfahrzeug. Für beide Lokomotiven liegen die spezifischen Reibarbeiten in den betrachteten Szenarien über der Magic Wear Rate von 175 Nm/m und damit in einem Bereich, in dem initiierte Risse durch den natürlichen Verschleiß entfernt werden. Daraus lässt sich schließen, dass der natürliche Verschleiß dominiert und RCF-Phänomene nicht direkt dem Antrieb zugeschrieben werden können. Dieser Sachverhalt wurde auch bereits von Six et al. in [10] diskutiert. Abb. 10 fasst die nach [9] ermittelten Temperaturen im Rad-Schiene-Kontakt zusammen, die in den oben genannten Szenarien entstehen. Auch hier zeigt sich qualitativ dasselbe Verhalten wie bei den Anfahrversuchen. Der Vectron weist deutlich niedrigere Temperaturen im Rad-Schiene-Kontaktpunkt als das Altfahrzeug auf.

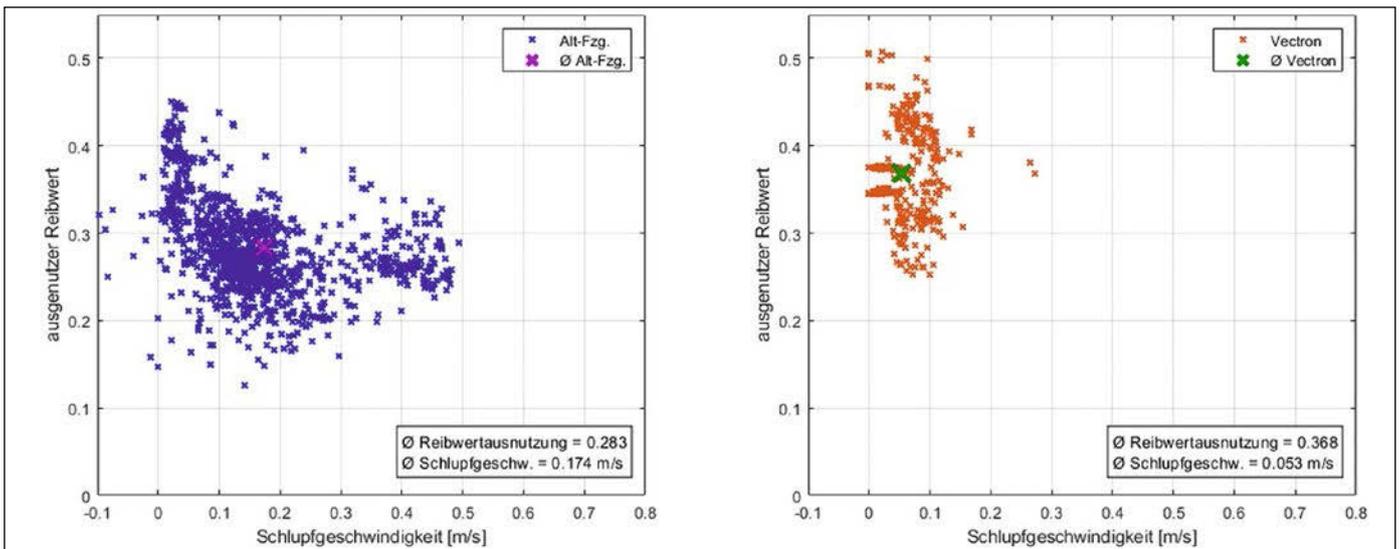


Abb. 6: Vergleich der dynamischen Reibwertausnutzungen zwischen Altfahrzeug und Vectron am Anfahrpunkt 2 der Tauernordrampe

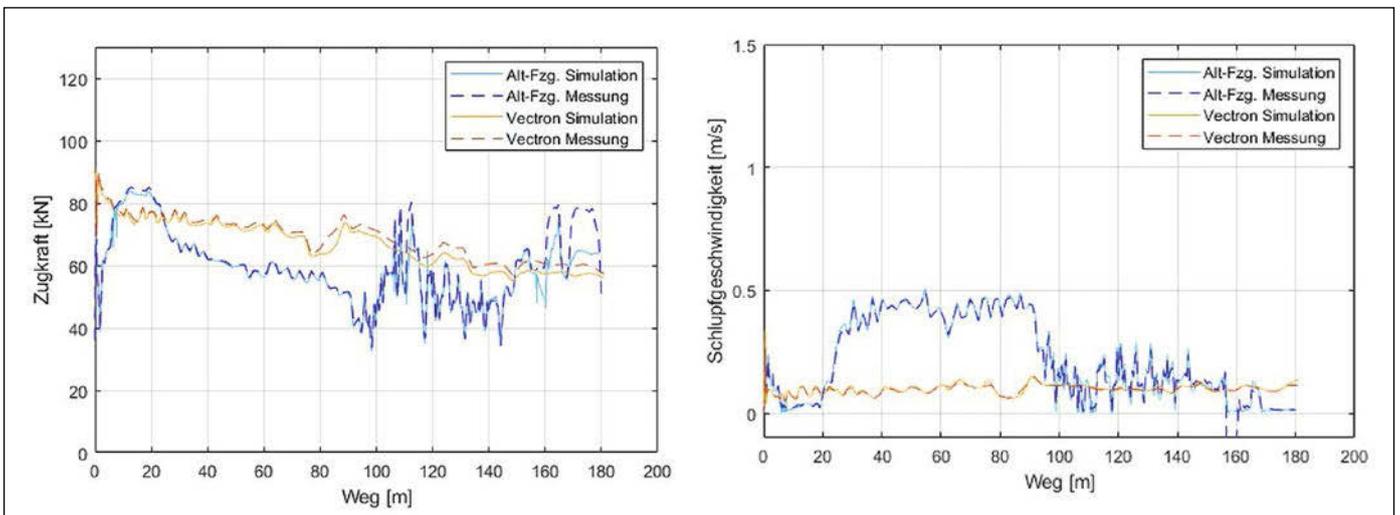


Abb. 7: Messungs-Rechnungsvergleich der Gesamtzugkräfte und der Schlupfgeschwindigkeiten von Altfahrzeug und Vectron Lokomotive am Anfahrpunkt 2

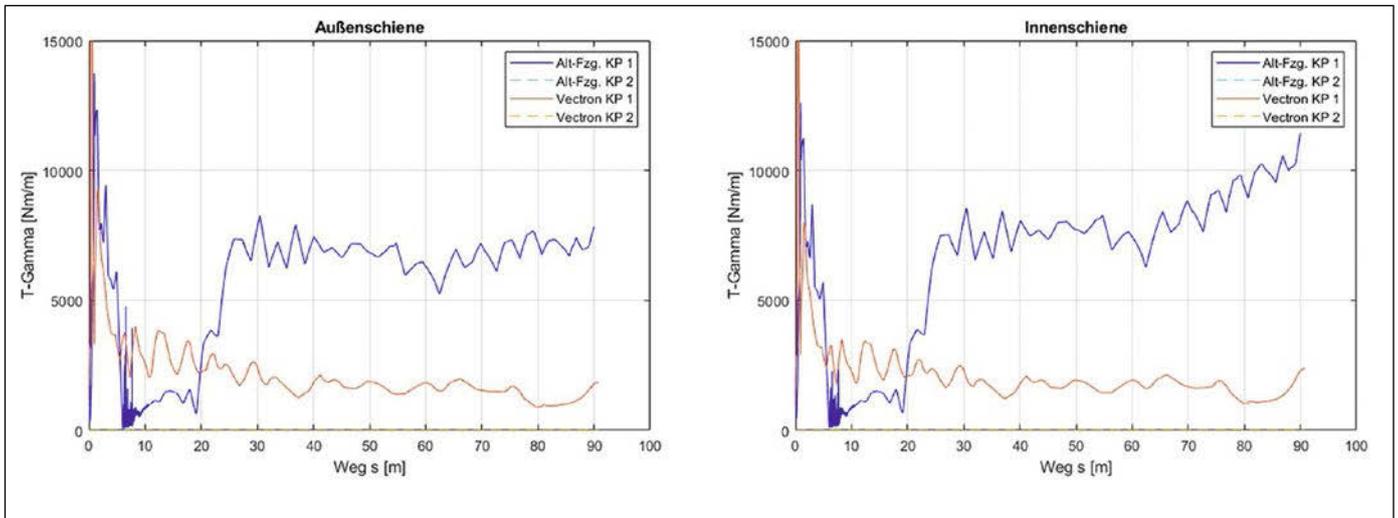


Abb. 8: Rechnerisch ermittelte spezifische Reibarbeiten (T-Gamma-Werte) von Altfahrzeug und Vectron Lokomotive am Anfahrpunkt 2

Zusammenfassung

Für Lokomotiven im Güterverkehr ist das Losreißen mit hohen Anhängelasten auf bogenreichen Bergstrecken ein wichtiges Performance-Merkmal. Um das zu erreichen, zeigt die Erfahrung, dass es wichtig ist, kleine Schlupfgeschwindigkeiten betriebssicher umzusetzen. Die dazu notwendigen Antriebsregelstrategien sind in der Siemens Vectron-Plattform umgesetzt.

Ein Vorteil dieser Technologie zeigt sich in der gegenüber Altfahrzeugen verringerten Fahrwegschädigung. Die Auswertungen der Feldversuche an der Tauern Nordrampe belegen für den Vectron

- sehr geringe Reibarbeiten beim Anfahren trotz hoher Reibwertausnutzung,
- geringes Squat-Risiko wegen der niedrigen Temperaturen im Rad-Schiene-Kontakt und
- geringe Neigung zu Rollkontaktermüdung. Trotz der gemäß Lasttafel um 25 % höheren Anhängelasten sind die Reibarbeiten im Rad-Schiene-Kontakt für den Vectron um den Faktor 2 bis 10 kleiner als beim Altfahrzeug. Damit ist ein deutlich verringerter Schienenverschleiß durch den Vectron zu erwarten.

Um die Fahrwegbelastung in weiteren Szenarien zu untersuchen, werden Mehrkörpersystemsimulationen verwendet. Die Plausibilisierung der Modelle mit den Feldversuchen zeigt eine überzeugende Übereinstimmung bezüglich der Systemzustände und hinsichtlich schädigungsrelevanter Parameter. Damit ist die Mehrkörpersystemsimulation sehr gut zur Fahrwegschädigungsbewertung geeignet.

Auch in den hier betrachteten Szenarien zeigen die Weiterentwicklungen bei der Antriebsregelung von modernen Lokomotiven deutlich geringere Reibarbeiten und Temperaturen im Rad-Schiene-Kontakt. Zudem bestätigen die Untersuchungen an weiteren

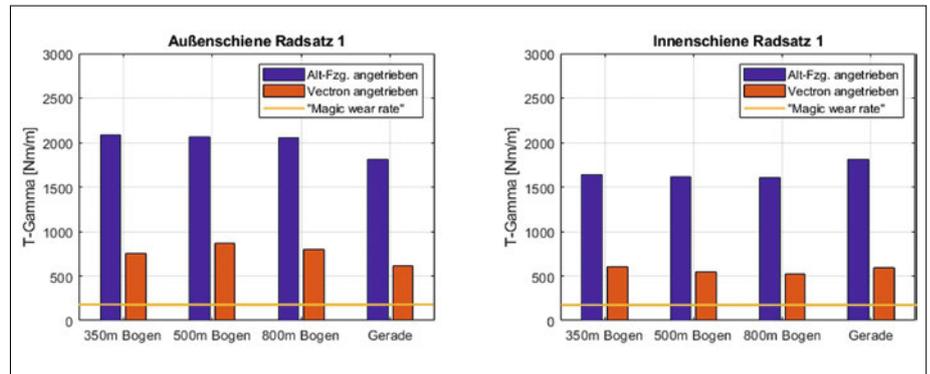


Abb. 9: Vergleich der berechneten spezifischen Reibarbeit (T-Gamma) beim Antreiben zwischen dem Altfahrzeug und dem Vectron für die Szenarien nach Tab. 2

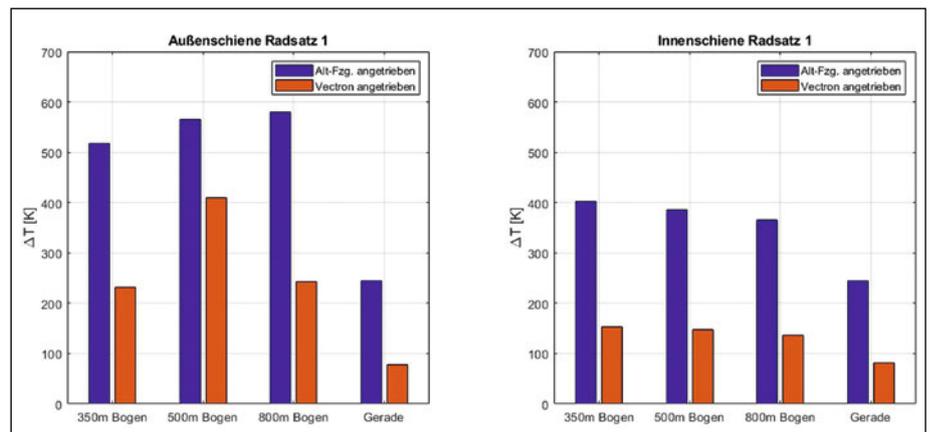


Abb. 10: Vergleich der berechneten Temperaturen im Rad-Schiene-Kontakt beim Antreiben zwischen dem Altfahrzeug und dem Vectron für die Szenarien nach Tab. 2

Bogen / Gerade [m]	Geschwindigkeit [km/h]	Querbeschleunigung aQ [m/s ²]	Überhöhung [mm]
350	80	0,43	150
500	80	0,43	85
800	80	0,43	30
Gerade	80	-/-	-/-

Tab. 2: Szenarien, die in den Parameterstudien für das Rollen und das Antreiben betrachtet wurden

typischen Szenarien, wie bereits in anderen Arbeiten publiziert, dass der Antrieb nicht für Rollkontaktermüdungsprobleme verantwortlich gemacht werden kann.

Die Feldversuche und die Parameterstudien zeigen ein klares Potenzial zur Reduktion der Fahrwegbelastung durch moderne Antriebsregelstrategien auf. Der Vergleich der Siemens Vectron-Plattform mit einem Siemens Altfahrzeug macht die erfolgreiche Umsetzung moderner Antriebsregelstrategien eindrucksvoll sichtbar. ■

QUELLEN

- [1] Krause, H.; Poll, G.: Wear of Wheel-Rail Surfaces, *Wear*, 113 (1986), S. 103-122
 [2] Archard, J. F.: Contact and Rubbing of Flat Surfaces, *Journal of Applied Physics*, Volume 24, Number 8 (1953), S. 981-988
 [3] Burstow, M.C.: Whole Life Rail Model Application and Development for

RSSB – Continued Development of an RCF Damage Parameter AEATR-ES-2004-880, Issue 2, 2004

[4] Johnson, K. L.: The Application of Shakedown Principles in Rolling and Sliding Contact, *European Journal of Mechanics – A/Solids*, Vol. 11, Special Issue (1992), S. 155-172

[5] Ekberg, A.; Kabo, E.; Andersson, H.: An Engineering Model for predicting Rolling Contact Fatigue of Railway Wheels, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials & Structures* 25 (2002), S. 899-909

[6] Six, K.; Meierhofer, A.; Trummer, G.; Bernsteiner, Ch.; Marte, Ch.; Müller, G.; Lubner, B.; Dietmaier, P.; Rosenberger, M.: Classification and Consideration of Plasticity Phenomena in Wheel-Rail Contact Modelling, *The International*

Journal of Railway Technology (IJRT), Vol 5, Issue 3, 2016, S. 55-77

[7] Bernsteiner, Ch.: Untersuchung von Mechanismen zur Entstehung des Schienenfehlers Squat, Dissertation, Technische Universität Graz, 2018

[8] Six, K.: Schadensbilder auf der Schiene, ÖVG Arbeitsgruppe Rad-Schiene Interaktion und dynamische Fahrzeug-Fahrweg Wechselwirkungen, Wien, 2012

[9] Ertz, M.: Temperatur, Materialbeanspruchung und Kraftschluss im Rad-Schiene-Kontakt, Forschungsbericht VDI-Reihe 12, Nr. 549, Düsseldorf 2003

[10] Six, K.; Rosenberger, M.; Marte, Ch.; Trummer, G.: Rad-Schiene Interaktion – Aspekte der Fahrzeug-Fahrweg Schädigung, ZEVrail 135 (2011) Tagungsband SFT Graz 2011, S. 8-17



Dr. Werner Breuer

Senior Principal Key Expert
 Locomotives
 Siemens Mobility GmbH, München
 werner.breuer@siemens.com



DI Dr. techn. Martin Rosenberger

Teamleiter Vehicle Dynamics,
 Acoustics & Analytics
 Siemens Mobility GmbH Österreich,
 AT-Graz
 martin.rosenberger@siemens.com

► 11.10. – 15.10.21

ITS World Congress, Hamburg • Heft Nr. 10/21

► 25. – 26.10.21

19. VDEI Fachtagung Telekommunikation,
 Fulda • Heft Nr. 10/21

► 19. – 20.01.22

66. VDEI Eisenbahntechnische Fachtagung,
 Leipzig • Heft Nr. 1/22

OKTOBER
2021

NOVEMBER
2021

JANUAR
2022

FEBRUAR
2022

► 11.– 12.11.21

21. Internationaler SIGNA+DRAHT-KONGRESS, Fulda • Heft Nr. 11/21

► 16.11. – 18.11.21

3. IRSA, Aachen • Heft Nr. 11/21

► 24.11. – 26.11.21

STUVA Expo 2021,
 Karlsruhe • Heft Nr. 11/21

► 15. – 16.02.22

24. EBA-Sachverständigentagung,
 Fulda • Heft Nr. 2/22

DER **EI**
 EISENBahn
 INGENIEUR

Wir sind dort, wo Ihre Kunden sind.

Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos: Silke Härtel • 040/237 14-227 • silke.haertel@dvvmedia.com



Höchste Präzision für Hochgeschwindigkeitsverkehr

Schienenschleifen von Schnellfahrstrecken verlangt die Einhaltung engster Toleranzen.

Speno bietet höchste Präzision gemäss vorgegebenen Normanforderungen – selbst für einen One Pass Grinding Prozess.

Erreichen Sie mehr Sicherheit und höheren Nutzen durch die Anwendung unseres strikt kontrollierten Schleifprozesses.

SPENO INTERNATIONAL

speno.ch



Der Rad-Schiene-Kontakt als Funktion der Radsatz-Querverschiebung

Berücksichtigung des Einflusses der elastischen Verformung im Kontaktbereich

RAINER FLEISS

Die Räder eines Schienenfahrzeuges haben eine konische Lauffläche, welche dafür sorgt, dass sich der Radsatz in der Geraden zentriert und nicht am Spurkranz anläuft. Durch Verschleiß ändert sich das Profil aber merklich, wodurch sich auch der jeweilige Abrollradius ändert. Auch das Schienenprofil verschleißt, und besonders in engen Kurven ist die Profiländerung innen und außen unterschiedlich. Beides beeinflusst das Laufverhalten und vor allem die Laufstabilität bei höheren Geschwindigkeiten. Diese Abhandlung berücksichtigt zum einen den tatsächlichen Kontakt von Rad und Schiene und zum anderen die (zumindest in Kurven) unterschiedlichen Profile beider Schienen. Der Kontakt Rad / Schiene ist infolge der Radlast nicht punktförmig, sondern flächig. Mithilfe eines Auswerteprogrammes wird ein integraler Berührungspunkt berechnet und somit der jeweilige effektive Rollradius bestimmt. Solange die Verschleißprofile von Rad und Schiene spiegelbildlich jeweils gleich sind, ist auch die Kurve der Radiendifferenz symmetrisch. Das gilt nicht mehr für unterschiedlichen Verschleiß beider Schienen. Dadurch wird die Kurve der Radiendifferenzen ebenfalls asymmetrisch. Das sollte in den einschlägigen Berechnungsprogrammen der Lauftechnik berücksichtigt werden.

Einleitung

Die Lage des Kontaktes von Rad und Schiene ist abhängig von der Stellung des Radsatzes im Gleis, dem Spurspiel und vor allem von der Geometrie des Rades und des Schienenkopfes. Diese Lage bestimmt den effektiven Rollradius der beiden Räder des Radsatzes und ist somit für das Laufverhalten des Fahrzeuges maßgeblich mitbestimmend.

In der Literatur [1] wird ein Verfahren beschrieben, wie für das ORE-Einheitsprofil des Rades und das Schienenprofil UIC 60 E 1 die Radiendifferenz und die Summe der Tangentensteigungen ermittelt werden können. Dieses Verfahren hat jedoch zwei Mängel:

- Es bezieht sich auf punktförmige Berührung und berücksichtigt nicht die elastische Verformung im Kontaktbereich, und
- es gilt nur für neue – also nicht verschlissene – Profile und gibt damit nicht den betrieblichen Alltag wieder.

Das diesbezügliche Resultat ist in Abb. 1 wiedergegeben. Das Verfahren, die Kontaktstellen rein geometrisch und punktförmig zu ermitteln, führt zu Unstetigkeitsstellen der Kurve über dem Querweg. Der Grund sind die unterschiedlichen Radien der Profiloberflächen von Rad und Schiene, sodass der Berührungspunkt bei Querbewegung springt.

Ein Eisenbahnrad ist jedoch ständig mit mindestens dem anteiligen Eigengewicht des Fahrzeuges belastet, sodass sich eine Hertzsche Kontaktfläche zwischen Rad und Schiene einstellt. Der Verlauf dieser Berührfläche

ist anders als bei reiner Punktberührung und wird in diesem Beitrag untersucht.

Eigener Ansatz

In einer Abhandlung [3] des Autors ist ein Verfahren beschrieben worden, wie man auf verhältnismäßig einfache Weise den Abstand zweier Flächen bestimmen kann. Dabei wird die jeweilige Oberfläche in Dreiecke zerlegt mit einer Seitenlänge von 0,2 ... 0,5 mm. Jedes Dreieck bildet eine Ebene, welche durch die Gleichung

$$A \cdot x + B \cdot y + C \cdot z = D$$

definiert ist. Diese Gleichung in der Hesseschen Normalform lautet in Komponentenschreibweise

$$x \cdot \cos \alpha + y \cdot \cos \beta + z \cdot \cos \gamma - q = 0$$

Setzt man die Koordinaten x_p , y_p und z_p eines beliebigen Punktes P in diese Gleichung ein, so erhält man den Abstand dieses Punktes von der Ebene. Wenn man diesen Abstand negativ wählt, erhält man punktweise eine Kontaktfläche ähnlich der Hertzschens Pressung. Mit diesem Verfahren lassen sich also die Lage und der Mittelpunkt der Kontaktfläche bestimmen, nicht jedoch die Hertzsche Pressung selber. Diese wird aber für die hier beschriebene Aufgabe nicht benötigt.

Über den Mittelpunkt des Kontaktes lässt sich der aktuelle Raddurchmesser bestimmen und somit die Differenz der Radien beider Räder. Diese Kenntnis ist für die Theorie der Lauftechnik von Schienenfahrzeugen von großer Bedeutung.

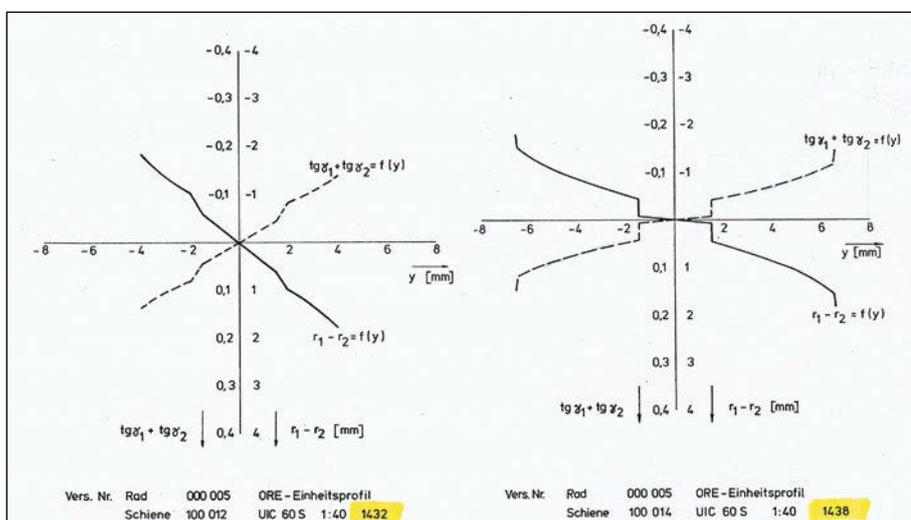


Abb. 1: Radiendifferenz und Summe der Steigungen nach Nefzger [1] Quelle aller Abb.: eigene Darstellung

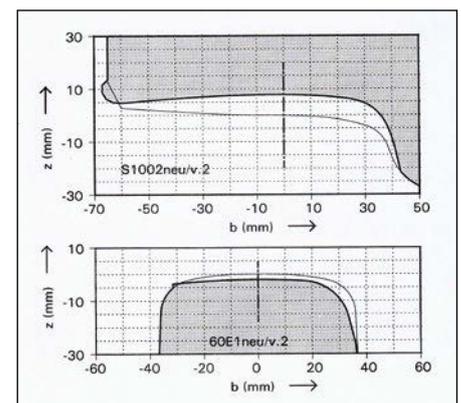


Abb. 2: Profile im Neu- und Verschleißzustand

Durchführung

Für jeweils zwei Profilformen des Radprofils S1002 und des Schienenprofils UIC 60 E 1 wird diese Untersuchung durchgeführt. Dafür wurde ein geeignetes EDV-Programm entwickelt. Abb. 2 zeigt die beiden Profile in ihrem neuen und verschlissenen Zustand (geschwärzt). Index *neu* ist selbsterklärend, *v.2* bedeutet verschlissen. Das verschlissene Radprofil ist ein Hohlprofil mit ausgeprägter Kehle, was zu einem größeren Flankenwinkel des Spurkranzes führt. Die verschlissene Schiene ist unsymmetrisch mit einem veränderten Flankenwinkel auf der einen Seite. Das ist charakteristisch für die Außenschiene in einem Gleisbogen, wenn der Spurkranz an der Flanke des Schienenkopfes anläuft und im Zuge zahlloser Überrollungen die Flanke anfräst.

Ergebnisse

Abb. 3 dient zur Veranschaulichung der Lage der Radsätze eines zweiachsigen Drehgestells im Gleis bei Bogenfahrt und zwar mit jeweils verschlissenen Profilen. Normalerweise stellt sich im engen Bogen eine Spießgangstellung ein, d. h. der führende Radsatz läuft an der Außenschiene an und der nachlaufende an der Innenschiene. Das jeweils linke Schienenprofil

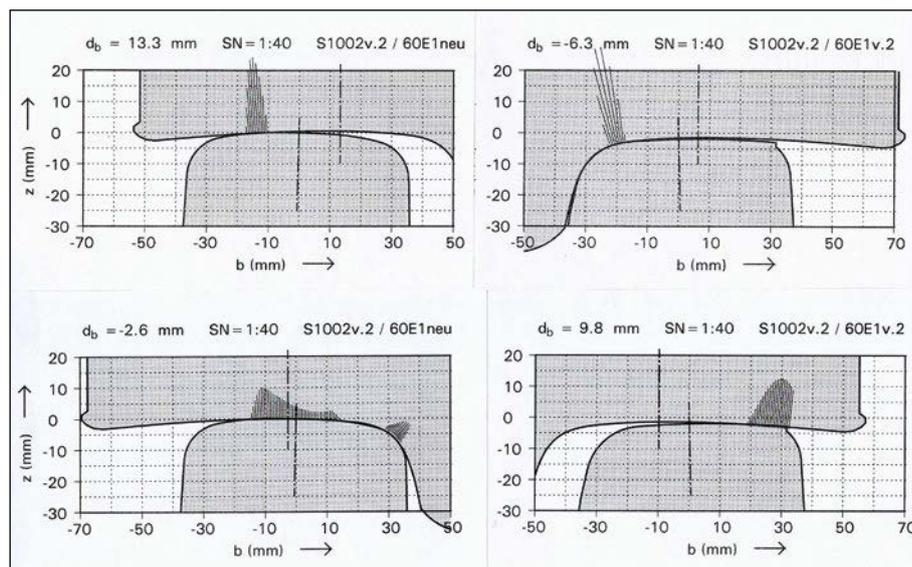


Abb. 3: Lage der Räder bei Kurvenfahrt. Oben: Anlauf an der Außenschiene, unten: Anlauf an der Innenschiene

ist zwar neu, doch die Profile der Innenschienen verschleissen im Gegensatz zur Außenschiene nahezu symmetrisch. Somit ist der Unterschied zum leicht verschlissenen Profil in

seiner Auswirkung auf die Lage des Kontakts vernachlässigbar. Bemerkenswert ist auch das vergrößerte Spurspiel infolge des Verschleißzustandes beider Kontaktpartner.



cideon engineering - die Möglichmacher.

Die Schiene ist das Rückgrat der Mobilität von morgen. Dafür braucht es Experten mit Erfahrung. Unsere Kompetenzen:

- ◆ Consulting: Damit der Zug rollt
- ◆ Mechanik: Ganzheitlicher Ansatz
- ◆ Elektrik, Steuerungen & Software: Richtungsweisende Technologien
- ◆ Onsite-Engineering: Flexibilität für unsere Kunden



Profitieren Sie von unserer Erfahrung und bringen wir gemeinsam die Züge ins Rollen.

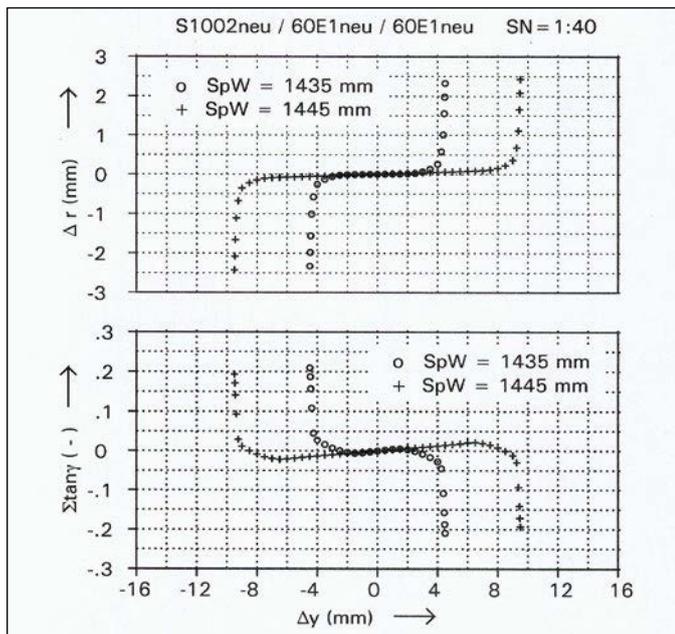


Abb. 4: Radiendifferenz und Summe der Tangentensteigungen bei neuen Profilen

Abb. 4 zeigt die Differenz der Rollradien

$$\Delta r = r_i - r_a$$

und die Summe der Tangentensteigungen

$$\Sigma \tan \gamma = \tan \gamma_i + \tan \gamma_a$$

über der Querverschiebung Δy des Radsatzes. Diese Abbildung gilt für jeweils neue Profile. Erwartungsgemäß ist der Verlauf symmetrisch und zeigt im Gegensatz zur punktförmigen Ermittlung in [1] bzw. [2] keine Unstetigkeiten und eine wesentlich geringere Anfangssteigung. Diese Kurve ist für normale Spurweite sowie Spurerweiterung von 10 mm berechnet worden und suggeriert, dass man bei etwas über 4 mm Querverschiebung (SpW=1435 mm) eine Radiendifferenz $\Delta r > 1,5$ mm erreichen könnte. Das ist aber nur bei sehr großen Querkräften möglich, die betrieblich nicht erreicht werden (dürfen). Eine freie Seitenbeschleunigung von beispielsweise 1 m/s^2 ergibt rechnerisch eine Querverschiebung von $-2,6$ mm und somit eine Radiendifferenz am Radsatz von etwa $0,2$ mm.

Soll ein Radsatz bei einem Gleisradius von beispielsweise 250 m kinematisch einwandfrei rollen, so ist bei einem Raddurchmesser von 920 mm eine Radiendifferenz von 2,75 mm erforderlich, bei größeren Rädern entsprechend mehr. Somit ist klar, dass bei der Profilpaarung ORE S1002/UIC 60 E 1 (jeweils neu) erst bei erheblich größeren Gleisradien ein selbststeuerndes Fahrwerk funktionieren kann. Durch eine Zwangsführung der Radsätze lässt sich zwar eine Radialausrichtung erreichen, nicht jedoch ein schlupffreier und damit verschleißbarer Lauf.

Ein symmetrischer Verlauf der Kurven Δr und $\Sigma \tan \gamma$ ist nicht mehr gegeben, wenn eine Schiene einseitigen Verschleiß aufweist.

Abb. 5 zeigt diesen Zustand mit verschlissenen Radprofil und verschlissenen Profil der Außenschiene. Dadurch ändern sich die Kurven in mehrfacher Hinsicht:

- die Steigung ändert sich,
- der Verlauf ist asymmetrisch,
- verschleißbedingt vergrößert sich das Spurspiel, und
- bei einer Verschiebung von etwa 6 mm tritt ein Sprung der Kontaktfläche ein.

Das verschlissene Profil des Radsatzes wird bei beiden Rädern als gleich angenommen. Dadurch erhöht sich das Spurspiel in beiden Richtungen um etwa 2 mm. Der asymmetrische Verschleiß der Schiene vergrößert das Spurspiel einseitig um weitere 4 mm. Die Radiendifferenz im betrieblichen Bereich ist zwar mit etwa 1 mm erheblich größer als bei neuen Profilen, aber der Verlauf ist deutlich anders: Zum einen gibt es einen Sprung bei $\Delta y = 6$ mm, und zum anderen ist die Steigung im linken Teil der Kurve negativ. Wie sich diese Charakteristik lauftechnisch auswirkt, ist schwer zu beurteilen; möglicherweise führt es zu instabilem Lauf.

Die Kurven enden abrupt und ohne Richtungsänderung, wie dies Abb. 4 zeigt. Das liegt daran, dass die Hohlkehle des Rades und die Kante des Schienenkopfes nahezu gleiche Kontur haben (vgl. Abb. 3 oben) und der Spurkranz quasi am Anschlag liegt. Dadurch entsteht ohne Übergang ein zweiter Kontakt an der Spurkranzflanke zusätzlich zur Radaufstandsfläche.

Ausblick

Die hier verwendeten Verschleiß-Profilpaare sind Vorlagen aus der Literatur, z. B. [4],

nachgebildet und möglicherweise nicht allgemeingültig. Es wäre wünschenswert, dass sich z. B. die ORE dieses Themas annähme und für mittleren und schweren Verschleiß Musterprofile definieren würde. Diese könnten dann der hier vorgestellten Berechnung zugrunde gelegt und in die entsprechenden Lauftechnikprogramme implementiert werden. ■

QUELLEN

- [1] Nefzger, A.: Geometrie der Berührung zwischen Radsatz und Gleis, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 3/1974, S. 113-121
- [2] Nefzger, A.; Bergander, B.: Das Zusammenwirken von Rad und Schiene, ETR, 1+2/1985, S. 93-104
- [3] Fleiss, R.: Der Rad/Schiene-Kontakt bei unterschiedlichen Betriebsparametern, EI – DER EISENBÄHNINGENIEUR, 12/2015, S. 12-19
- [4] Müller, R.; Diener, M.: Verschleißerscheinungen an Radlaufflächen von Eisenbahnfahrzeugen, ZEV+DET Glas. Ann., Nr. 6/1995, S. 177-192

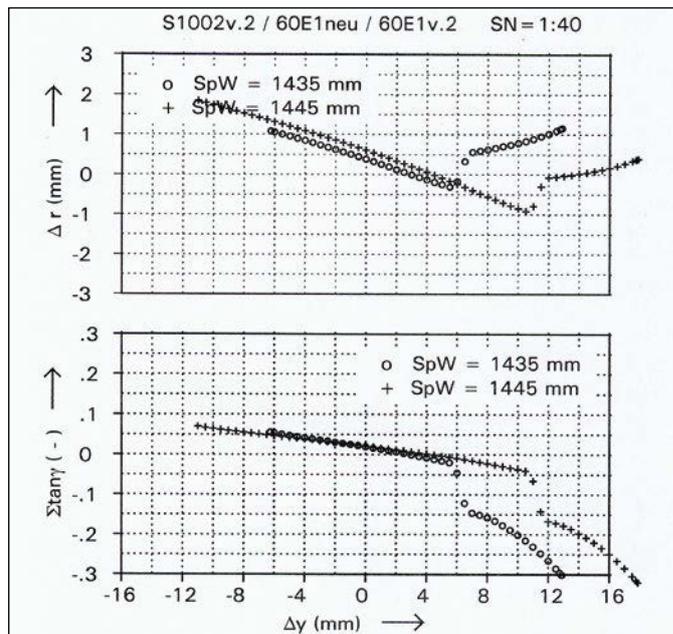


Abb. 5: Radiendifferenz und Summe der Tangentensteigungen bei verschlissenen Profilen



Dr.-Ing. Rainer Fleiss

Berechnungs- und Versuchingenieur im Ruhestand
Kronberg
rainer.fleiss@t-online.de

Rad-Schiene-Kontaktoptimierung mittels Schienenfräsen

Über die kontaktmechanische und werkstoffliche Optimierung der Schienen im Gleis nach der Fräsbearbeitung zur Verlängerung der Liegedauer

WILHELM KUBIN

Durch Erhöhung der Zugfrequenz, Achslasten und Zuggeschwindigkeiten werden Schienen in wesentlich kürzeren Zeitintervallen weit mehr und vielfältigeren Lastsituationen ausgesetzt als je zuvor. Um das Rad-Schienen-System in einem voll funktionstüchtigen, sicheren und optimalen Zustand zu halten und die Lebensdauer zu maximieren, müssen Schienen regelmäßig gewartet werden. Heutzutage können Infrastrukturmanager zwischen verschiedenen etablierten Strategien und Technologien auswählen, um die zyklisch entstehende kontaktmechanische Veränderung der Schiene kontrollieren zu können. Unter kontaktmechanische Veränderungen fallen sowohl Rollkontaktermüdung als auch Verschleiß und plastische Materialverformung. Schienenfräsen ist die optimale Lösung, um diesen Problemen entgegenzusteuern.

Die Technologie Schienenfräsen

Aufgrund der sehr hohen Fertigungsgenauigkeit und der sehr guten Oberflächenqualität ist das Fräsen von metallischen Werkstücken in der Industrie als ordentlicher Fertigungsprozess seit dem 19. Jahrhundert etabliert und ersetzt Schritt für Schritt den reinen Schleifprozess in vielen Anwendungen. Mobiles Schienenfräsen ist eine relativ neue Technologie, welche vor 27 Jahren von der österreichischen Firma Linsinger Maschinenbau Gesellschaft m.b.H. eingeführt wurde. Schienenfräsen ist ein trockener und rotierender Zerspanungsprozess, bei welchem der angetriebene Messerkopf, bestückt mit einer Vielzahl an Hartmetall-Schneidplatten, über die im Gleis liegende Schiene verfährt und diese dabei bearbeitet. Das abgetragene Material wird in Form von Spänen auf der am Gleis fahrenden Maschine gesammelt und in einem Bunker aufbewahrt, damit diese in weiterer Folge recycelt werden können. Das benötigte Schienenprofil (z. B.: UIC60 E2 1:40) für die Wiederherstellung der optimalen kontaktmechanischen Bedingungen ist definiert über die Form des Messerkopfes und die Anordnung der einzelnen Hartmetall-Schneidplatten. Jedes beliebige Schienenprofil kann realisiert werden, dabei ist es sogar teilweise möglich, mehrere Profile in einem Messerkopf zu kombinieren und durch Tausch einzelner Plattenspurten zwischen ihnen zu wechseln.

Das Schienenfräsen ist ein funken- und staubfreier Prozess, der es erlaubt, ohne besondere Vorkehrungen in umweltsensiblen Bereichen, wie z. B. Tunneln, Stationen oder Bereichen mit besonderen feuerschutztechnischen Einschränkungen, zu arbeiten. Die entstehende Prozesswärme wird über die Hartmetall-Schneidplatten in den Messerkopf und über die abgetragenen Späne abgeführt [1]. Entgegen den anderen Bearbeitungstechnologien kommt es dabei zu keinerlei Wärmeeintrag, der in der bearbeiteten Schiene zu einer Gefügetransformation im Material führen kann, den sogenannten „weißen Schichten“, welche eine martensitische Mikrostruktur aufweisen können [1, 2, 3].

Durch das Fräsen der Schienen entsteht eine für den Prozess charakteristische periodische Oberflächenstruktur, auch Fräsfacetten genannt, welche zu einem temporären rein akustischen Effekt, dem „Singen“ der Schiene, bei der Überrollung führen kann. Abhängig von den Achslasten der fahrenden Züge verschwindet dieser Effekt nach kurzer Zeit. Um diesen Effekt sofort zu beseitigen und die akustische Emission grundsätzlich zu unterdrücken, vor allem in urbanen Gebieten, sind Schienenfräsmaschinen mit einer Umfangschleifeinheit ausgestattet. Mit dieser wird ein nachfolgender Schleifprozess durchgeführt, bei welchem ein Materialabtrag von ca. 0,02 mm erzielt wird. Die charakteristische periodische Oberflächenstruktur auf der gefrästen Schiene wird somit geglättet, und eine störende akustische Emission ist damit vollständig unterbunden.

Ablauf und Bearbeitungszustände beim Schienenfräsen

Abb. 1 zeigt den schematischen Ablauf der Schienenbearbeitung mittels Fräsen. Dargestellt ist ein Messerkopf und eine Schleifscheibe mit den verschiedenen Bearbeitungszuständen auf der Schiene (von links nach rechts). Der erste Zustand, in rot markiert, zeigt die unbearbeitete Schiene mit etwaigen Defekten und Verschleißzuständen. Sowohl die Profilabweichungen als auch die Defekttiefen werden vorab gemessen, um den Materialabtrag so einzustellen, dass eine defektfreie und profiltreue Schiene nach der Bearbeitung garantiert werden kann, ohne die Liegedauer der Schiene durch zu großen Materialabtrag zu reduzieren. Der zweite Zustand, in gelb markiert, zeigt die Schienenoberfläche nach dem reinen Fräsprozess. Die Defekte und Schädigungen wurden rückstandslos entfernt und das Schienenprofil wurde komplett wiederhergestellt. Somit wurde der kontaktmechanische Zustand der Schiene schon nach dem ersten Prozessschritt optimiert und ein besserer Zustand erreicht als eine neuwertige Schiene, welcher nachfolgend genauer gezeigt wird. Man kann von einem besseren Zustand reden, da die bearbeitete Schiene im Gleis eine höhere Profiltreue besitzt als eine direkt aus der Produktion stammende Schiene. Zusätzlich besitzt die bearbeitete Schiene auch keine „Walzhaut“ (randentkohlte Zone) mehr, welche infolge der Produktion bei einer neuen Schiene nahezu immer vorhanden ist.

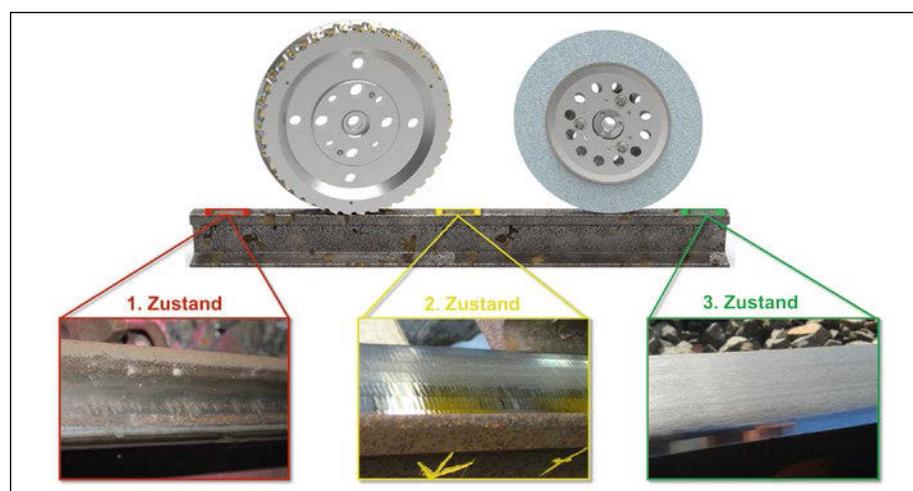


Abb. 1: Der schematische Ablauf des Schienenfräsprozesses mit den verschiedenen aufeinanderfolgenden Bearbeitungszuständen

Quelle aller Abb.: eigene Darstellung

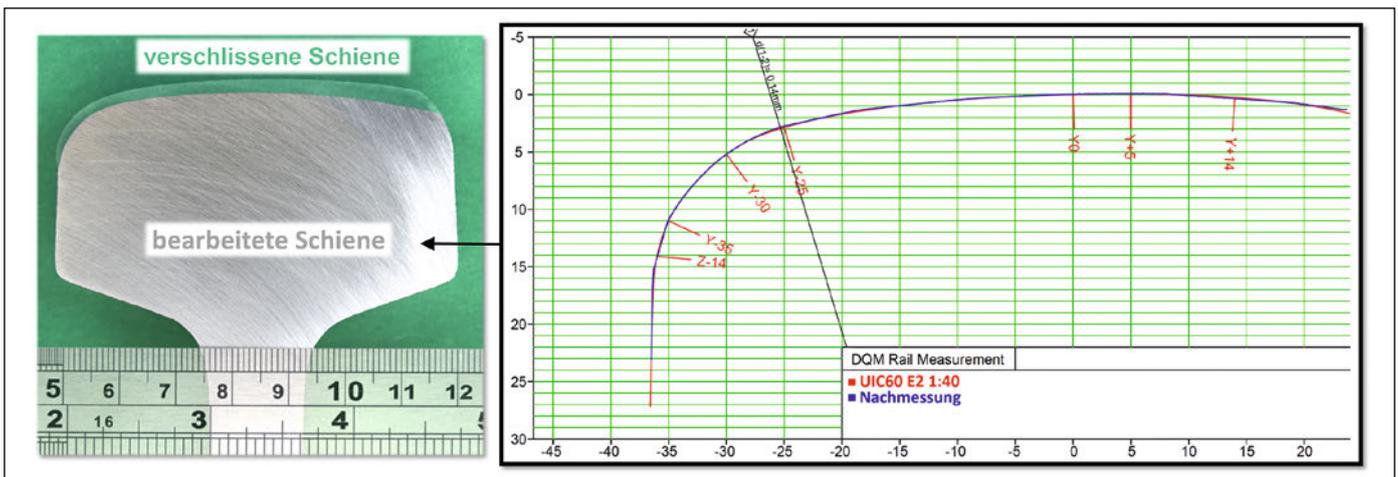


Abb. 2: Eine un bearbeitete und verschlissene Schiene (in leicht grün transparent im Hintergrund) und die bearbeitete Schiene (in grau im Vordergrund) mit einer Vergleichsmessung zwischen Soll- und Ist-Querprofil nach der Bearbeitung

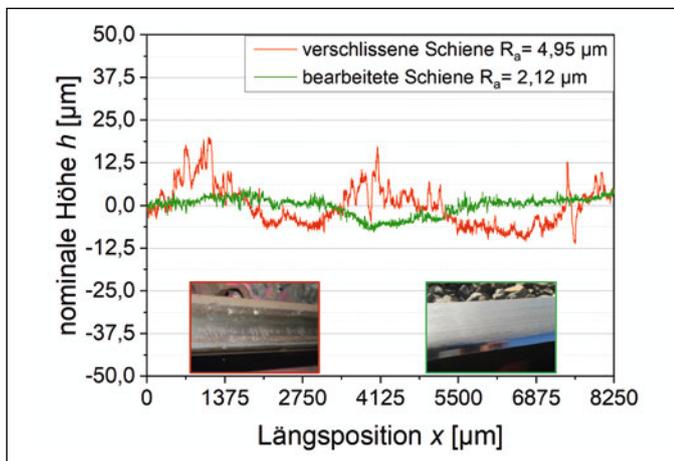


Abb. 3: Längsrauigkeitsmessungen einer verschlissenen Schiene und einer mittels Fräsen bearbeiteten Schiene mit den dazugehörigen R_a -Werten

Der dritte Zustand, in grün markiert, zeigt die fertig bearbeitete Schiene nach dem sanften akustischen Schleifprozess. Erkennbar ist eine gleichmäßige und homogene Oberflächenstruktur auf der Schiene, welche nach der gesamten Fräsbearbeitung im Gleis hinterlassen wird. Nachlaufende, maschinenintegrierte Messungen von Querprofil, Längsrauigkeit und Defektiefen bestätigen den verbesserten und funktionstüchtigen Zustand der im Gleis verlegten Schienen.

Kontaktmechanische Verbesserung einer bearbeiteten Schiene

Um den kontaktmechanischen Zustand einer un bearbeiteten und verschlissenen Schiene optimieren zu können, muss man genau wissen, wie das Zusammenspiel zwischen Rad und Schiene funktioniert.

Ein entscheidender Punkt dafür ist die Konformität der Querprofile von Rad und Schiene, damit gewährleistet werden kann, dass die Kontaktfläche eine einheitliche Fläche ergibt und nicht auf mehrere Flächenanteile aufgeteilt wird. Dies kann nur dann erzielt werden, wenn das benötigte Schienenprofil so genau wie möglich wieder-

dargestellt in leicht transparenter, grüner Farbe im Hintergrund, und die bearbeitete Schiene in einer grauen Farbe im Vordergrund. Im dargestellten Fall kann man erkennen, dass ein Materialabtrag von 4 mm benötigt wurde, um eine profilgetreue und defektfreie Schiene wiederherzustellen. Die Profilabweichung der verschlissenen Schiene kann daran erkannt werden, dass der Materialabtrag über das gesamte Querprofil nicht konstant ist. Auf der rechten Seite der Abb. 2 ist eine typische Nachmessung des Querprofils dargestellt. Diese zeigt die exakte Abweichung des Ist-Profiles nach der Bearbeitung (blau) zum Soll-Profil (rot), in diesem speziellen Fall ein UIC60 E2 1:40 Profil. Die maximale Abweichung beträgt 0,14 mm, welche unterhalb der erlaubten Toleranzen nach Norm EN 13231-3 liegt. Somit kann mittels der Fräsbearbeitung dafür gesorgt werden, dass das Querprofil einer Schiene den optimalen kontaktmechanischen Zustand erreicht und das Bestmögliche zur Konformität zwischen Rad und Schiene beiträgt. Dies reduziert die kontaktmechanische Belastung der Schiene und verlängert deren Liegedauer enorm.

hergestellt wird. Jeder Infrastrukturmanager hat seine eigenen Vorgaben und Richtlinien, welche Profilkombinationen zwischen Rad und Schiene in deren Gleisen verwendet werden dürfen. Vom Instandhalter muss gewährleistet werden, dass das benötigte und vorgeschriebene Schienenprofil so genau wie möglich wiederhergestellt wird. Abb. 2 zeigt auf der linken Seite eine un bearbeitete und verschlissene Schiene,

Ein weiterer wichtiger Punkt zur Kontaktoptimierung und Verlängerung der Liegedauer einer Schiene ist die Oberflächenbeschaffenheit in Längsrichtung. Je gleichmäßiger die Oberflächenbeschaffenheit einer Schiene ist, umso länger können Defekte als Folge dynamischer Erregerkräfte wie z.B. Riffelbildung vermieden werden. Abb. 3 zeigt eine Längsrauigkeitsmessung einer verschlissenen Schiene (in roter Farbe) und einer bearbeiteten Schiene (in grüner Farbe). Der arithmetische Mittenrauigkeitswert R_a reduziert sich von 4,95 µm (verschlissene Schiene) auf 2,12 µm (bearbeitete Schiene). Mittels der Fräsbearbeitung kann ein R_a -Wert von unter 5 µm ohne Weiteres und kontinuierlich erreicht werden, was laut der Norm EN 13231-3 der Hälfte des erlaubten arithmetischen Mittenrauigkeitswerts R_a von 10 µm entspricht.

Nicht nur der R_a -Wert ist ein entscheidender Faktor, sondern auch die maximale vertikale Differenz zwischen der höchsten Rauigkeitsspitze und dem tiefsten Rauigkeitstal über das gesamte gemessene Längsprofil (maximale Rautiefe R_{max}). Anhand Abb. 3 können die Unterschiede der Profile im verschlissenen und bearbeiteten Zustand sehr gut identifiziert werden. Bei der verschlissenen Schiene (rot) können maximale Rautiefen von etwas mehr als 25 µm erkannt werden, welche wesentlich zur dynamischen Belastung und in weiterer Folge zu Schädigungen an Schiene und Rad beitragen können. Bei der mittels Fräsen bearbeiteten Schiene (grün) sieht man eine maximale Rautiefe von unter 12,5 µm, was dazu führt, dass die dynamischen Erregerkräfte, welche auf die Schiene und das Rad wirken, reduziert werden und so der kontaktmechanische und dynamische Belastungszustand verbessert wird.

Nicht nur die Konformität der Querprofile im Rad-Schiene-System und die Oberflächenbeschaffenheit in Längsrichtung der Schiene sind ausschlaggebend für die Kontaktoptimierung und Verlängerung der Liegedauer im Gleis, sondern auch das mikrostrukturelle Gefüge der Schiene ist entscheidend und muss somit berücksichtigt werden.

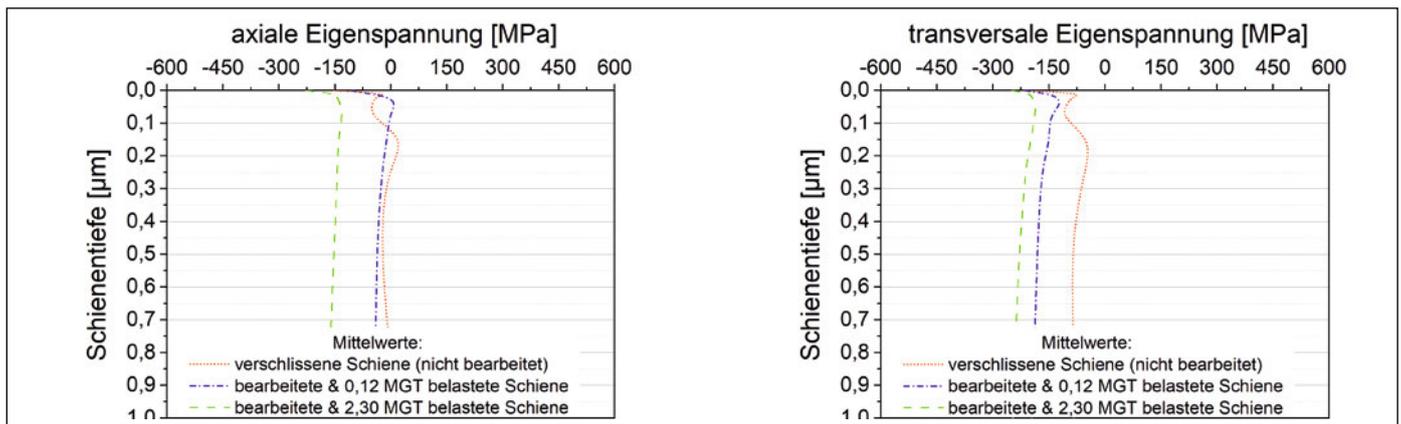


Abb. 5: Eigenspannungsverteilung verschiedener Schienenzustände, dargestellt bis zu einer Tiefe von einem Millimeter in a) axialer (längs) und b) transversaler Richtung (quer)

men und analysiert wurden. Die bearbeitete Schiene weist in Längs- und Querrichtung ein unbeeinflusstes und rein perlitisches Gefüge auf, d. h. das verformte und geschädigte Material wurde bei der Bearbeitung vollständig und rückstandslos entfernt. Somit kann die Schiene auch als besser als neuwertig angesehen werden. Das Ausbleiben einer Beeinflussung des Gefüges beweist auch, dass es während und nach der kompletten Fräsbearbeitung zu keinerlei Wärmeeintrag kommt und somit zu keiner Gefügetransformation im Material. Das unbeeinflusste und als neuwertig anzusehende Schienengefüge in Kombination mit der Konformität der Querprofile und der Oberflächenbeschaffenheit in Längsrichtung tragen dazu bei, dass die Kontaktdrücke über die Kontaktfläche optimal verteilt werden und so den kontaktmechanischen Zustand der im Gleis liegenden Schiene erheblich verbessern. Um die Langlebigkeit des optimalen kontaktmechanischen Zustands der bearbeiteten Schiene überhaupt validieren zu können, wurden zusätzlich zu den vorher angeführten Bearbeitungstests auch Versuche und Untersuchungen in befahrenen Gleisen bei einem europäischen Infrastrukturunternehmen durchgeführt [4]. Dafür wurden Eigenspannungen mittels Röntgendiffraktometrie (XRD-Messungen) sowohl auf verschlissenen/unbearbeiteten Schienenabschnitten als auch auf bearbeiteten und unterschiedlich stark überrollten/belasteten Schienenabschnitten gemessen und miteinander verglichen. Abb. 5a zeigt die über fünf Messpunkte gemittelten axialen Längs-Eigenspannungen, Abb. 5b die über fünf Messpunkte gemittelten transversalen Quer-Eigenspannungen, beides bis zu einer Tiefe von einem Millimeter. Die verschlissene/unbearbeitete Schiene (punktierete rote Linie) weist ein nahezu neutrales bis zu einem minimal in das Druckspannungsgebiet reichendes Eigenspannungsfeld auf. Die bearbeitete und mit nur 0,12 Mio. Bruttolasttonnen (MGT) belastete Schiene (strich-punktierete blaue Linie) zeigt eine leichte Verschiebung des Eigenspannungsfeldes in Druckspannungsrichtung.

Eine Belastung von 0,12 MGT entspricht einer Liegedauer von elf Tagen im Gleis, befahren mit üblichen Nahverkehrszügen. Bei einer Verlängerung der Überrolldauer im Gleis von elf Tagen auf sieben Monate (strichlierte grüne Linie) kommt es zu einer Erhöhung der Eigenspannungen in Druckspannungsrichtung sowohl axial (längs) als auch transversal (quer). Eine sieben Monate währende Überrolldauer in diesem Gleis mit Nahverkehrszügen entspricht einer Belastung von 2,30 MGT. Druckspannungen werden im Allgemeinen als vorteilhaft hinsichtlich Vermeidung der Rissentstehung und Verlangsamung des Risswachstums angesehen und sind somit sehr entscheidend für die Erhöhung der Schienenliegedauer [5]. Die niedrigeren/neutraleren Eigenspannungen, welche also negativ für das Verschleißverhalten von Schienen sind, können dadurch erklärt werden, dass es in einer rissbehafteten Schiene durch eine Rissflankenverschiebung zu einer Reduktion der Eigenspannungen kommt. Dies ist vorwiegend in transversaler Richtung erkennbar. Mittels zusätzlicher Wirbelstromuntersuchungen wurden in den verschlissenen/unbearbeiteten Schienenabschnitten Risse in einer Größenordnung von einem Millimeter gefunden, dies bekräftigt somit die getroffene Annahme einer Eigenspannungsreduktion an verschlissenen/unbearbeiteten und rissbehafteten Schienenoberflächen messtechnisch.

Zusammenfassung

Mobiles Schienenfräsen ist mittlerweile eine etablierte Instandhaltungstechnologie, welche wesentliche Vorteile bietet, um den kontaktmechanischen Zustand einer im Gleis liegenden Schiene zu verbessern und zu optimieren. Es findet eine zuverlässige und kontinuierliche Reprofilierung aufgrund des über den Messerkopf definierten Profils statt. Sowohl das Querprofil als auch die Längsrauigkeit der bearbeiteten Schienen werden sehr exakt und normgerecht wiederhergestellt, sodass die kontaktmechanische Belastung wieder gleichmäßiger über die optimierte Kontaktfläche

verteilt wird. Dadurch kommt es auch zu einer Reduktion des maximalen Kontaktdrucks, was dazu beiträgt, verschiedenste Verschleißerscheinungen hinauszuzögern oder sogar bei kontinuierlicher Bearbeitung zu unterdrücken. Durch das vollständige und rückstandslose Entfernen des verformten und geschädigten Materials von der Schienenoberfläche und das Einbringen von oberflächennahen Druckspannungen kann die bearbeitete Schiene sogar als besser als neuwertig angesehen werden. Es kommt zu keinerlei Wärmeeintrag in die bearbeitete Schiene und somit kann garantiert werden, dass keine Gefügetransformation stattfindet, also ein durch Reibwärme gebildeter Martensit entsteht (weiße Schichten). Somit führt das Schienenfräsen zu einer wesentlichen Verlängerung der Liegedauer einer Schiene im Gleis und somit zu einer massiven Kostensparnis im Vergleich zum Schienentausch. Zusätzlich kann ein voll funktionstüchtiger und sicherer Zustand der Schiene nach der mobilen Fräsbearbeitung garantiert werden, was ein entscheidender Punkt für jeden Infrastrukturmanager und Bahnbetreiber ist. ■

QUELLEN

- [1] Stock, R.; Schwarzenberger, R.; Kubin, W.: Rail milling as an integrated strategy for modern asset management, Proceedings von der CORE 2018 Konferenz (2018), Sydney, 10 p
- [2] Zhang, Z.Y.; Shang, W.; Ding, H.H.; Guo, J.; Wang, H.Y.; Liu, Q.Y.; Wang, W.J.: Thermal model and temperature field in rail grinding process based on a moving heat source, Appl Therm Eng, Vol. 106 (2016), S. 855-864
- [3] Steenbergen, M.: Rolling contact fatigue in relation to rail grinding, Wear, Vol. 256-357 (2016), S. 110-121
- [4] Kubin, W.: Improvement of the rail milling process & Evaluation of its potential for the reduction of rail defects, Diss., Montanuniversität Leoben, Österreich (2019)
- [5] Kubin, W.; Daves, W.; Stock, R.: Analysis of rail milling as a rail maintenance process: Simulation and experiments, Wear, Vol. 438-439 (2019)



Dr. mont. Wilhelm Kubin

R&D Tool Department
Linsinger Ges.mbH, AT-Steyrermühl
w.kubin@linsinger.com

18. Internationale Schienenfahrzeugtagung



22.-24. September 2021



**JETZT
FÜR DEN
LIVESTREAM
ANMELDEN!**

mit **48 internationalen
Fachvorträgen** in
vier parallelen
Tagungssektionen

In diesem Jahr
erstmals mit der
**Möglichkeit einer
digitalen Teilnahme**
über einen
Livestream

Programm und Anmeldung unter:

www.dvvmmedia-webinar.com/rad-schiene

Veranstalter:



Offizielle Medienpartner:



Die Wirkungsbezogene Gleislagebeurteilung

Ein neues Beurteilungsverfahren für die Gleislagequalität (Teil 1)

DIRK NICKLISCH | MANFRED ZACHER |
BOHDANA SLOVÁK

Die Wirkungsbezogene Gleislagebeurteilung (WGB) ist ein neues Verfahren, das die Gleislagequalität anhand der hervorgerufenen Fahrzeugreaktionen bewertet. Dabei werden die Beurteilungsmaßstäbe für die Fahrsicherheit, die Fahrbahnbeanspruchung und den Fahrkomfort nach EN 14363 bzw. nach DB-Richtlinie (Ril) 821.2002 verwendet. Bei der WGB werden die Fahrzeugreaktionen, die durch das Befahren von Gleislagestörungen ausgelöst werden, anhand von validierten Fahrzeugmodellen berechnet. Ausgangsbasis für die WGB ist die formtreu gemessene Gleisgeometrie, die in äquivalente Einzelfehler zerlegt wird. Weitere Eingangsgrößen sind die örtlich zulässige Fahrgeschwindigkeit und die gemessenen Trassierungsparameter Krümmung und Überhöhung. Die Gleislagebeurteilung erfolgt dann mithilfe zuvor in umfangreichen Simulationsrechnungen ermittelter Bewertungsmatrizen, die für verschiedene Fahrzeugtypen und Geschwindigkeitsklassen den Zusammenhang zwischen den genannten Eingangsgrößen und der maximal zu erwartenden Fahrzeugreaktion angeben.

Mit dieser Vorgehensweise wird einerseits eine gute Approximation der Fahrzeugreaktion erzielt, andererseits erfolgt die Bewertung der Gleisgeometrie sehr schnell und effizient. Ziel des Verfahrens ist eine verbesserte Identifikation der für das Fahrverhalten der Fahrzeuge

und die Beanspruchung des Fahrwegs relevanten Störstellen im Gleis und somit ein zielgerichteter Einsatz der begrenzten Instandsetzungsressourcen und dafür erforderlicher, betrieblicher Kapazitätsbedarfe.

Ausgangslage

Die Gleisgeometrie ist ein maßgeblicher Parameter für das Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg. Ziel der Gleisgeometriebeurteilung ist vor allem die Gewährleistung eines sicheren und komfortablen Fahrzeuglaufs. Deshalb ist die regelmäßige Inspektion und Bewertung der Gleisgeometrie unerlässlich. Die damit verbundenen Instandhaltungsmaßnahmen für die Korrektur der Gleisgeometrie sollten streng am Fahrverhalten der Fahrzeuge ausgerichtet sein. Es versteht sich von selbst, dass aus wirtschaftlichen Gründen Instandhaltungsmaßnahmen nur dort durchzuführen sind, wo die Fahrzeugreaktionen (Kräfte zwischen Rad und Schiene, Beschleunigungen im Fahrzeugkasten) es erfordern.

Bei der Inspektion der Gleisgeometrie werden die Beurteilungsparameter (vertikale und laterale Lage der rechten und linken Schiene, Spurweite, gegenseitige Höhenlage und Verwindung) mit Gleismessfahrzeugen gemessen. Für die Beurteilung werden bei den meisten Bahnen weltweit üblicherweise nur die Amplituden der einzelnen Parameter betrachtet. Form und Länge der Gleislagefehler werden nicht berücksichtigt, obwohl diese Eigenschaften das dynamische Verhalten der Fahrzeuge wesentlich beeinflussen. Es ist aus eigener Anschauung unmittelbar einsichtig, dass bei gleicher Fahrgeschwindigkeit z. B. ein 10 mm großer Gleislagefehler mit einer Fehler-

wobei sich die Beurteilungsparameter Längs- und Pfeilhöhe (= vertikale und laterale Lage der Schienen) historisch bedingt auf die Wandersehnennesssignale der alten Gleismesstriebzüge (GMTZ) beziehen. Diese Messsignale geben die reale Gleisgeometrie in Form und Amplitude verzerrt wieder (Abb. 1) und sind auf einen Fehlerlängenbereich von etwa 3–25 m beschränkt. Die in der Ril 821.2001 angegebenen Beurteilungsmaßstäbe beruhen nicht auf einer physikalischen Herleitung, sondern wurden auf der Basis von Erfahrungswissen empirisch festgelegt. Ein weiterer Nachteil des aktuell verwendeten Beurteilungsverfahrens ist, dass jeder Beurteilungsparameter für sich allein bewertet wird, ohne die Effekte aus der örtlichen Überlagerung mehrerer Beurteilungsparameter zu berücksichtigen. Außerdem geht die lokal vorhandene Trassierung nicht in die Bewertung ein, obwohl sich dieselben Gleislagefehler im Gleisbogen deutlich stärker auf das Fahrzeugverhalten auswirken können als im geraden Gleis.

Um die Einflüsse aus langwelligen Gleislageabweichungen (einschließlich Trassierung) sowie aus der Rad-Schiene-Berührgeometrie zu erfassen, werden bei der DB Netz auf Schnellfahrstrecken ($v > 160$ km/h) und auf Strecken mit Neigetechnikbetrieb (NeiTech) zusätzlich zur Inspektion der Gleisgeometrie Fahrtechnische Inspektionen mit den Referenzfahrzeugen ICE-S bzw. VT 612 gemäß Ril 821.2002 [2] durchgeführt. Dabei werden die oben genannten Fahrzeugreaktionen gemessen und bewertet. Für eine korrekte Beurteilung der Fahrzeugreaktionen muss die Prüfgeschwindigkeit bei der Fahrtechnischen Inspektion mindestens 90 % der örtlich zulässigen Geschwindigkeit betragen. Dies erfordert eine sorgfältige Planung der Fahrtechnischen Inspektionen, und evtl. vorhandene Langsamfahrstellen müssen vorab beseitigt oder kurzfristig aufgehoben werden.

Beschreibung des WGB-Verfahrens

Der Grundgedanke der WGB, dass für die Gleisinstandhaltung die Wirkung der Gleisgeometrie auf Fahrzeuge und Fahrweg maßgebend ist, war bereits Ausgangspunkt für das von Hehenberger entwickelte Störgrößen-Reaktionsverfahren (SR-Verfahren) [3]. Die daraus abgeleiteten Beurteilungsmaßstäbe SR_A , SR_{100} und SR_{lim} [9] orientieren sich an dem noch vorhandenen Abnutzungsvorrat einer Anlage gemäß DIN 31051 [4].

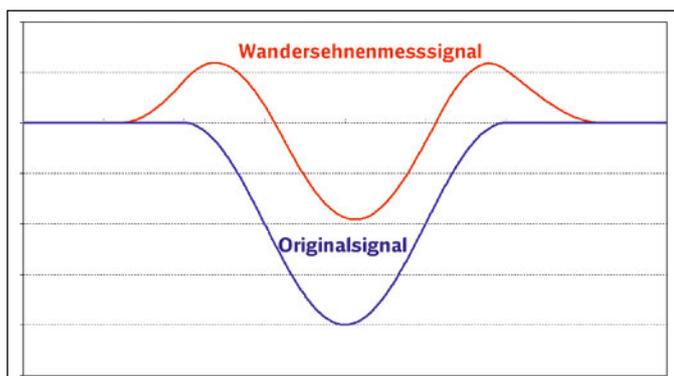


Abb. 1: Originalsignal und Wandersehnensignal eines Gleislagefehlers. Das Wandersehnensignal ist von der Fehlerlänge, der Sehnellänge und der Sehnenteilung abhängig.

länge von 10 m größere Fahrzeugreaktionen auslöst als ein gleich großer Gleislagefehler mit einer Fehlerlänge von 20 m. Darüber hinaus werden bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit Gleislagefehler mit größeren Fehlerlängen für die Fahrzeugreaktionen relevant. Bei der DB Netz AG erfolgt die Beurteilung der Gleisgeometrie gemäß der Ril 821.2001 [1],

Nach [3] dienen die gemessenen Gleisgeometrieparameter als Eingangsgröße für lineare Fahrzeugmodelle, die das Fahrverhalten mittels Übertragungsfunktionen beschreiben. Die berechneten Größen werden dann nach EN 14363 [5] beurteilt. Allerdings waren damals die Prognosen für die Fahrzeugreaktionen aufgrund der rein linearen mechanischen Fahrzeugmodelle noch ziemlich ungenau und die Rechenzeiten aufgrund der geringen Rechenleistung inakzeptabel.

Bei der WGB werden die Fahrzeugreaktionen, die durch das Befahren von Gleislagestörungen ausgelöst werden, anhand von validierten Fahrzeugmodellen berechnet. Die verwendeten Fahrzeugmodelle wurden mit dem kommerziellen Berechnungsprogramm Simpack erstellt und berücksichtigen die nichtlinearen mechanischen Eigenschaften wie z.B. den Rad-Schiene-Kontakt, degressive Dämpferkennlinien, Anschläge zur Begrenzung der Wagenkastenaußenlenkung, vorhandene Reibelemente etc. Da die Simulation der Fahrzeugreaktionen aufgrund von nichtlinearen mechanischen Eigenschaften der Fahrzeuge sehr zeitintensiv ist – insbesondere bei Güterwagen kann aufgrund zahlreicher Reibelemente wie z.B. Lenoir-Dämpfern, Gleitstücken, Blattfedern und Schaken die Simulation für über 100 km Gleis etliche Stunden dauern –, erfolgt die Beurteilung der Gleisgeometrie bei der WGB anhand von einmalig vorab erstellten Bewertungsmatrizen. Dazu wird das dynamische Verhalten repräsentativer Fahrzeuge bei der Fahrt über vordefinierte Gleislageabweichungen simuliert. Neben der Fehleramplitude und der Fehlerlänge der Teststörgrößen werden in den Simulationen auch die Fahrgeschwindigkeit und die Trassierungsbedingungen variiert sowie verschiedenste Überlagerungsfälle

von vertikalen und horizontalen Anregungen betrachtet. Die jeweils ermittelten Maximalwerte der Fahrzeugreaktionen werden in den Bewertungsmatrizen abgelegt, die dann zur schnellen Approximation und Bewertung der Fahrzeugreaktionen zur Verfügung stehen.

Bei der eigentlichen Anwendung der WGB werden die vom Gleismessfahrzeug formtreu gemessenen Gleislagesignale analog zu den Teststörgrößen in Einzelfehler zerlegt. In Kombination mit der örtlich zulässigen Geschwindigkeit und der Trassierung wird dann für die gemessenen Amplituden und Fehlerlängen der Einzelfehler die zugehörige maximale Fahrzeugreaktion für jedes Fahrzeug und für jeden Beurteilungsparameter aus der jeweiligen Bewertungsmatrix abgelesen. Das Maximum der ermittelten Werte ist schließlich für die Beurteilung maßgebend.

Mit dieser Vorgehensweise wird einerseits eine gute Approximation der Fahrzeugreaktion erzielt, andererseits ist die Bewertung der Gleisgeometrie sehr schnell. So benötigt die Auswertung der Gleisgeometriedaten einer ganzen Messschicht (ca. 500 km) auf einem normalen Laptop nur etwa 5 bis 10 Minuten.

Verwendete Fahrzeugmodelle

Eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung simulationsgestützter Verfahren zur Beurteilung der Gleisgeometrie sind abgesicherte und für den Betrieb repräsentative Fahrzeugmodelle. Für die WGB wurden folgende Referenzfahrzeuge ausgewählt und in der kommerziellen MKS-Simulationssoftware Simpack modelliert:

- ICE-Triebkopf 410 101-0 (TK1 des ICE-S) mit $v_{max} = 300$ km/h,
- ICE-Mittelwagen 810 101-6 (MW1 des ICE-S) mit $v_{max} = 300$ km/h,

- Lokomotive X4E (Siemens Vectron mit 90 t Gesamtmasse) mit $v_{max} = 200$ km/h,
- ICE 4-Mittelwagen 93 80 2412 802-8 (Triebwagen 2) mit $v_{max} = 250$ km/h,
- 4-achsiger beladener VTG-Kesselwagen mit Y25-Drehgestellen mit $v_{max} = 100$ km/h,
- 2-achsige leere und beladene Laas Flachwageneinheit 2480 4305 509-9 mit $v_{max} = 120$ km/h.

Der ICE-Triebkopf und die Vectron mit 22,5 t Radsatzlast repräsentieren die Lokomotiven, die ICE 1- und ICE 4-Mittelwagen die Reisezugwagen. Als Repräsentant für die 4-achsigen Güterwagen mit Y25-Drehgestellen dient der voll beladene Kesselwagen. Das Y25-Drehgestell wurde von der französischen Bahn SNCF entwickelt und wird bei den meisten 4-achsigen Güterwagen in Europa eingesetzt. Der leere und der beladene Flachwagen stehen für die 2-achsigen Güterwagen mit UIC-Laufwerken. In Kontinentaleuropa werden bei 2-achsigen Güterwagen fast ausschließlich standardisierte UIC-Laufwerke verwendet. Mit diesen repräsentativen Fahrzeugen werden für die Beurteilung der Gleisgeometrie die auf dem Netz der Deutschen Bahn AG (DB) verkehrenden Fahrzeuge abgedeckt. Bei Inbetriebnahme neuer Fahrzeuggenerationen mit signifikant abweichenden Fahreigenschaften kann das Fahrzeugkollektiv jederzeit erweitert werden. Um den Nachweis zu erbringen, dass die Fahrzeugmodelle für den vorgesehenen Zweck geeignet sind, wurden diese nach dem Verfahren 2 gemäß EN 14363 validiert. Dabei werden Fahrversuche in allen für die Fahrzeugzulassung relevanten Prüfbereichen nachsimuliert und die berechneten Fahrzeugreaktionen mit den gemessenen abschnittsweise verglichen. Die Abweichungen zwischen Messung und Rechnung werden anschließend für jede

INTERGEO 2021 SEP. 21 – 23 HANNOVER
Stand 20A.04

intermetric
Das richtige Maß

STADTBahn, FERNbahn, STRASSE, WASSER
Damit bei den umfangreichen Baumaßnahmen nichts schief geht, überwachen unsere automatischen geodätischen und geotechnischen Messsysteme die Bestandsbauwerke und helfen dabei, Stockholm Slussen zu sichern.

intermetric GmbH | Industriestr. 24 | 70565 Stuttgart | T +49 (0) 7141 780039-2 | www.intermetric.de

	ICE-TK	ICE-MW	X4E	ICE 4-MW	Kesselwagen ^a	Laas (leer / beladen) ^a
Q_{min} [kN]	9,6	6,1	11,0	9,6	10,95	-
Q_{max} [kN]	255	255	255	255	255	255
Y_{max} [kN]	110	110	110	110	-	110
ΣY [kN]	96,5	65,9	108,3	95,9	107,9	43,3 / 97,9
Y/Q [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
a_y^b [m/s ²]	3,25	3,25	3,25	3,25	-	-
a_z^b [m/s ²]	3,25	3,25	3,25	3,25	-	-

a) Für die Güterwagen werden einige Beurteilungsparameter nicht ausgewertet, da hierfür keine geeigneten Beurteilungsmaßstäbe vorliegen.
 b) Die hier angegebenen Beschleunigungen sind SR100-Werte

Tab. 1: Beurteilungsmaßstäbe der Fahrzeugreaktionen (SR_{lim} -Werte basierend auf Ril 821.2002)

$v \leq 80$ km/h		$80 < v \leq 120$ km/h		$120 < v \leq 160$ km/h		$160 < v \leq 230$ km/h		$230 < v \leq 300$ km/h	
A_{LH}/A_{PH} [mm]	A_{GH} [mm]	A_{LH}/A_{PH} [mm]	A_{GH} [mm]	A_{LH}/A_{PH} [mm]	A_{GH} [mm]	A_{LH}/A_{PH} [mm]	A_{GH} [mm]	A_{LH}/A_{PH} [mm]	A_{GH} [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	13	13	11	11	9	9	8	7	7
21/22	16	17	14	14	11	11/18	10	9/14	9
28/-	25	26/-	23	23/-	21	20/-	20	18/-	18

Tab. 2: Amplituden der verwendeten Teststörgrößen

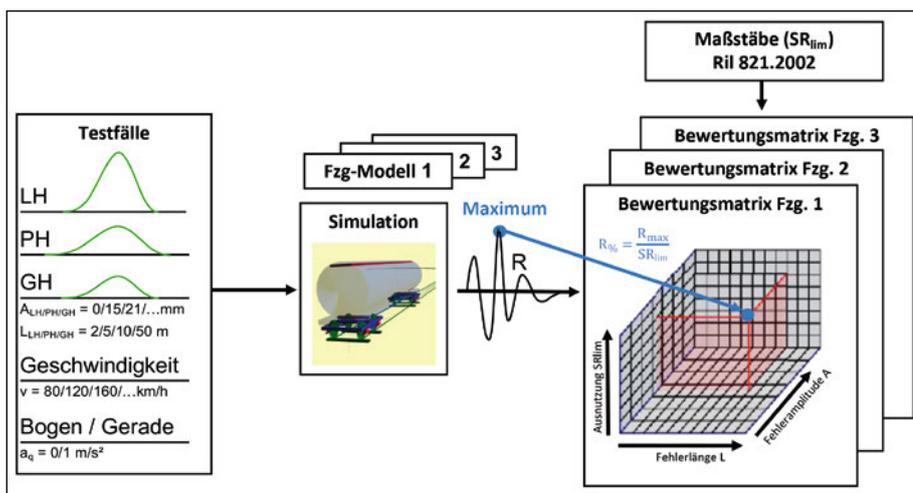


Abb. 2: Ermittlung der Bewertungsmatrizen mittels Simulation definierter Testfälle

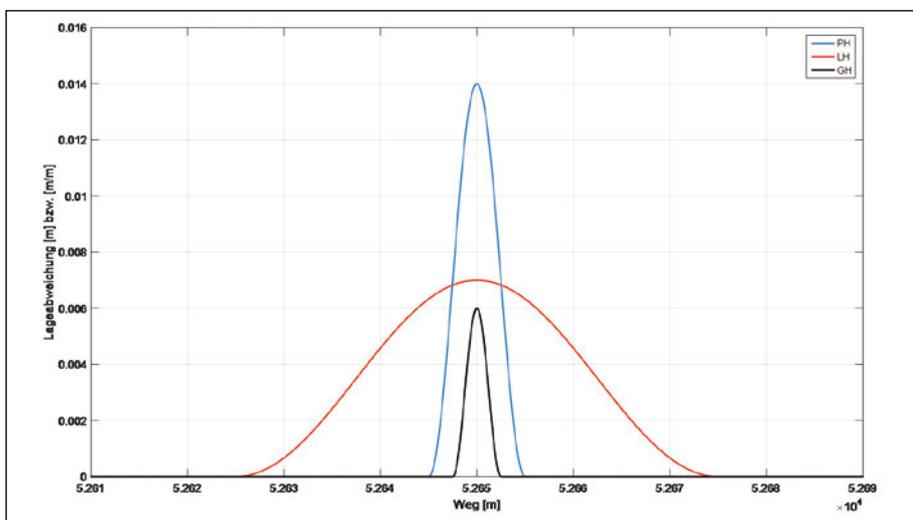


Abb. 3: Beispiel für Überlagerungsfall in der Geschwindigkeitsklasse $230 < v \leq 300$ km/h ($A_{PH} = 14$ mm/ $L_{PH} = 10$ m, $A_{LH} = 7$ mm/ $L_{LH} = 50$ m, $A_{GH} = 9$ mm/ $L_{GH} = 5$ m)

Messgröße getrennt statistisch ausgewertet und den jeweiligen Validierungsgrenzwerten für Mittelwert und Standardabweichung gegenübergestellt. Bei den Fahrzeugmodellen des ICE 4-Mittelwagens und des Laas-Güterwagens wurden die Validierungsgrenzwerte nicht für alle Messgrößen eingehalten. Dennoch wurden auch diese Modelle für die weiteren Analysen verwendet, da die Überschreitungen im Wesentlichen auf unzureichend bekannte bzw. im Fahrversuch nicht konstant vorliegende Eingangsgrößen im Rad-Schiene-Kontakt (z.B. Reibwert, Verschleißzustand der Schienen) zurückzuführen sind und für den vorgesehenen Einsatzzweck als akzeptabel angesehen werden.

Ermittlung der Bewertungsmatrizen und Beurteilungsmaßstäbe

Bereits heute erfolgt die Beurteilung der Fahr-sicherheit, der Fahrbahnbeanspruchung und des Fahrverhaltens gemäß Ril 821.2002 anhand der in der EN 14363 angegebenen Fahrzeugreaktionen:

- vertikale Radkraft Q ,
 - laterale Führungskraft Y ,
 - Summe der Führungskräfte am Radsatz $\Sigma Y = Y_{links} + Y_{rechts}$
 - Verhältnis der lateralen Führungskraft zur vertikalen Radkraft Y/Q ,
 - Beschleunigung im Fahrzeugkasten über den Drehgestellen: lateral a_y und vertikal a_z .
- Im Gegensatz zur Fahrtechnischen Inspektion, bei der die Rad-Schiene-Kräfte nur an den eingebauten Messradsätzen im vorlaufenden Drehgestell verfügbar sind, werden diese Beurteilungsparameter bei der WGB an allen Rädern bzw. Radsätzen ausgewertet. Als Soforteingriffsschwelle (SR_{lim}) zur Vermeidung von seitlichen Verdrückungen des Gleis-

v [km/h]	Gleisanregung für ...	a_y [m/s ²]	R [m]	u [mm]	Fahrzeuge
80	$v \leq 80$ km/h	0,85	268	150	Kesselwagen, Laas
80	$v \leq 80$ km/h	1,0	248	150	ICE-S, X4E, ICE4
100	$80 < v \leq 120$ km/h	0,85	420	150	Kesselwagen
120	$80 < v \leq 1120$ km/h	0,85	604	150	Laas
120	$80 < v \leq 1120$ km/h	1,0	560	150	ICE-S, X4E, ICE4
160	$120 < v \leq 1160$ km/h	1,0	990	150	ICE-S, X4E, ICE4
200	$160 < v \leq 1230$ km/h	1,0	1550	150	X4E
230	$160 < v \leq 1230$ km/h	1,0	2050	150	ICE-S, ICE4
250	$230 < v \leq 1300$ km/h	1,0	2420	150	ICE4
300	$230 < v \leq 1300$ km/h	1,0	3490	150	ICE-S

Tab. 3: Übersicht der Simulationsfälle im Gleisbogen (in Gerade analog mit $R = \infty$ und $u = 0$)

rotes dient das von Prud'Homme [6] entwickelte Beurteilungskriterium für die Summe der Führungskräfte am Radsatz

$$\Sigma Y_{lim} = k \cdot (10 + 2 \cdot Q_0/3)$$

mit der statischen Radkraft Q_0 . In der WGB wird für k ein Wert von 1,3 angesetzt.

Die Größe Y/Q beurteilt die Sicherheit gegen Entgleisen infolge Aufkletterns des Rades auf die Schiene. Der in der Norm angegebene Grenzwert $(Y/Q)_{lim} = 0,8$ wurde aus Entgleisungsversuchen an verschiedenen Fahrzeugen statistisch abgeleitet [7, 8] und dient auch als SR_{lim} -Wert für die WGB. Zusätzlich wird die Fahrsicherheit anhand der minimalen Radkraft Q_{min} beurteilt. Die minimale Radkraft wurde im Zuge der Einführung des NeiTech-Verkehrs als Beurteilungsparameter in die Ril 821.2002 aufgenommen und gibt einen möglichen Kontaktverlust des Rades mit der Schiene an.

Die maximale laterale Führungskraft Y_{max} und die maximale vertikale Radkraft Q_{max} dienen der Beurteilung der Fahrbahnbeanspruchung. Die laterale und vertikale Beschleunigung im Fahrzeugkasten a_y bzw. a_z beschreiben den Fahrkomfort und sind nicht sicherheitsrelevant [5].

Um die Bewertung der gemessenen Gleisgeometrie zu vereinfachen, werden die

Fahrzeugreaktionen auf die zugehörigen, in Tab. 1 angegebenen Beurteilungsmaßstäbe normiert, sodass direkt die prozentuale Ausnutzung der SR_{lim} -Werte angegeben wird. Die SR_{100} -Werte wurden für die auf Rad-Schiene-Kräften basierenden Beurteilungsparameter einheitlich auf 85 % von SR_{lim} festgelegt, um die Bewertungsergebnisse bei der graphischen Darstellung gleichzeitig den Beurteilungsmaßstäben SR_{lim} und SR_{100} gegenüberstellen zu können. Die zugehörigen SR_A -Werte liegen bei 65 % von SR_{lim} . Für die nicht sicherheitsrelevanten Beschleunigungen im Fahrzeugkasten a_y und a_z wird der Ausnutzungsgrad in Prozent von SR_{100} ausgegeben, sodass auch diesbezügliche Störstellen im Gleis detektiert und beseitigt werden.

Wie bereits erwähnt, werden bei der WGB zur Approximation des Zusammenhangs zwischen gemessener Gleisgeometrie und zu erwartender Fahrzeugreaktion sog. Bewertungsmatrizen eingesetzt, in denen für jedes der oben genannten Fahrzeugmodelle die mittels MKS-Simulation berechneten Maximalwerte der Fahrzeugreaktion in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen

▪ Längshöhe LH (Fehleramplitude und Fehlerlänge in vertikaler Richtung),

▪ Pfeilhöhe PH (Fehleramplitude und Fehlerlänge in horizontaler Richtung),

▪ Gegenseitige Höhenlage GH (Fehleramplitude und Fehlerlänge der Gleisüberhöhung) und

▪ der unausgeglichenen Querbewegung a_y tabelliert sind. Die Bewertungsmatrizen stellen die Grundlage der Gleislagebewertung dar und wurden einmalig vorab anhand der validierten Fahrzeugmodelle ermittelt. Dabei wurden – für jede Geschwindigkeitsklasse der Ril 821.2001 getrennt – mittels MKS-Simulation die dynamischen Fahrzeugreaktionen auf definierte Teststörgrößen berechnet und die Maximalwerte den jeweiligen Eingangsgrößen zugeordnet. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Bewertungsmatrizen ist in Abb. 2 veranschaulicht.

Die Teststörgrößen, die den Simulationsrechnungen zur Bestimmung der Bewertungsmatrizen zugrunde liegen, wurden getrennt für Längshöhe, Pfeilhöhe und gegenseitige Höhenlage als auf Gleismitte bezogene Cosinus-Wellen mit der Amplitude A und der Fehlerlänge L in der Form

$$F(x) = \frac{A}{2} \cdot \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi(x - x_0 + L/2)}{L} \right) \right)$$

$$\text{für } x_0 - L/2 \leq x \leq x_0 + L/2$$



ALLTERRATM
Wunstorf | Berlin | Leipzig | Greven | Hamburg

»» Übrigens können Sie komplette Monitoringsysteme bei uns nicht nur kaufen, sondern auch leasen oder mieten. Sprechen Sie uns an, wir beraten Sie gern bei Ihren Projekten.

**Monitoring der neuesten Generation:
»» Trimble 4D Control Software Version 6.2**

- Unterstützung neuer kabelloser geotechnischer Sensoren, auch für rein geotechnische Überwachungsprojekte
- Alignment-basierte Überwachungsanalyse bei langgestreckten Infrastrukturobjekten (Bahnstrecken, Straßen, Tunnel, Brücken)
- Verbesserte Nutzung der Videokamera von Totalstationen zur visuellen Analyse aus der Ferne



AllTerra Deutschland GmbH
Telefon 05031 51780
www.allterra-dno.de

DER EISENBAHN INGENIEUR

THEMENSCHWERPUNKTE:

Ausgabe Nr. 10/21

- Digitale S-Bahn Hamburg
- Die Weiche: smart(ste) Komponente der Eisenbahninfrastruktur?
- Studien zur wirtschaftlichen Schotterbettreinigung von Weichen
- Reaktivierung von Schienenstrecken
- Stationäre Bahnstromversorgung – Frequenzwandler
- Erneuerung von 12 Verkehrsstationen im Renchtal
- Der Megahub Lehrte – eine Vision wird Realität

Anzeigenschluss: 6.9.21

Erscheinungstermin: 5.10.21

Ausgabe Nr. 11/21

- Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart – ein Zwischenstand
- E-Check – aktueller Projektstand und Ausblick
- Innovation und Forschung bei dem Feste Fahrbahn System am Beispiel Tunnel Zierenberg
- Rohrvortrieb unter der Festen Fahrbahn anhand des Mikrotunnelbauverfahrens
- Leichtbaumaterialien nach EN 45545 für Brand-sicherheit in Zügen
- Digitale Planung der LST/ETCS
- Ein Weg zur Bestandsplandigitalisierung für die Digitale LST-Planung

Anzeigenschluss: 6.10.21

Erscheinungstermin: 5.11.21

Ausgabe Nr. 12/21

- Ausrüstungs- und trassierungstechnische Optimierung des Fildertunnels
- Die automatisierte Weicheninspektion bei der DB Netz AG
- Renaissance der Stahlschwelle: Stahlschwellen-Technologie
- Innovation in der Instandhaltung: Fahrbahninstandhaltungszug FIZ
- Höhere Haltbarkeit des Gleises durch S7 Automatikstopfen
- Hafenbahn: Automatisiertes Rangieren im Jade-Weser-Port
- Safety and Security in Bahnprojekten praktisch beherrschen

Anzeigenschluss: 8.11.21

Erscheinungstermin: 7.12.21

vorgegeben. Das Spektrum möglicher Gleisanregungen wurde durch die Variation von Fehlerlänge L und Amplitude A sowie die Überlagerung von Einzelfehlern der Längshöhe, der Pfeilhöhe und der gegenseitigen Höhenlage in allen möglichen Kombinationen abgebildet. Dabei wurden die Fehlerlängen $L=2, 5, 10$ und 50 m sowie die in Tab. 2 angegebenen Amplituden verwendet. Dies beinhaltet auch Varianten mit Einzelanregung, bei denen die Amplituden der anderen Anregungsrichtungen auf $A=0$ gesetzt werden.

Die Abb. 3 zeigt ein Beispiel eines solchen Überlagerungsfalls (gemäß der Vorzeichenkonvention in Simpack entspricht der positive Längshöhenfehler einer Senke; die gegenseitige Höhenlage wird in Simpack durch eine Drehung des Gleises um die Längsachse dargestellt und ist daher auf eine Stützweite von 1500 mm bezogen).

Um bei der Simulation eine gegenseitige Beeinflussung der Einzelfehler zu vermeiden, wurden die sich ergebenden Verläufe der Teststörgrößen im Abstand von 100 m aneinandergereiht, sodass die Fahrzeugantwort zwischen den Gleisanregungen weitgehend abklingen kann. Somit ergibt sich je Simulationsrechnung eine zu simulierende Strecke von ca. 130 km Länge (ca. 1300 Anregungsvarianten).

Die Simulationsrechnungen wurden jeweils für alle Geschwindigkeitsstufen bis einschließlich der maximal zulässigen Fahrgeschwindigkeit v_{max} des jeweiligen Fahrzeugs, die nicht zwingend einer Klassengrenze der Ril 821.2001 entsprechen muss, durchgeführt. Für die Beurteilung der Gleisgeometrie wird dann jeweils die Bewertungsmatrix für die niedrigste Fahrgeschwindigkeit verwendet, die größer oder gleich der örtlich zulässigen Geschwindigkeit des zu beurteilenden Streckenabschnitts ist. Ist die örtlich zulässige Geschwindigkeit größer als die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit, wird die Bewertungsmatrix für v_{max} benutzt.

Der Einfluss der Trassierung auf die Fahrzeugreaktionen wurde berücksichtigt, indem für jede Geschwindigkeitsstufe je eine Simulation in der Geraden und eine Simulation im Gleisbogen durchgeführt wurde. Für die Fahrten im Gleisbogen wurden die Bogenradien so gewählt, dass sich bei der Überhöhung von $u=150$ mm der jeweils maximal zulässige Überhöhungsfehlbetrag von $u_f=150$ mm ($a_q=1,0$ m/s²) bzw. bei Güterwagen $u_f=130$ mm ($a_q=0,85$ m/s²) ergibt, siehe Tab. 3. Da bei der Bogenfahrt aufgrund der Quasistatik auch ohne Gleislagestörungen signifikante Fahrzeugreaktionen auftreten, die den Abstand zu den zulässigen Werten der Fahrzeugreaktionen verringern und daher bei der Interpolation innerhalb der Bewertungsmatrizen nicht vernachlässigt werden dürfen, waren weitere Simulationsrechnungen im Gleisbogen ohne Gleisanregung erforderlich.

Mit den oben beschriebenen Variationen ergibt sich für jedes Fahrzeug für die unterschiedlichen Geschwindigkeiten je eine Bewertungsmatrix mit sieben Eingangsgrößen (Amplituden und Fehlerlängen für die Längshöhe, Pfeilhöhe und gegenseitige Höhenlage sowie die unausgeglichene Querbeschleunigung) und sieben Ausgangsgrößen (Fahrzeugreaktionen, siehe oben). An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Bewertungsmatrizen der einzelnen Geschwindigkeitsklassen jeweils 6144 Überlagerungsfälle enthalten. ■

Der zweite Teil des Beitrags folgt in

EI – DER EISENBAHNINGENIEUR Heft 10/21.

QUELLEN

- [1] Richtlinie 821.2001, Oberbau inspizieren – Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen, Ausgabe 15.11.2020
- [2] Richtlinie 821.2002, Oberbau inspizieren – Fahrtechnische Inspektion, Ausgabe 01.10.2012
- [3] Hehenberger, W.: Fahrzeug-Fahrgeweg-Dynamik bei hohen Geschwindigkeiten aus Sicht der Gleisinstandhaltung, Archiv für Eisenbahntechnik, 42, Hestra Verlag, Darmstadt, 1988, S. 35–51
- [4] DIN 31051, Grundlagen der Instandhaltung, Ausgabe September 2012
- [5] EN 14363, Bahnanwendungen – Versuche und Simulationen für die Zulassung der fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen – Fahrverhalten und stationäre Versuche, Ausgabe Oktober 2016
- [6] Prud'Homme, M. A.; Janin, M. G.: Die Stabilität des mit durchgehend geschweißten Schienen verlegten Gleises – Zweiter Teil, Monatsschrift der Internationalen Eisenbahn-Kongress-Vereinigung, Juli-August 1969, S. 460–480
- [7] ORE C 138 RP 8, Zulässige Höchstwerte der Y- und Q-Kräfte und Entgleisungskriterium – Statistische Auswertung von Versuchen zum Entgleisungskriterium (Y/Q), Utrecht, April 1984
- [8] Haigermoser, A.: Ist der Entgleisungskoeffizient $\lim Y/Q$ noch zeitgemäß? Analyse der Auswirkungen der dynamischen und stochastischen Einflussgrößen auf die Sicherheit gegen Entgleisen von Eisenbahnfahrzeugen, der Aufsatz wurde nicht veröffentlicht
- [9] Richtlinie 821.1000, Oberbau inspizieren – Grundlagen der Oberbauinspektion, Ausgabe 01.05.2003



Dipl.-Ing. Dirk Nicklisch

Referent

Fahrzeug-Fahrgeweg-Wechselwirkung
DB Netz AG, München
dirk.nicklisch@deutschebahn.com



Dr. Manfred Zacher

Leiter

Messtechnik und Rad-Schiene-System
DB Netz AG, München
manfred.zacher@deutschebahn.com



Dr. Bohdana Slovák

Referentin Messtechnik

DB Netz AG, München
bohdana.slovak@deutschebahn.com

Haben Sie Fragen?

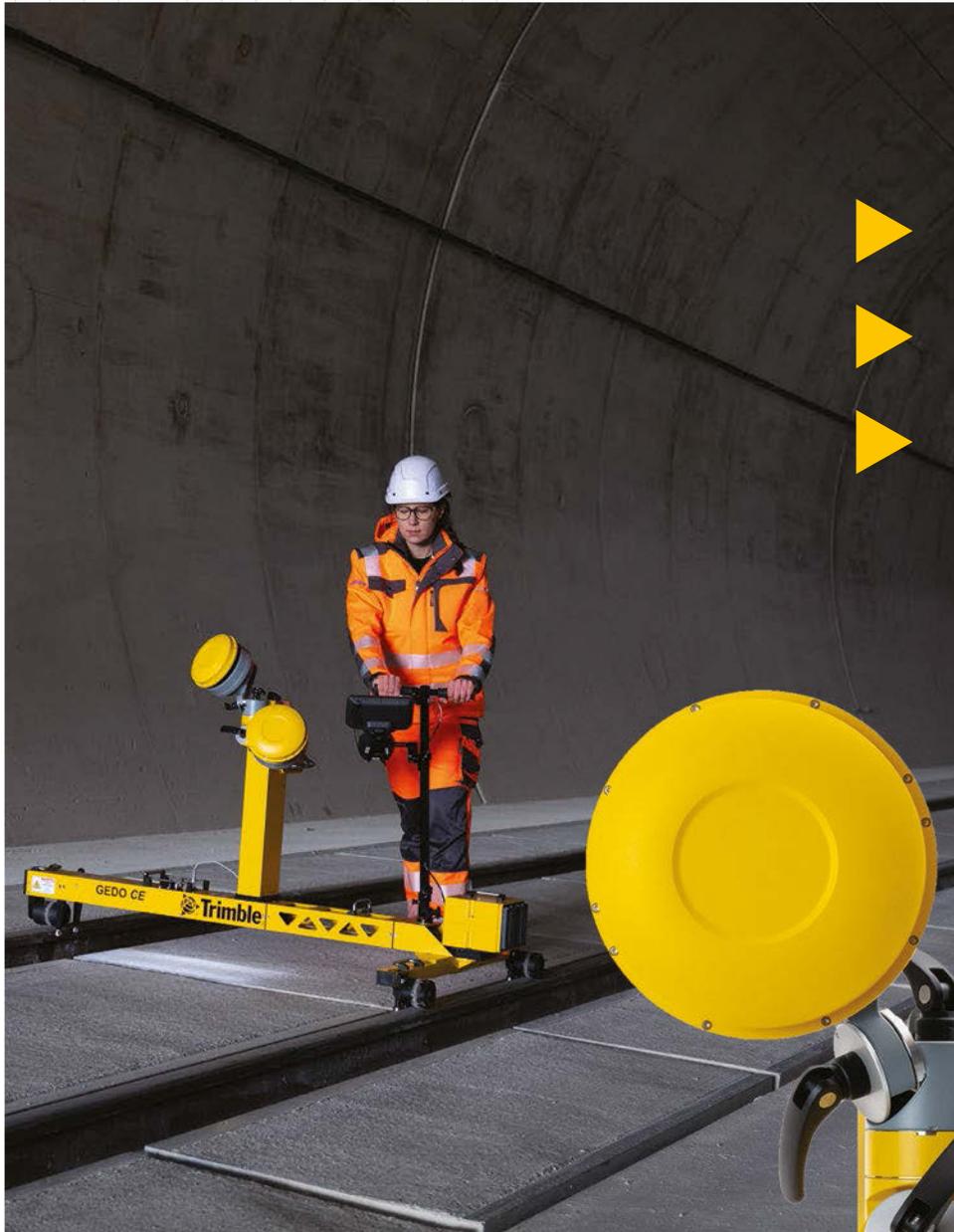
Kontakt: Silvia Sander

Telefon: +49/40-23714-171

E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

LICHTRAUMPRÜFUNG
BESTANDSERFASSUNG

GX50



Schnell und Flexibel auf dem Gleis

Das **Trimble® GEDO GX50** ist ein modernes und flexibles Laserscansystem für den Einsatz mit den **Trimble GEDO** Gleismesssystemen. Es liefert schnell exakte dreidimensionale Daten zur Lichtraumprüfung und Bestandserfassung. Die hohe absolute Genauigkeit ist Grundlage für einen effizienten und BIM konformen Planungsprozess und Bauablauf.

<http://trimble-railway.com/blog/produkt/gx50/>

Wireless Condition Monitoring – Überwachung ohne lange Leitung

In-situ-Überwachung von Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen durch autarke Sensoreinheiten steigert die Effizienz von Monitoringmaßnahmen durch drahtlosen Datenfluss.

MARKUS RENNEN

Die Überwachung von Verkehrsanlagen und Bauwerken ist insbesondere während Renovierungs- und angrenzender Bauarbeiten zwingend erforderlich. Entsprechend durchgeführte Monitoringmaßnahmen werden heutzutage aus sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Gründen zunehmend automatisiert. Wireless Condition Monitoring (WCM) bietet hier einen neuen, kostengünstigen und simpel umzusetzenden Ansatz. Es erlaubt die Integration verschiedenster Sensoren in einem System und damit die übersichtliche Präsentation in einer einzigen Platt-

form mit geringem Installations- und Wartungsaufwand. Der Datenfluss ermöglicht die Optimierung der Abläufe und realisiert Monitoring als integralen Bestandteil des Risikomanagements.

Herausforderung Monitoring

Angeht es um die aktuellen Herausforderungen ist und muss es erklärtes Ziel sein, den Transport von Personen und Gütern vom Individualverkehr soweit es geht auf Massentransportmittel wie z.B. die Schiene zu verlagern. Inwieweit das gelingt, hängt im Wesentlichen von der effizienten Vernetzung ab. Entsprechend anfällig ist das Gesamtsystem, was Eingriffe angeht. Zweifelsohne notwendige und z.T. überfällige Instandhaltung

von Straßen und Schienen bzw. damit verbundener Infrastrukturbauwerke, wie z.B. Brücken, stellen dabei außerordentliche Herausforderungen an den reibungslosen Betriebsablauf. Betroffen sind nicht ausschließlich Eingriffe an den Bahneinrichtungen selbst (z.B. Brückensanierung), sondern ebenso bahnnahe, aber nicht zwangsläufig bahnbezogene Arbeiten wie z.B. Untertunnelungen oder angrenzende Baugruben. Darüber hinaus können bahnbezogene Eingriffe an den Knotenpunkten wie z.B. Straßenbrücken andere Verkehrsabläufe behindern.

Sollen sämtliche Verkehrsanlagen simultan zum Eingriff weiter betrieben und so wenig wie möglich eingeschränkt werden, ist letztendlich sicherzustellen, dass Einwirkungen auf die Bauwerke im Rahmen sicherer Grenzwerte bleiben bzw. vorhersehbar sind. Überschreiten die Einwirkungen dagegen definierte Grenzwerte oder weichen signifikant von den Vorhersagen ab, so ist ausreichend frühzeitig zu alarmieren, um im Idealfall rechtzeitig eingreifen und Schaden von Mensch und Bauwerk abwenden zu können.

Praktischerweise wird bereits bei der Planung der Maßnahme ein Überwachungsregime konzipiert, welches die relevanten Parameter räumlich wie zeitlich so dicht abgreift, dass die Berücksichtigung nicht nur rechtzeitig vor Schäden warnt, sondern zur sukzessiven Optimierung der Abläufe beiträgt. Diese „Beobachtungsmethode“ (engl. „Observational Method“) wurde bereits in den 1960er Jahren von Peck vorgestellt [1].

Die Herausforderung besteht darin, Monitoringsysteme technisch aussagekräftig und wirtschaftlich sinnvoll zu gestalten, sowohl was die verwendete Hardware, als auch Installation und Unterhaltung angeht. Das aktuell populär werdende WCM, also die drahtlose Zustandsüberwachung, bietet vielfach, aufgrund seiner extrem einfachen Handhabung sowie der Vielseitigkeit, was die Integration von Sensorik angeht, eine praktikable Alternative zu konventionellen Systemen. Charakteristisch ist die automatische, drahtlose Übertragung der erfassten Parameter an eine Datenplattform, die den Nutzern permanenten und zeitnahen Onlinezugriff gewährt.

Komponenten eines WCM-Systems

Datenknoten – „Nodes“

Ein WCM-System besteht im Wesentlichen aus den Datenknoten („Nodes“), einem oder meh-



Abb. 1: 3-Achs-Neigungssensoren im Einsatz bei der Gleisüberwachung Quelle aller Abb.: Senceive LTD





**INGENIEURTEAM
GEO GMBH**
Vermessung
Hydrographie
Geoinformatik

- Ingenieur- und Bahnvermessung
- UAV Vermessung
- Monitoring
- 3D Modellierung
- Hydrographie

Industriestraße 3
76189 Karlsruhe
Tel. 0721 / 79072-0
Fax 0721 / 79072-10
info@it-geo.de
www.it-geo.de

renen Gateways, dem Zielcomputer (z.B. ein Cloud-Server) und einer Datenverarbeitungs- und Visualisierungsplattform [2].

Low-Power-Design und Miniaturisierung von Sensoren ermöglichen kompakte Sensoreinheiten, die sowohl Stromversorgung als auch Datenkommunikation in einem robusten IP68-klassifizierten Gehäuse vereinen.

Für die Flatmesh Nodes mit integriertem MEMS (Micro Electronic Mechanical System) -Neigungssensor des englischen Herstellers Senceive (Abb. 1) sind bei halbstündiger Datenrate Batterielaufzeiten von bis zu 15 Jahren angegeben. Das bedeutet, dass ein Sensor nicht nur temporäre Einsätze auf diversen verschiedenen Bauprojekten ohne Batteriewechsel überdauert, sondern sich auch für Langzeitüberwachungen eignet.

Neben den reinen Neigungssensoren können darüber hinaus externe Sensoren verschiedenen Signaltyps angeschlossen und zu drahtlosen Sensoren umfunktioniert werden. Zusätzlich integrierte Laserdistanzsensoren erlauben es, neben Neigungen auch 1D-Streckenänderungen zu erfassen. So können z. B. Tunnelkonvergenzen sowohl während des Vortriebes als auch ohne Beeinträchtigung während des Fahrbetriebes (Abb. 4) beobachtet werden. Die Stromversorgung sowohl externer als auch interner Sensoren erfolgt dabei über die Node-interne Batterie.

Kommunikation

Die Nodes kommunizieren je nach Konzept sowohl untereinander als auch mit dem Gateway. Im Falle kostengünstiger, lizenzfreier Konzepte unterscheidet man im Wesentlichen zwischen LoRa-basierter Sterntopologie und untereinander verbundener Nodes in Netztopologie (Abb. 2). Das mit 868 MHz relativ niederfrequente LoRa-WAN bietet große Reichweite und hervorragende Penetrationseigenschaften. Das auf der 2.4 GHz Wifi-Frequenz emittierende Flatmesh-System dagegen macht seine geringere Reichweite durch große Zuverlässigkeit aufgrund redundanter Vermaschung und hohe mögliche Abtastfrequenzen aufgrund der deutlich größeren Bandbreite und damit höherer Informationsdichte wett. Größere Distanzen können dabei durch die Kommunikation untereinander bzw. das Einschalten sogenannter Repeater, kostengünstige Nodes ohne eigene Sensorfunktion, überbrückt werden (Abb. 2).

Schlussendlich werden die Daten an ein Gateway geschickt, dort zwischengespeichert und via Mobilfunk oder LAN-Anbindung an den Server übergeben.

Handelt es sich dabei um einen Cloud-Server, kann online via Standard Web-Browser und geeigneter Plattform auf die Daten zugegriffen werden. Dort können Reports erstellt und beim Überschreiten vordefinierter Grenzwerte Alarme versandt werden.

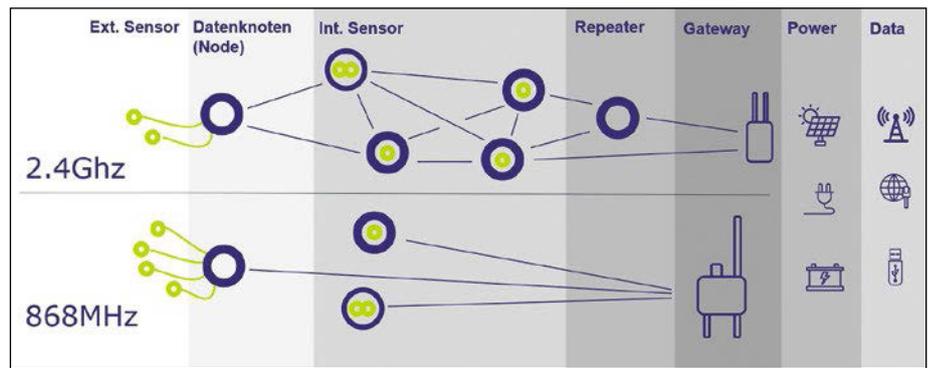


Abb. 2: Komponenten typischer WCM-Systeme; oben in Netztopologie, unten in Sterntopologie

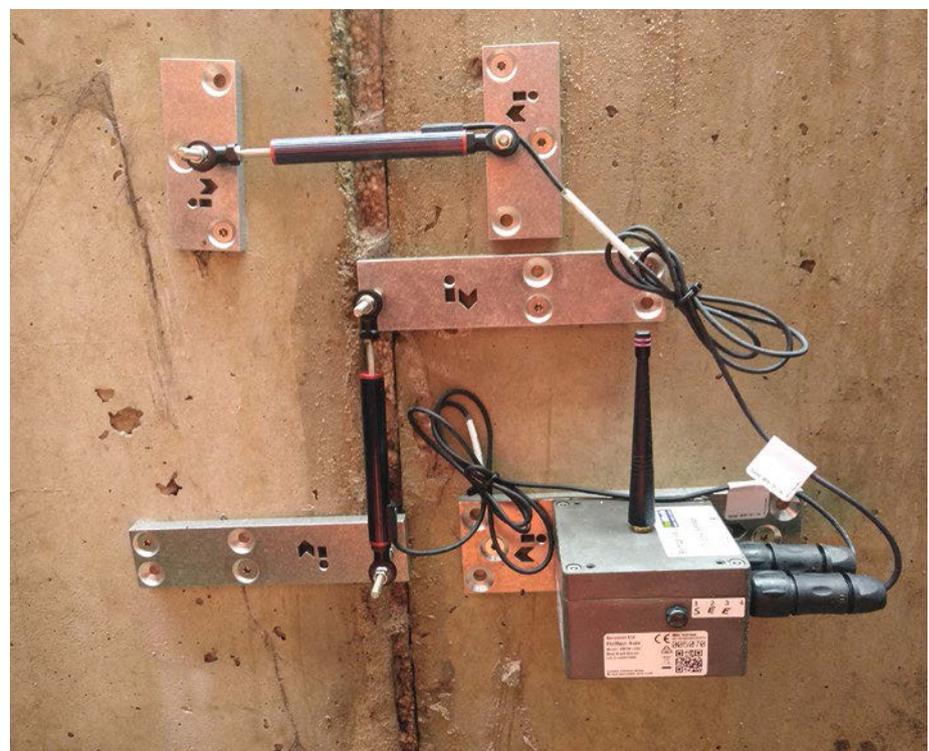


Abb. 3: Rechtwinklig zueinander angeordnete, potentiometrische Rissensoren zur gleichzeitigen Überwachung von Scherung und Spreizung einer Fuge, angeschlossen an einen 2-Kanal WCM-Node

ANGERMEIER
INGENIEURE

Vermessung... auf den Punkt genau!



Gleisspezifische Monitoringlösungen:

- Automatisch gesteuerte Tachymeter
- Inklinometerketten
- Wireless Neigungssensoren
- Gleisschwingungsüberwachung
- satellitengestütztes InSAR

Weitere Infos unter: www.angermeier.de

Anwendungen

WCM-Systeme bzw. ihre Komponenten werden im Allgemeinen vorkonfiguriert geliefert. D.h. selbst wenn in der ursprünglichen Konzeption nur ein Sensortyp vorgesehen war, kann das System später beliebig um Zahl und Sensortyp erweitert werden. Ein Flatmesh-Gateway kann z.B. bis zu 100 Nodes verwalten. Innerhalb eines Projektes ist die Anzahl von Nodes und Gateways

praktisch unbegrenzt. Dementsprechend vielseitig sind die Einsatzmöglichkeiten. Hinzu kommt, dass in den Datenvisualisierungsplattformen die eingegangenen Parameter prozessiert und zu abgeleiteten Größen weiterverarbeitet werden können. So werden z.B. Querneigungen von auf den Gleisschwellen montierten Neigungssensoren in Überhöhungen bezogen auf die Spurweite umgerechnet, ebenso Differenzen aufeinander-

folgender Überhöhungen in Verwindung oder die Abfolge erfasster Längsneigungen mittels Modelalgorithmus in relative Setzungen (Abb. 5). Vorteil der Gleisüberwachung mittels WCM ist, dass Sensoren praktisch wartungsfrei sind, nicht gereinigt werden müssen und ihre Beobachtung keine freie Sicht erfordert. Darüber hinaus erfolgt die Auslesung nicht sequenziell, also nacheinander, sondern praktisch simultan, was sehr kurze Abtastraten bis hinunter zu 1 Hz erlaubt.

Aneinandergereihte sogenannte Tilt-Beams aus Metallelementen oder aus Carbonfaserstäben, ausgestattet mit 3-Achs-Sensoren, können, vertikal montiert, horizontales Abweichen aus der Senkrechten z.B. als In-Place-Inklinometerkette im Bohrloch oder an der Mauer erfassen (Abb. 6). Horizontal montiert entsteht via Neigung und fester Länge der Segmente praktisch ein permanenter Nivellementszug. Wesentliches Merkmal des WCM ist die extrem einfache und damit schnelle Installation sowie der autarke Betrieb. Auf Gleisschwellen z.B. werden die Nodes im Allgemeinen einfach verklebt (Abb. 7). Die weitere Konfiguration kann dann via Fernzugriff erfolgen.

Automatisiertes Monitoring allgemein und WTC im Speziellen ist insbesondere dort wirtschaftlich, wo der Zugang zur Überwachungszone schwierig, eingeschränkt oder gefährlich ist, wo entweder die geforderte Abtastrate unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu hoch ist oder eine sehr lange Beobachtungsdauer eine feste Installation effizient erscheinen lässt. Dementsprechend gehören Gleisbereiche zu prädestinierten Einsatzorten. Dutzende von Sensoren können in kürzester Zeit installiert werden und der Aufenthalt im Gefahrenbereich bzw. die Betriebsstörung minimiert werden.

Des Weiteren können auch entlegene Gleisabschnitte überwacht werden, ohne auf Stromversorgung etc. angewiesen zu sein. Hinzu kommt der Verzicht auf Kabel, das reduziert die Fehleranfälligkeit bzw. erhöht die Zuverlässigkeit der Monitoringmaßnahme. So können z.B. auch Hang- und Böschungsüberwachungen mittels an Erdspießen montierten Neigungssensoren vorgenommen werden, um durch



Abb. 4: Laserdistanzsensor zur Überwachung von 1D-Konvergenzen; 3-Achs-Technik erlaubt die Beobachtung von Neigungsänderungen ohne Vorhorizontierung.

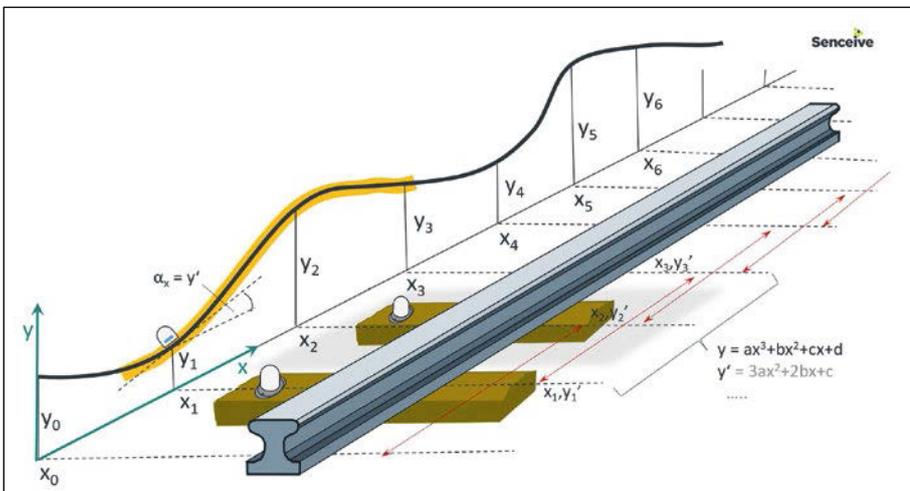


Abb. 5: Modelbildung zur Ermittlung von Setzungen aus virtuellen Neigungssorketten



Abb. 6: Vertikal montierte Inklinometerkette aus Carbonfasersegmenten erlaubt die Beobachtung horizontalen Ausweichens aus der Senkrechten



Abb. 7: Einfaches Verkleben spart Zeit im Gleisbereich.



Abb. 8: Böschungsüberwachung mittels Neigungssensoren

Erdrutsche bedingte Betriebsstörungen und Gefährdungen zu präzisieren oder zumindest in-situ zu erfassen (Abb. 8). Es ist offensichtlich, dass durch Neigungssensoren keine Absolutwerte der Rutschungsbeträge gewonnen werden. Uchimura hat aber gezeigt, dass aufgrund der Geschwindigkeiten von Bewegungen auf das Eintreten zukünftiger Hangrutschungen rückgeschlossen werden kann [3].

Fazit

WCM bietet wartungsarmes, einfach zu installierendes Monitoring. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielseitig, nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass eine Vielzahl von unterschiedlichen Sensoren zur Erfassung von Temperatur über Grundwasserstand, Strain etc. bis hin zu geometrischen Parametern wie Neigung oder Setzung an die Nodes angeschlossen werden können. Online Datenzugriff erlaubt die Konfiguration via Fernzugriff und einen zeitnahen Datenzugriff für alle relevanten Beteiligten und erlaubt damit eine vollständige Integration des Monitorings in sämtliche Aspekte der Planung und Ausführung von Infrastrukturmaßnahmen sowie deren langfristige Unterhaltung. Geringer Planungsaufwand, unkomplizierte Installation und kurze Meldezeiten offerieren damit in jedem Wortsinne Überwachung ohne lange Leitung.

QUELLEN

[1] Peck, R. B.: „Advantages and Limitations of the Observational Method in Applied Soil Mechanics“, Géotechnique, 1969, Vol. 19, N.2, pp 171-187, 10.1680/geot.1969.19.2.171
 [2] Rennen, M.: „Wireless Condition Monitoring – Ein alternativer Ansatz im Deformationsmonitoring“, VDV-Magazin Ausgabe 1/21, Februar 2021
 [3] Uchimura, T. et al.: „Precaution and early warning of surface failure of slopes using tilt sensors“, Soils and Foundations, Vol. 55 Issue 5, Oct. 2015 P.1086-1099 The Japanese Geotechnical Society/Elsevier



Dipl.-Ing. Markus Rennen
 Business Development Manager
 DACH Region
 Senceive Ltd., UK-London
 mrennen@senceive.com



Der Ausrüster für Vermessungstechnik

Bei uns finden Sie neben kompetenter Beratung, beispielhaft kurzen Lieferzeiten und fairen Preisen ein umfangreiches Programm für die folgenden Bereiche:

- Vermarkungsmaterial jeglicher Art
- Gleisvermessung
- Zwangszentrierungen
- Monitoring-Zubehör
- Markierungsmaterial
- EDM- und GNSS-Zubehör
- Baustellenabsicherung – Arbeitsschutz



Wenn wir Ihre Herausforderungen nicht mit unseren Standardprodukten abdecken können, sind wir mit unserer eigenen Fertigung auch für Sonderlösungen Ihr erster Ansprechpartner.



Neu

Ril-konforme Granitpfeiler für PS0-, PS1- und PS4-Punkte

Senceive Kabellose Monitoring-Systeme
Wireless condition monitoring



Moderne kabellose Bauwerksüberwachung – wenn einfach auf effizient trifft.

- Extrem schnelle Installation
- Praktisch wartungsfrei
- Integrierte Kommunikation
- Online Datenuisualisierung
- Autarke Stromversorgung
- Extrem lange Lebensdauer

Anwendungsbereiche: Gleisanlagen, Brücken, Böschungen, Tunnel, Gebäudestrukturen

GOECKE GmbH & Co. KG
 Ruhrstraße 38 - 58332 Schwelm
 Tel: +49 (0)2336-4790-0

Fax +49 (0)2336-4790-10
 info@goecke.de
 www.goecke.de

Nachweisführung mechatronischer Systeme für Bahnanwendungen

Ergänzung des bewährten Sicherheitsnachweises für elektrische, elektronische und programmierbare elektronische Systeme für mechatronische Systeme

LARS SCHNIEDER

Mechatronische Systeme nehmen Signale auf, verarbeiten sie und geben Signale aus, die sie beispielsweise in Kräfte und Bewegungen umsetzen. Für einen Sicherheitsnachweis mechatronischer Systeme muss daher das bewährte Verfahren einer Sicherheitsnachweisführung für elektrische, elektronische und programmierbare elektronische Systeme geeignet ergänzt werden. Dieser Beitrag skizziert einen Ansatz für einen strukturierten Entwurf mechatronischer Systeme und deren Sicherheitsnachweis.

Der Weichenantrieb als prototypische mechatronische Komponente

Der sichere Bahnbetrieb erfordert umfangreiche technisch realisierte Schutzfunktionen. Die Spanne reicht von mechanischen über elektromechanische bis zu elektronischen und rechenstechnisch implementierten (Hardware-Software-)Systemen [1]. Eine spezielle Klasse sind mechatronische Systeme, welche mehrere physikalische Realisierungen integrieren. Mechatronik kombiniert die Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik. Ein mechatronisches System nimmt Signale auf, verarbeitet sie und gibt Signale aus, die es in Kräfte und Bewegungen umsetzt [2]. Beispiele für mechatronische Sicherungssysteme sind Weichenantriebe im Fahrweg (Abb. 1) und Türsteuerungen oder Bremssysteme auf Schienenfahrzeugen. Zur

Illustration wird im Folgenden exemplarisch der Weichenantrieb verwendet. Als Element des Oberbaus wirken auf die Weiche bei Befahrungen hohe horizontale, vertikale und laterale Kräfte sowie hohe Schwingungs- und Schockbeanspruchungen.

- Als mechanische Komponente muss der Weichenantrieb konstruktiv so ausgelegt werden, dass er den mechanischen Einflüssen dauerhaft standhält.
- Elektrische Realisierungsanteile umfassen die im Weichenantrieb verbaute Sensorik zur Auswertung des Erreichens bzw. Verlassens der Endlage der Weichenzungen.
- Programmierbare Anteile des Steuerns und Überwachens von Weichen umfassen die softwaretechnische Bewertung unterschiedlicher Schaltzustände der Weichenschaltung und ihre Einbindung in die Stellwerkslogik.

Berücksichtigung mechatronischer Systeme im Regelwerk

Bei der Nachweisführung von Sicherungseinrichtungen ist die Erhebung und systematische Verfolgung von Anforderungen elementar. Jede neue oder geänderte Anforderung ist in den Lastenheften des Betreibers detailliert, vollständig und eindeutig zu beschreiben. Die Beschreibung bezieht sich auf alle relevanten Szenarien (Sollfunktion, Störszenarien und Instandhaltungsbedingungen). Die Anforderungen speisen sich aus folgenden Quellen [3]:

Gesetzliche Anforderungen

Eisenbahninfrastrukturen müssen zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens den Anforderun-

gen der öffentlichen Sicherheit genügen (vgl. §4 AEG). Diese gesetzliche Anforderung wird durch Rechtsverordnungen (bspw. EBO oder BOStrab) allerdings für mechatronische Systeme nicht näher spezifiziert. Für Weichen gilt nur, dass „Weichen, die von Reisezügen gegen die Spitze befahren werden, gegen Umstellen unter dem Zug festzulegen oder einzeln zu sichern“ sind (vgl. § 14 Abs. 9 EBO).

Normative Anforderungen

Gesetzliche Regelungen beschreiben technische Sachverhalte nicht erschöpfend. Daher bezieht sich der Gesetzgeber mit Generalklauseln wie die allgemein anerkannten Regeln der Technik auf die außerstaatliche Regelsetzung. Hierbei handelt es sich um schriftlich fixierte oder mündlich überlieferte technische Festlegungen für Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die nach herrschender Auffassung der beteiligten Kreise geeignet sind, das gesetzlich vorgegebene Ziel zu erreichen und die sich in der Praxis allgemein bewährt haben oder deren Bewährung in überschaubarer Zeit bevorsteht [4].

Eine Recherche in einschlägigen Normen für Bahnanwendungen offenbart Regelungslücken. Die allgemein gehaltenen Normen zu Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) für Bahnanwendungen [5, 6] sind weitgehend unabhängig von der angewendeten Technologie. Soweit Sicherheit betroffen ist, basieren diese Normen auf einem funktionalen Ansatz und sind grundsätzlich für mechatronische Systeme anwendbar.



Abb. 1: Weichenkonstruktion, bewegliches Herzstück, Weichenantrieb (von links nach rechts)



Quelle aller Abb.: Eigene Abbildungen/Darstellungen

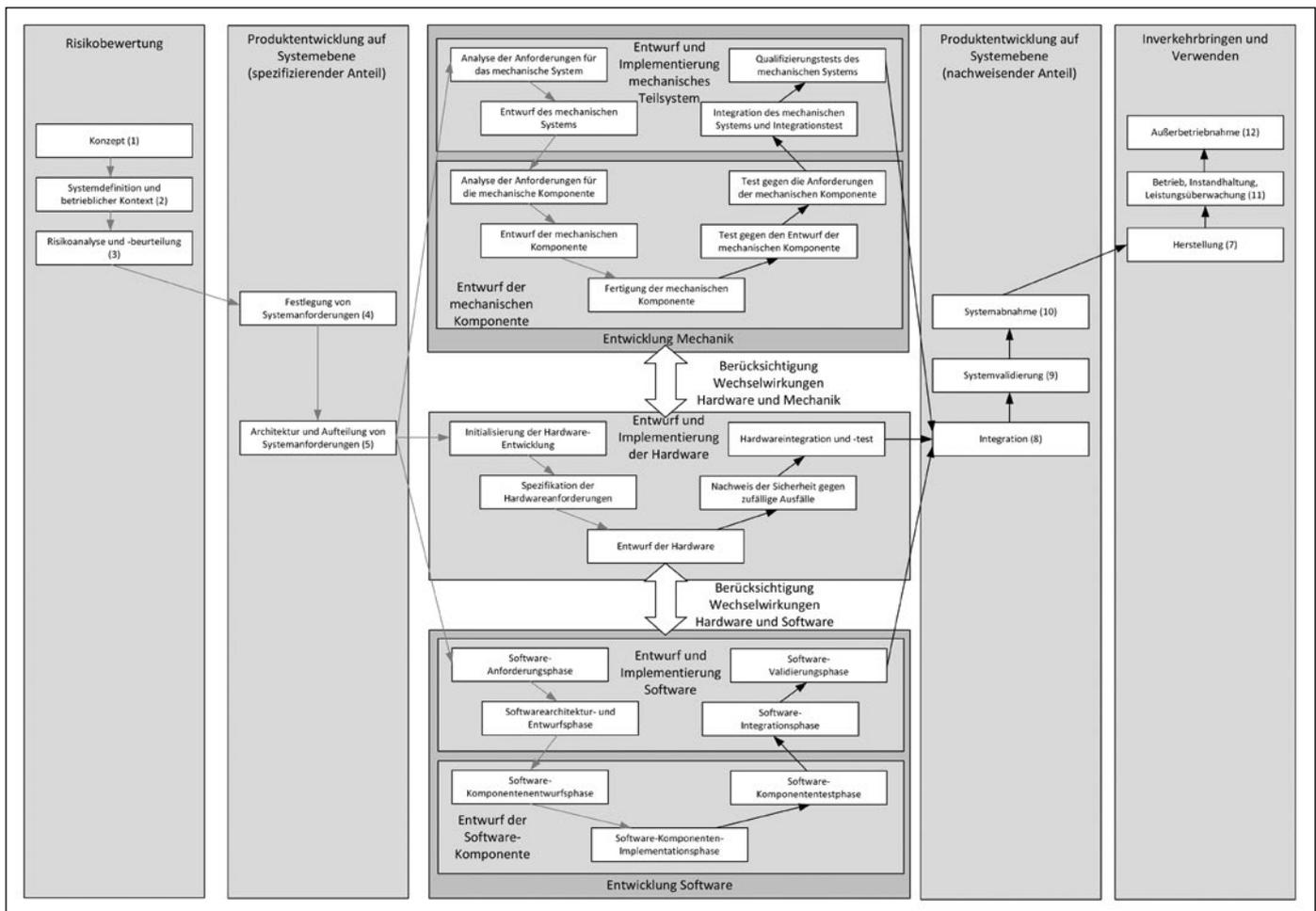


Abb. 2: Kombiniertes Lebenszyklus mechatronischer Systeme für Bahnanwendungen

Betrachtet man z.B. die Weiche und ihren Weichenantrieb als sicherungstechnisch zu behandelndes mechatronisches Fahrwegelement, existiert zumindest eine anerkannte Regel der Technik für die Auslegung und den Nachweis sicherheitsrelevanter elektronischer Systeme für die Signaltechnik [7] und eine weitere für die darin möglicherweise implementierte Software [8, 9]. Es verbleibt allerdings eine Lücke in Bezug auf die adäquate Betrachtung der restlichen mechanischen Anteile und die hieraus resultierende Nachweisführung der konstruktiven Ausprägung der (elektro-)mechanischen Anteile des Weichenantriebs. Die Rechtswirkung technischer Normen kommt in folgender Hinsicht an ihre Grenzen:

- Die Norm als allgemeine Regelung passt im konkreten Fall nicht oder ist unzutreffend. In diesem Fall müssen diese Lücken mit anderen Vorgaben geschlossen werden.
- Die Norm als allgemeine Regelung ist im Einzelfall nicht ausreichend bzw. unvollständig. In diesem Fall muss diese Lücke mit mehr Vorgaben geschlossen werden.

In den Zulassungsregelungen für Bahnanwendungen (insbesondere [3]) kann die bestehende Lücke durch sicherheitliches Ermessen gefüllt werden. Dies passiert dann, wenn anerkannte Regeln der Technik für den Anwen-

dungsfall nicht vorliegen oder davon abgewichen werden soll. Abweichungen erfordern einen Nachweis „mindestens gleicher Sicherheit“ (nicht zutreffend für mechatronische Komponenten). Es wird deutlich, dass für die adäquate Betrachtung mechatronischer Komponenten eine Recherche erforderlich ist, welche „anderen“ oder „zusätzlichen“ Sicherheitsvorkehrungen im Lichte des Produkthaftungsrechts berücksichtigt werden müssen [10]. Dies erfordert einen Blick über die eigene Branche hinweg, da in der Bahnbranche übliche Vorgehensweisen hinter der technischen Entwicklung und dem rechtlich Gebotenen zurückbleiben können [10]. Im Folgenden wird daher betrachtet, wie der von seiner Struktur her praktisch bewährte Sicherheitsnachweis für Bahnanwendungen [7] durch in der Automobilindustrie bewährte Praktiken ergänzt werden kann.

Erweiterung des Sicherheitsnachweises für mechatronische Systeme

Die Zulassung von Bahnanwendungen erfordert einen Sicherheitsnachweis [7] vor dem betrieblichen Einsatz. Der Sicherheitsnachweis stützt sich auf den Technischen Sicherheitsbericht. Der Technische Sicherheitsbericht zeigt, dass die Komponenten frei von systematischen Fehlern sind und ein Vertrauen darin gerech-

fertigt ist, dass zufällige Fehler hinreichend selten auftreten (Sicherheitsintegrität). Um für mechatronische Systeme für Bahnanwendungen den Sicherheitsnachweis zu führen, wird ein modifiziertes bzw. erweitertes Lebenszykluskonzept für mechatronische Komponenten für Bahnanwendungen vorgestellt (Abb. 2).

- Modifikation der Phasenfolge des Lebenszyklus: Auf der Systemebene folgt der Lebenszyklus mit seinen zwölf Phasen weitestgehend den normativen Vorgaben [5]. Da mechatronische Komponenten auf Grundlage einer Typgenehmigung standardisiert gefertigt werden, ist die Lebenszyklusphase Nr. 7 (Herstellung) hinter die Systemabnahme verschoben.
- Erweiterung der Entwurfsaspekte im Lebenszyklus: In Lebenszyklusphase Nr. 5 erfolgt eine Aufteilung der Systemanforderung auf die in Mechanik, in Hardware und in Software zu realisierenden Anteile. Anschließend erfolgt eine tiefere Spezifikation der Anforderungen und anschließende Implementierung. In der Integration (Lebenszyklusphase Nr. 8) werden die mechanischen, elektrischen Anteile zu einer mechatronischen Funktionseinheit auf Systemebene zusammengefügt.

Die Phase des Entwurfs und der Implementierung (Lebenszyklusphase Nr. 6) wird detailliert dargestellt. Dies würdigt zum einen die spe-

zifischen Besonderheiten des Entwurfs von Hardware und Mechanik sowie zum anderen die zwischen diesen Entwurfsaufgaben bestehenden Abhängigkeiten im Entwurf.

Teilnachweis für elektronisch-rechentechnische Hardware

Ein Lebenszyklus der Entwicklung Hardware für elektronische sicherheitsrelevante Steuerungssysteme ist im Gegensatz zur Softwarenorm [8] in der Normung für Bahnanwendungen nicht dokumentiert. In der Entwicklung sicherheitsrelevanter elektronischer Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge bekommt die Entwicklung in Hardware realisierter Systemanteile den Stellenwert eine eigenen Teilnorm [11]. Darin ist ein Teillebenszyklus für die Entwicklung der Hardware für sicherheitsrelevante Steuerungssysteme enthalten. Die Entwicklung beginnt mit einer Initialisierung der Entwicklung und setzt sich mit einer Spezifikation der Anforderungen fort. Es schließt sich ein Entwurf der Hardware für sicherheitsrelevante Steuerungssysteme an. Der Entwurf wird durch eine parallele Sicherheitsanalyse unterstützt. Eine Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) des schaltungstechnischen Entwurfs nach [12] berücksichtigt die anzunehmenden Ausfallarten nach [7]. Ein Beispiel hierfür sind die Ausfallarten für den Endlagenschalter (Unterbrechung eines Kontaktes, Kontaktverschweißung, Verklemmen in gegenwärtiger Lage). Auf dieser Grundlage erfolgt der Nachweis der Sicherheit gegen zufällige Ausfälle. Es schließen sich die Integration und der Test an. Abschließend werden die schaltungstechnischen Anteile in das mechanische Teilsystem integriert und sind gegebenenfalls auch erst auf der Ebene des integrierten Systems überhaupt testbar (vgl. Abschnitt zum Zusammenhang der Entwurfsaspekte in mechatronischen Systemen).

Teilnachweis mechanische Systemanteile

In der Automobilindustrie hat sich für die Entwicklung komplexer technischer Systeme eine Sammlung bewährter Praktiken bzw. ein Ansatz zur Bewertung des Reifegrades der Systementwicklung herausgebildet [13]. Dieser ursprünglich für die Software-Entwicklung konzipierte Ansatz wurde mittlerweile auf die Entwicklung mechanischer Systeme und Komponenten ausgeweitet (Abb. 2). Die Entwicklung des mechanischen Systems beginnt mit einer Analyse der von der Systemebene zugewiesenen Anforderungen (Lebenszyklusphase Nr. 5). Es schließen sich der Entwurf und die Implementierung des mechanischen Systems an. Entwurfsbegleitend werden die geforderten Funktionen des Weichenantriebs bis auf die Auslegung der Eigenschaften und Merkmale betrachtet (Produkt-FMECA, Failure Modes and Effects and Criticality Analysis). Dabei werden die möglichen Abweichungen betrachtet und die Entdeckungs- bzw. Vermeidungsmaßnahmen zur Sicherstellung der Forderungen definiert [14, 12]. Anschließend werden Anforderungen an einzelne mechanische Komponenten zugewiesen. Die ein-

zelnen mechanischen Komponenten werden entworfen und gefertigt. Hierbei rücken auch die Abläufe zur Herstellung von Komponenten bis zu den Anforderungen an die Prozesseinflussfaktoren in den Fokus (Prozess-FMEA). Dabei werden systematisch mögliche Abweichungen im Fertigungsprozess betrachtet und die Maßnahmen zur Sicherstellung der Abläufe und der Produktmerkmale definiert [14, 12]. Abschließend werden die gewünschten Eigenschaften nachgewiesen. Hierbei kommen unterschiedliche Nachweismethoden zum Einsatz:

Nachweise durch Toleranzanalyse

Jedes gefertigte Bauteil des Weichenantriebs weist deshalb kleine Abweichungen von seiner idealen Geometrie auf. Werden Bauteile mit geometrischen Abweichungen in einem mehrstufigen Fertigungsverfahren weiterverarbeitet, addieren sich die geometrischen Fehler der Einzelteile. Werden Bauteile beispielsweise in einem Montageprozess gefügt, übertragen sich die geometrischen Fehler der Einzelteile des Weichenantriebs auf den Zusammenbau im gesamten Weichenantrieb. Die Toleranzanalyse dient der Prognose der erzielbaren Fertigungsqualität anhand der Toleranzen der beteiligten Einzelteile und Prozesse.

Festigkeits- und Verformungsnachweise

Die einzelnen Bauteile werden gemäß der Finite-Elemente-Methode (FEM) in endlich viele Quader oder Tetraeder aufgeteilt. Das physikalische Verhalten dieser „finiten Elemente“ kann aufgrund ihrer einfachen Geometrie mit bekannten Ansatzfunktionen gut berechnet werden. Die Ansatzfunktionen enthalten Parameter, die in der Regel eine physikalische Bedeutung besitzen, wie z. B. die Verschiebung eines bestimmten Punkts im Bauteil zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die statische und dynamische Festigkeit kann unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren durch Auslegungsregelwerke dimensioniert werden [15].

Nachweise durch Tests

Die gefertigten Komponenten werden gegen den Entwurf und die Anforderungen getestet. Anschließend werden die Komponenten in das mechanische System integriert und dieses Qualifizierungstests unterzogen.

Teilnachweis des Entwurfs und der Implementierung der Software

Die für die Entwicklung von Software relevanten Normen [8, 9] stellen klare Anforderungen an die Nachweisführung der vollständigen und korrekten Umsetzung der in Software realisierten Funktionsanteile. Grundlegend hierfür ist ein systematischer Software-Entwurf, der rückverfolgbar auf die Anforderungen bezogen ist. Die Normen [8] und [9] fordern eine begründete Auswahl von Beschreibungsmitteln und Methoden zur Vermeidung sys-

tematischer Fehler im Entwurf und in der Implementierung. Die Nachweisführung der korrekten Implementierung basiert auf einer angemessenen Kombination von Whitebox- und Blackbox-Testmethoden. Die Anwendung der entsprechenden normativ geforderten Maßnahmen wird frühzeitig in der Entwicklung geplant. Entwicklungsbegleitend wird ein verbindlicher Satz an Dokumenten erzeugt und einer Verifikation und Validierung mit den geforderten Unabhängigkeitsgraden unterworfen.

Zusammenhang der Entwurfsaspekte in mechatronischen Systemen

In mechatronischen Systemen stehen sowohl die Hardware und Software als auch die Hardware und Mechanik in einem wechselseitigen Verhältnis zueinander. Dies ist in Abb. 2 durch die vertikalen Pfeile dargestellt.

Wechselspiel von Hardware und Mechanik

Das Rückmelden der Endlage eines beweglichen Fahrwegelements erfolgt bei elektrischen Weichenantrieben durch Kontakte. Die Kontakte werden durch das betreffende Stellelement betätigt und steuern den Überwachungsstromkreis des elektronischen Stellwerks (Vierdraht-Weichenschaltung). Die zugehörigen Überwachungskontakte sind aus Schutzgründen mit im Gehäuse des Weichenantriebs untergebracht. Dies erfordert, dass jede Weichenzunge über eine längenstabile Prüferstange mit diesen Kontakten verbunden ist [16].

Wechselspiel von Hardware und Software

Die Software-Architekturspezifikation muss die Bedeutung aller Wechselwirkungen zwischen Hardware und Software identifizieren, bewerten und ausführlich beschreiben. Ebenfalls muss im Rahmen der Hardware-/Software-Integration gezeigt werden, dass die Software richtig auf der Hardware läuft, wenn die Hardware über die festgelegte Hardwareschnittstelle verwendet wird. Des Weiteren muss gezeigt werden, dass die Software die Hardwarefehler wie gefordert behandeln und das geforderte Zeit- und Leistungsverhalten nachgewiesen werden kann.

Integration und Validierung

Die Funktion des Weichenantriebs kann nur durch die Integration von Hardware, Software und Mechanik gezeigt werden. Hierfür werden nach erfolgter Integration Funktionsprüfungen durchgeführt. Ziel ist es hierbei, die Eignung des Weichenantriebs für den beabsichtigten Einsatzzweck unter tatsächlich auftretenden Umwelteinflüssen nachzuweisen. Beispiele der durchzuführenden Tests sind Dauererprobungen mit einer definierten Anzahl von Stellzyklen bzw. auch Tests zum Nachweis der zu erwartenden Kräfte sowie der anzunehmenden Schwingungs- und Schockbeanspruchungen.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Beispiel des Weichenantriebs zeigt, dass die Normen für Bahnanwendungen nicht für alle möglichen technischen Realisierungen vollständige Lösungsansätze enthalten. Eine Betrachtung produkt haftungsrechtlicher Rahmenbedingungen zeigt, dass als Maßstab des rechtlich Gebotenen auch übliche Sicherheitspraktiken anderer Branchen herangezogen werden müssen. Die Darstellung in diesem Beitrag zeigt, dass in der Automobilindustrie bewährte Methoden der mechatronischen Systemauslegung und der Sicherheitsanalyse erfolgreich für elektromechanische Bahnanwendungen (insbesondere Weichenantriebe) angewendet werden können. Die Aussagen können erfolgreich in die Struktur eines Sicherheitsnachweises nach DIN EN 50129 integriert werden. ■

QUELLEN

- [1] Maschek, U.: Sicherung des Schienenverkehrs. Springer (Wiesbaden) 2012
- [2] Roddeck, W.: Einführung in die Mechatronik. Springer (Wiesbaden) 2019
- [3] Eisenbahn-Bundesamt: Verwaltungsvorschrift für die Neue Typzulassung (NTZ) von Elektrotechnischen Anlagen (Übergangsregelung für Elektrotechnische Anlagen zur Anwendung bei den Infrastrukturen der Eisenbahnen des Bundes); VV NTZ ÜGR E-Anlagen Ausgabe 1.0, Gültig ab 01.06.2015
- [4] Bundesministerium der Justiz: Bekanntmachung des Handbuchs der Rechtsförmlichkeit. Bundesanzeiger, Jahrgang 60 (Nummer 160a), 22.10.2008
- [5] DIN EN 50126-1:2018-10: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 1: Generischer RAMS-Prozess; Deutsche Fassung EN 50126-1:2017
- [6] DIN EN 50126-2:2018-10: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik; Deutsche Fassung EN 50126-2:2017
- [7] DIN EN 50129:2019-06: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsbezogene elektronische Systeme für Signaltechnik; Deutsche Fassung EN 50129:2018 + AC:2019
- [8] DIN EN 50128:2012-03: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme; Deutsche Fassung EN 50128:2011
- [9] DIN EN 50657:2017-11: Bahnanwendungen - Anwendungen für Schienenfahrzeuge - Software auf Schienenfahrzeugen; Deutsche Fassung EN 50657:2017
- [10] Wilrich, T.: Die rechtliche Bedeutung technischer Normen als Sicherheitsmaßstab. Beuth Verlag (Berlin) 2017
- [11] ISO 26262-5:2018: Road vehicles - Functional safety - Part 5: Product development at the hardware level
- [12] DIN EN 60812:2015-08 - Entwurf: Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA) (IEC 56/1579/CD:2014)
- [13] INTACS (International Assessor Certification Scheme): Process Assessment Model SPICE for Mechanical Engineering (V.1.4). 2017
- [14] Verband der Automobilindustrie: Band 4 - Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie - Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz. 2006
- [15] Forschungsvereinigung für den Maschinenbau: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile. 6. Auflage. VDMA-Verlag (Frankfurt am Main). 2012
- [16] Fenner, W.; Naumann, P.; Trinckauf, J.: Bahnsicherungstechnik. Publicis Verlag (Erlangen) 2003



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



Alles für die Bahnerdung

Personen schützen Bahnbetrieb sichern

Komplettes Sortiment
mit Freigabe der DB Netz AG

DEHN Erdungsbrücken

Im Beton verlegt, sichern sie Erdung,
Rückstromführung und Potentialausgleich.

DEHN Erdungsverbinder

Immer von außen zugänglich, verbinden sie,
was zusammen gehört.



Mehr Info: de.hn/9dsny

DEHN protects.
Überspannungsschutz
Blitzschutz/Erdung
Arbeitsschutz

DEHN SE + Co KG
www.dehn.de

Das TSI-SPOT-Konzept für eine ganzheitliche Instandhaltung



Abb. 1: Verknüpfung und Abgleich von Wayside- und On-board-Messsystemen

Mit dem TSI-SPOT-Konzept kann die Optimierung der Wartungsarbeiten verfeinert werden. Dies führt durch die bessere Planungssicherheit zu niedrigeren Kosten, einer besseren Qualität und zu einer höheren Infrastrukturverfügbarkeit.

Mithilfe des TSI-SPOT¹ (Single Point Of Truth)-Konzepts von Hottinger Brüel & Kjaer Austria GmbH (HBK) werden Bahnunternehmen in die Lage versetzt, wieder einen gesamtheitlichen Blick auf Fahrzeuge und Infrastruktur zu erhalten. Neue Messmethoden und Methoden in der Datenverarbeitung erlauben es, unnötigen Verschleiß, verursachende Abweichungen an Fahrzeugen (Räder und Pantograf) sowie Infrastruktur (Oberbau und Oberleitung) frühzeitig in Echtzeit zu erkennen und durch die hohe Datenqualität sichere, vollständig automatisierte Prognosen von Zeitpunkt und Intensität für zukünftige planbare Instandhaltungseingriffe abzuleiten.

Einleitung

Statt einer gesamtheitlichen Betrachtung des Systems Eisenbahn kam es in den letzten 20 Jahren zu einer starken Teilbetrachtung der einzelnen Subsysteme, die durch die Klammer von Normen und Gesetzen (TSI – Technische Spezifikationen für die Interoperabilität – auf europäischer Ebene) zusammengehalten werden.

Diese Entwicklung war sicherlich wichtig und notwendig, um die stark national orientierten Eisenbahnsysteme aufzubrechen und ein

technisch (weitgehend) kompatibles, europäisches Bahnsystem zu verwirklichen. Damit jedoch der maximale ökonomische Nutzen für Fahrzeugbetreiber und Infrastruktureigentümer – und somit für das Gesamtsystem Bahn – gegeben ist, ist eine wechselseitige Kooperation mit gemeinsamem intrinsischem Willen zur Optimierung der eigenen Subsysteme, unter Berücksichtigung der Interessen des jeweiligen Anderen, erforderlich. Damit dies gelingt, gilt es die Schnittstellen objektiv mithilfe von zuverlässigen Messdaten zu beschreiben und zu bewerten, um unaufgeregt einen Optimierungsprozess umzusetzen. Zentral dafür ist auch ein offener Datenaustausch, der durch die heute verfügbaren Cloud-Ansätze technisch leicht zu lösen ist.

Potenziale

Durch die wechselseitige Datenerfassung und den Messdatenaustausch wird zwangsweise eine gemeinsame Klammer geschaffen, die dazu führt, dass Fahrzeug und Infrastruktur miteinander „sprechen“ und nicht gegeneinander arbeiten.

Folgende Ziele, mit quantifizierbarem monetärem Nutzen auf Fahrzeug- und Infrastrukturseite, können damit erreicht werden (exemplarische Aufzählung):

- Vermeidung von Fahrzeugausfällen im Betrieb → Erhöhung der Verfügbarkeit
- bessere Planbarkeit von Wartung → Standzeit reduzieren, Reduktion von vorzuhaltenden Reserven
- Reduktion Belastungsniveau → Verlängerung Nutzungsdauer
- gezielte Verbesserungen an Komponenten → Optimierung Lebenszykluskosten

- Wartung der richtigen Komponente zum richtigen Zeitpunkt → Verbesserung Nutzungsgrad
 - Verminderung Risiken bei EVU/IB/Hersteller durch frühzeitige Erkennung von Tendenzen → Risikobeherrschung
 - Vergleich Komponenten Degradationsrate → Lieferanten und Technologievergleich
 - Verschleißanalysen → Basisdaten für Normungen, Beschaffungen, Entwicklungsvorgaben
- Diese generalisierte Aufzählung, die für Fahrzeug und Infrastruktur gleichermaßen gültig ist, zeigt, dass durch das Mehr an Information die jeweiligen Teilsysteme optimiert (in die richtige Richtung, da keines der beiden von hohen Belastungen auf das jeweilige Asset profitiert) werden können.

Bei Reduktion der Belastungsniveaus treten als weitere Nebeneffekte eine Steigerung des Fahrgastkomforts sowie Reduktion des Schallniveaus auf, die Anrainer und Umwelt entlasten und die Akzeptanz des Eisenbahnverkehrs verbessern.

TSI-SPOT – Single Point Of Truth

Unter dem Begriff TSI-SPOT bietet HBK ein Ökosystem an Sensoren, Datenerfassungssystemen und Softwarelösungen für die Datenauswertung und -simulation (HBK Prencsia, inkludiert KI-Lösungen) sowie Verknüpfung mit kommerziellen Daten (HBK Reliasoft, XFRA-CAS) für die Bahnindustrie an. Mittels dieser Komponenten können durch offene Schnittstellen und hohe Flexibilität eigene Systeme designed werden, aber auch abgestimmte Komplettsysteme für folgende Lösungsaspekte eingesetzt werden:

- Wayside Train Measurement beurteilt präzi-

¹TSI-SPOT ist eine eingetragene Marke der Firma Hottinger Brüel & Kjaer Austria GmbH

se den Wartungszustand der Räder und das Laufverhalten der Fahrzeuge.

- On Board Track Measurement überprüft autonom mit Sensoren in den Fahrzeugen die Lage der Gleise und den Zustand der Oberleitungen während der Fahrt.
- On Board Vehicle Measurement meldet mit Sensoren, wann Wartungsarbeiten an den Fahrzeugen fällig werden.

Durch das TSI-SPOT-Konzept wird ein Datenbestand erreicht, der den Anspruch hat, korrekt zu sein (hohe Datenqualität) und auf den man sich verlassen kann (fachliche Interpretation). Dabei sind Redundanzen gewollt. So können beispielsweise die Daten aus den „Measurement“-Systemen mit Daten aus „Monitoring“-Systemen ergänzt werden, wobei das Datenmodell natürlich die niedrigere Datenqualität und niedrigere Aussagekraft der Monitoring-Daten berücksichtigt. Bei der Einführung des SPOT-Konzepts ist zu beachten, dass die fachlichen Anforderungen deutlich größer als die Anforderungen an die IT sind. Der Datenaustausch und -abgleich zwischen diesen unterschiedlichen Systemen und die Rückführbarkeit der Messergebnisse, kombiniert mit der Verschränkung von kommerziellen Daten, führt zu einer belastbaren Gesamtsicht. Mittels moderner Vorhersagemodelle werden zuverlässig zukünftige Trends berechnet und auf den Bedarf des Kunden so abgestimmt, dass diese für Instandhaltungsmaßnahmen direkt genutzt werden können. Für digitale Transformationsprozesse sind diese Systeme unabdingbar und führen zu rascheren und sichereren Entscheidungen.

Erfolgsfaktoren für TSI-SPOT

1. Zuverlässige Aussagen der Systeme sind wesentlich, um die technischen und ökonomischen Vorteile der Daten zu materialisieren. Genaue und damit belastbare Messwerte sind eine Grundvoraussetzung. Diagnose- oder Monitoringdaten liefern meist nur Ausfallmeldungen oder Messdaten in unzureichender Genauigkeit. Diese Daten können interessante Metadaten darstellen, sind jedoch mit zu großen Streuungen behaftet, um für sichere Predictive-Maintenance-Prozesse eingesetzt werden zu können. Daher ist die Ausrüstung von Fahrzeug und Infrastruktur mit dezidiertem Messtechnik eine Grundvoraussetzung.
2. Durch europäische Richtlinien (u.a. [2]), Verordnungen und Normen besteht im transeuropäischen Eisenbahnverkehr eine Kohärenz von Infrastruktur und Fahrzeugkennwerten. Grundsätzlich ist zu den für Predictive Maintenance erforderlichen Daten festzuhalten, dass diese bereits deutlich unter Norm- und Sicherheitsgrenzwerten ansetzen. Auch sind diese Daten (in Teilbereichen sehr wohl) noch nicht auf dem Genauigkeitsniveau, das beispielsweise durch dezidierte Messzüge erzielt wird. Einige Informationen sind dagegen nur während des

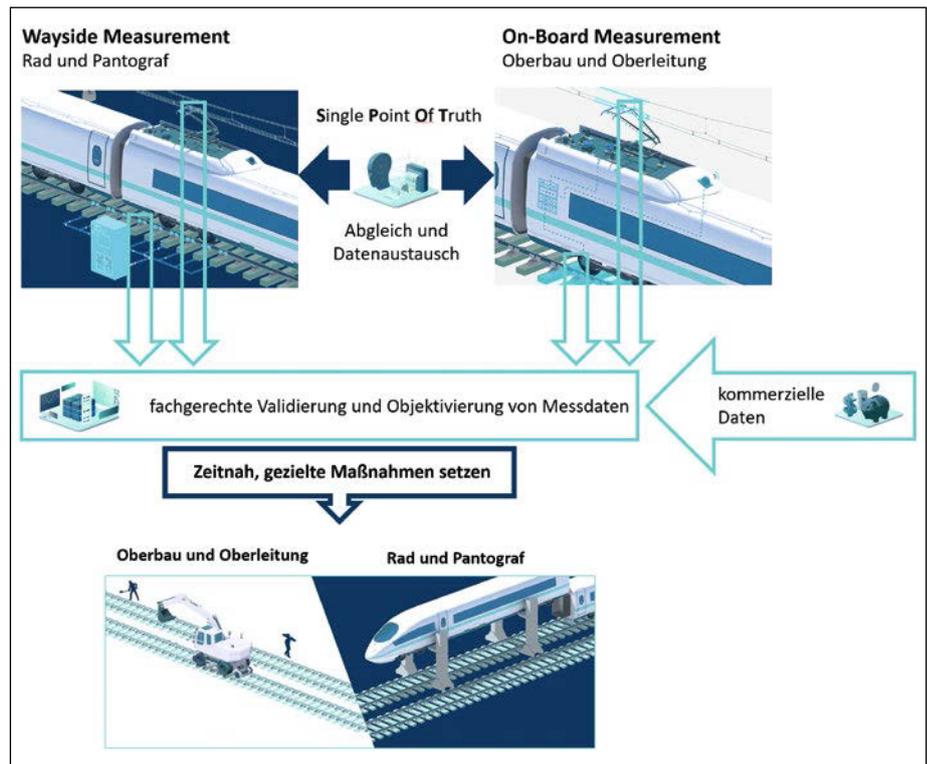


Abb. 2: TSI-SPOT (Single Point Of Truth)-Prozess zur Maßnahmensetzung

Fahrzeuglaufs festzustellen, wie beispielsweise instabiler Fahrzeuglauf, der durch infrastrukturseitige Messstellen für alle diese basierenden Fahrzeuge festgestellt werden kann.

3. Kontinuierliche On-board- und Wayside-Messungen liefern einen erheblichen Datenstrom. Es ist unerlässlich, dass ein Datenaustausch sowie -abgleich und eine Datenverdichtung mit nachfolgender Transformation der Daten in strukturierte Information bereits am Fahrzeug bzw. an der Infrastruktur erfolgt, um dies sinnvoll für die Wartung einsetzen zu können.
4. Erst durch die aktive Nutzung der Daten entstehen die erheblichen monetären Vorteile. Nachdem der volle Nutzen erst dann gehoben wird, wenn der jeweils andere Partner (Infrastruktur, Fahrzeug) die Daten ebenfalls für seine Instandhaltung einsetzt, landet man bei der Frage, wie man ihn dazu bewegen kann, schnell bei zwei Möglichkeiten – man zwingt ihn rechtlich, was aufgrund der derzeitigen rechtlichen Lage wohl unmöglich ist, oder man schafft einen Anreiz. Ein Anreiz, der sehr gut funktioniert, wie Beispiele von Produktivsystemen aus den USA und von der SBB zeigen, ist, wenn man die Daten kostenfrei dem Partner zur Verfügung stellt. Ein zusätzlich institutionalisierter Erfahrungsaustausch beschleunigt dann die Umsetzung nochmals, wie die Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt haben. Diese Erfahrungen haben auch gezeigt, dass die Umsetzungen für Predictive Maintenance oft rasch scheitern, sobald zu hohe Kosten

für die Datenweitergabe verrechnet werden.

5. Die Informationen und Daten müssen natürlich in einem offenen, strukturierten Datenstandard ausgetauscht werden, um eine einfache Nutzung der Daten für analytische Zwecke zu ermöglichen. Wesentlich ist dabei weniger das Format und der Übertragungsweg, sondern vielmehr die Dokumentation der einzelnen Dateninhalte. Die Genauigkeit und Struktur der Daten sind die weiteren wesentlichen Parameter, die zu beachten und zu dokumentieren sind.

Zusammenfassung

Effiziente, neue Wartungsprozesse erfordern belastbare, genaue Real-Daten über die Schnittstellen von Fahrzeug und Infrastruktur. HBK ist in der Lage, ein Ökosystem an Sensoren, Datenerfassungssystemen und Softwarelösungen für die Datenauswertung und -simulation sowie Verknüpfung mit kommerziellen Daten für die Bahnindustrie anzubieten. Für digitale Transformationsprozesse sind diese Systeme unabdingbar, führen zu rascheren und sichereren Entscheidungen und sind in der Lage, erhebliche Einsparungen in der Wartung zu realisieren.

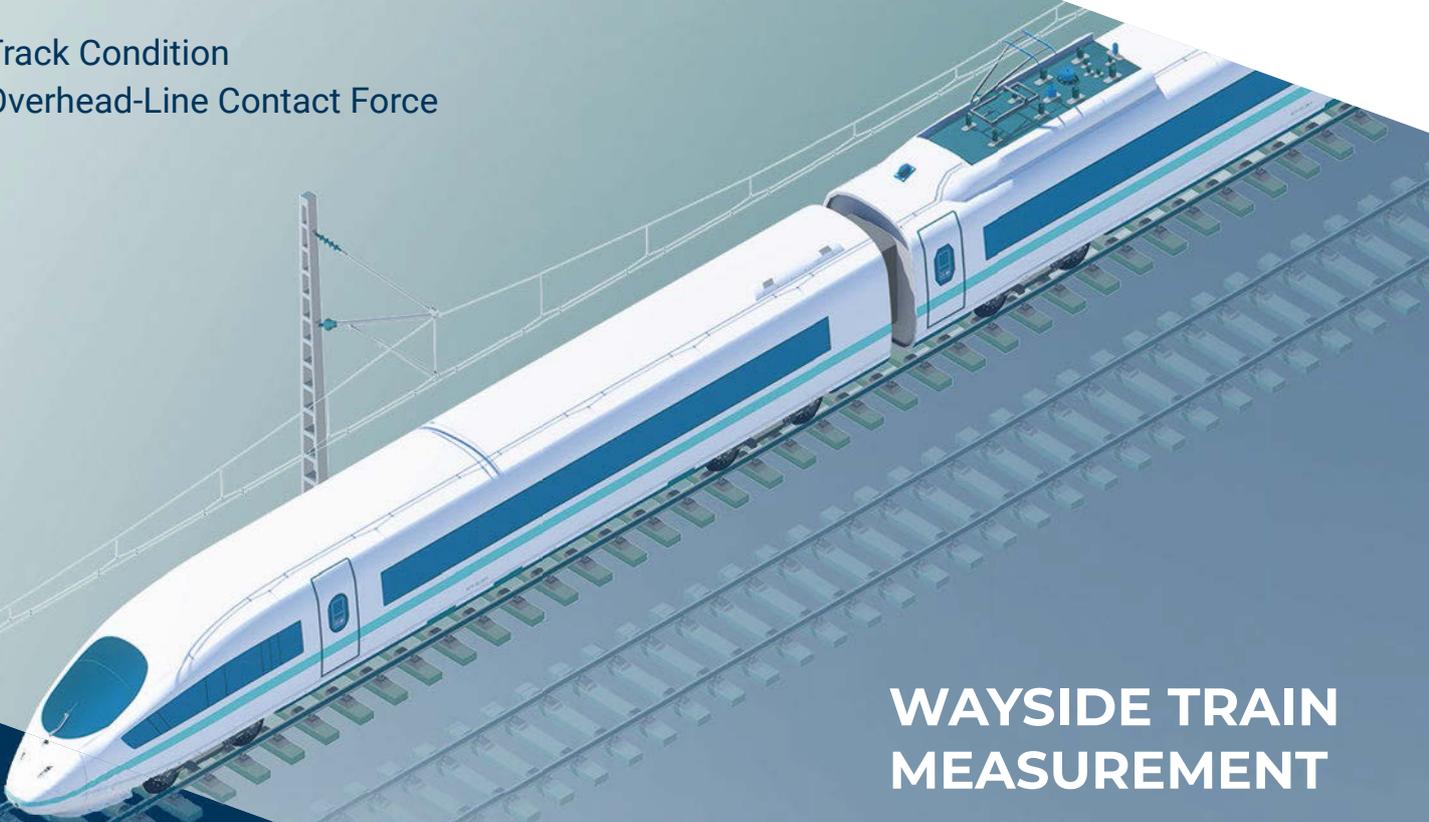
Dipl.-Ing. Dietmar Maicz, Railway und Infrastruktur-Monitoring Experte

QUELLEN

- [1] Next Generation Maintenance (NGM): Höhere Effizienz mittels Messdaten aus Fahrzeug und Infrastruktur zur Optimierung der Instandhaltung im Rad / Schiene Kontext, Rad-Schiene Klosterneuburg 2019
- [2] Richtlinie 2001/16/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die Interoperabilität des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems

ONBOARD MEASUREMENT

- Track Condition
- Overhead-Line Contact Force



WAYSIDE TRAIN MEASUREMENT

- Running Behaviour
- Wheel Defects

ARGOS®

TSI-SPOT®

SINGLE POINT OF TRUTH

The TSI-Spot® concept provides you with pioneering solutions for the modern and efficient infrastructure and vehicles maintenance. Reliable and accurate measurement data enables the next generation of maintenance:

- Maximum protection of the track and superstructure
- Maintenance reduction of vehicles and infrastructure
- Overall concept for onboard vehicle and wayside measurement systems

Fahrzeugnachrüstung für den Digitalen Knoten Stuttgart

Um 333 S-Bahn- und Regionaltriebzüge mit ETCS und weiteren Techniken auszurüsten, gehen Bund, Land, Region, Industrie und DB in vielfacher Hinsicht neue Wege.

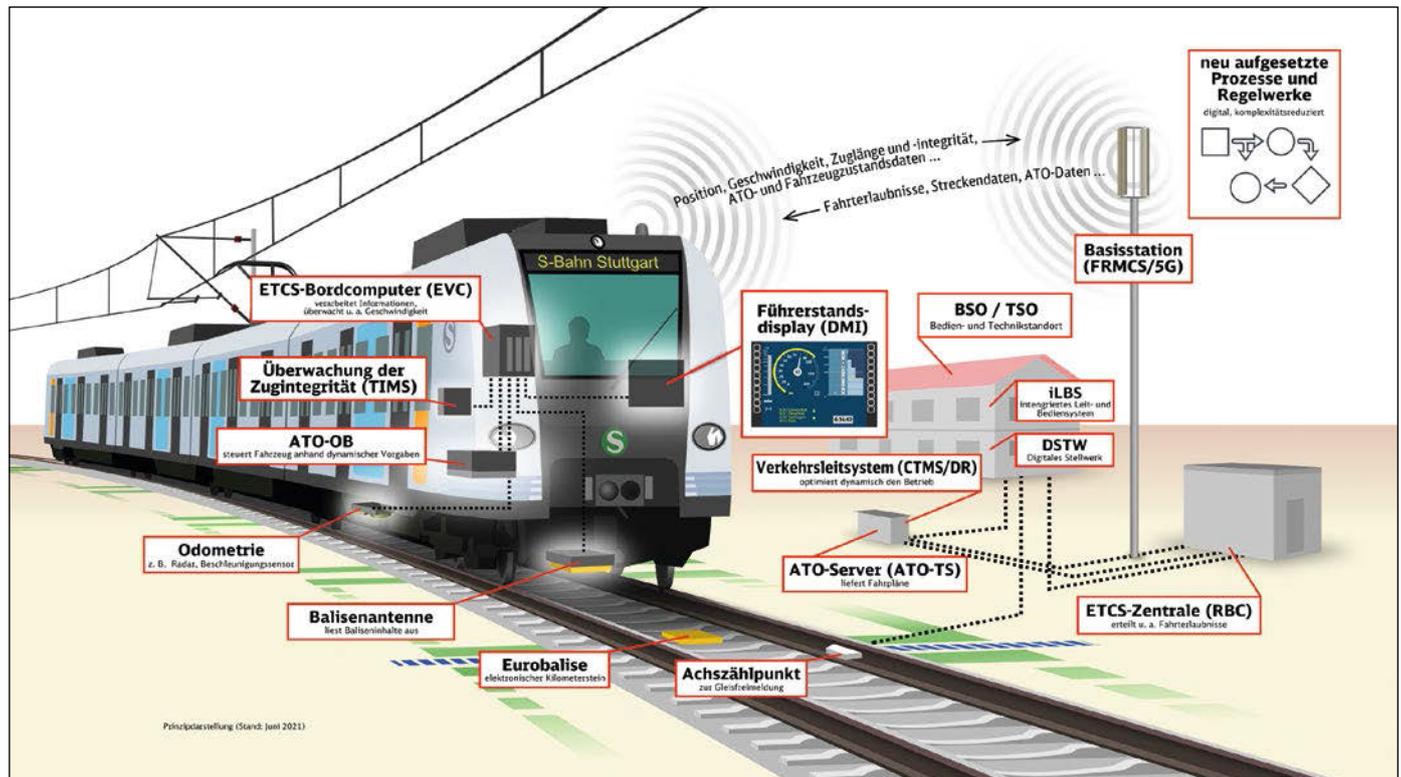


Abb. 1: Mit der im DKS pilotierten DLST wird ein wesentlicher Teil der LST auf das Fahrzeug verlagert. Dargestellt ist der Endzustand im Horizont 2030 (mit Baustein 3 des DKS), exemplarisch am Beispiel einer S-Bahn. Die Ausrüstung erfolgt entsprechend dem Betrieblich-Technischen Zielbild der Digitalen Schiene Deutschland.

Quelle: Deutsche Bahn

**FRANK DIETRICH | MARCO MEYER |
RENE NEUHÄUSER | FLORIAN ROHR |
THOMAS VOGEL | NORMAN WENKEL**

Um ab 2025 im Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) „ohne Signale“ mit maximierter Leistungsfähigkeit zu fahren, sind die gesamte S-Bahn- sowie die betroffene Regionalverkehrsflotte mit European Train Control System (ETCS) nachzurüsten. Nach dreijähriger Vorbereitung verbleiben nach der Vergabe an Alstom nun noch dreieinhalb Jahre für Engineering, First-in-Class- und Serienrüstung. Erstmals in Deutschland werden dabei ganze Vollbahnflotten mit ATO GoA 2 und ETCS Level 3 ausgerüstet. Auch finanziell und organisatorisch werden im Zuge einer gemeinsamen Kraftanstrengung neue Wege beschritten. Ein erster Einblick in ein bislang einzigartiges Großprojekt.

Motivation

Im Rahmen des DKS wird die Eisenbahn-Infrastruktur in der Region Stuttgart bis 2030 schrittweise mit Digitaler Leit- und Sicherungstechnik (DLST) ausgerüstet. Bis 2025 werden zunächst im Kern des Knotens – darunter die S-Bahn-Stammstrecke und der im Rahmen von Stuttgart 21 (S21) entstehende neue Hauptbahnhof mit seinen Zulaufstrecken – ein Digitales Stellwerk (DSTW) und ETCS Level 2 „ohne Signale“ (oS) in Betrieb genommen [1]. Bis 2030 folgt schrittweise die übrige Region, dazu werden technische Weiterentwicklungen entsprechend dem Betrieblich-Technischen Zielbild (BTZ) der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) verfolgt [2]. Dazu zählen unter anderem „hochautomatisierter Fahrbetrieb mit Triebfahrzeugführer“ (ATO GoA 2, Automatic Train Operation Grade of Automation 2), ein Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (Capacity and Traffic Management System, CTMS), ETCS

Level 3 (Hybrid) sowie das GSM-R-Nachfolgesystem FRMCS (Future Railway Mobile Communication System). Das Vorhaben umfasst mehr als 500 Netzkilometer und ist Teil des DSD-Starterpaketes, in dessen Rahmen bis 2030 die Grundlagen für den bundesweiten DSTW/ETCS-Roll-out gelegt und pilotiert werden. Erstmals in Deutschland wird dabei nicht nur ein Knoten mit DLST ausgerüstet, sondern die Technik auch für maximale Leistungsfähigkeit und erhöhte Resilienz geplant. Einer wesentlich vereinfachten Infrastruktur steht dabei im DKS eine deutlich aufwendigere Fahrzeugausrüstung gegenüber. Während viele Feldelemente wie Signale, PZB-Magneten und Achszählpunkte nicht mehr erforderlich sind, müssen dafür insbesondere für ETCS eine Reihe von Komponenten an Fahrzeugen nachgerüstet werden, darunter das ETCS-Bordgerät, komplexe Odometrie und Funk. Nur im engen, in Abb. 1 verdeutlichten Zusammenspiel von Fahrzeug, Infrastruktur und Betrieb

	Typ	Anzahl	Hersteller	Inbetriebsetzung	Konfiguration	Eigentümer	Betreiber	Zugbeeinflussung
	Baureihe 423	60	Bombardier / Alstom	1999–2005	4-teilig	DB Regio	DB Regio	PZB
	Baureihe 430	97	Bombardier	2011–2016	4-teilig	DB Regio	DB Regio	PZB
		58 (2. Serie)	Bombardier	ab 2022				PZB
	Flirt 3	13	Stadler	seit 2018	3-teilig	SFBW	Go-Ahead	PZB
		9		seit 2018	4-teilig			PZB, LZB
		19		seit 2018	5-teilig			PZB
		14		seit 2018	6-teilig			PZB, LZB
		11		seit 2019	„XL“, 3-teilig			PZB
	Talent 3	26	Bombardier	seit 2019 (Vorserie ab 2017)	3-teilig	SFBW	Abellio	PZB
		26			5-teilig			PZB

Tab. 1: Überblick über die insgesamt 333 zur Nachrüstung ausgewählten Triebzüge, deren Nachrüstung in vier Losen ausgeschrieben wurde. Die vier Typen bildeten jeweils ein Los.

Quelle: Deutsche Bahn, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Typ	Anzahl	Inbetriebsetzung	Hersteller	Eigentümer	ETCS-Ausrüstung
Talent 2 (4-Teiler)	16	2017	Bombardier	SFBW	vorbereitet
Baureihe 146.2	10	2005	Bombardier	DB Regio	nicht vorbereitet
Baureihe 147	20	2016	Bombardier	DB Regio	teilausgerüstet (Baseline 2)
Doppelstock-Steuerwagen	12	2003-2009	Bombardier	DB Regio	nicht vorbereitet

Tab. 2: Im Knoten Stuttgart geplante Fahrzeuge, die nicht mehr im Auftrag des Landes Baden-Württemberg mit ETCS ausgerüstet und spätestens ab 2025 in anderen Regionen zum Einsatz kommen werden.

Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

kann es gelingen, die mit dem DLST-Roll-out verfolgten Kapazitätsziele auch zu erfüllen [3].

Konzeption

Ausgangspunkt der Überlegungen waren die Ergebnisse der S-Bahn-ETCS-Untersuchung von 2018 [4], die eine schnelle und mit der Infrastruktur koordinierte Ausrüstung der insgesamt 157 Triebzüge der Baureihen 423 und 430 mit ETCS Level 2 und ATO GoA 2 empfahl [5]. Im Januar 2019 entschied die Region, als Aufgabenträger der S-Bahn, auf dieser Grundlage mit breiter Mehrheit, die S-Bahn-Flotte um 58 Triebzüge der Baureihe 430 auszuweiten [6]. Die damals für 2025 im Knoten Stuttgart geplanten Regionalverkehrsflotten, die sich bereits damals weitgehend im Eigentum der Landesanstalt Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg (SFBW) befanden, zeigten hingegen ein deutlich heterogeneres Bild: Das Spektrum umfasste 176 Triebzüge bzw. Fahrzeuge unterschiedlicher Typen aus sechs Baureihen, vom einzelnen bereits 2003 in Betrieb genommenen Steuerwagen bis hin zu modernen und für ETCS vorbereiteten „Flirt 3“- und „Talent 3“-Flotten mit jeweils mehr als 50 Triebzügen in verschiedenen Konfigurationen. Eine im Auftrag des Landes durchgeführte Studie empfahl 2019, kleine bzw. ältere Flotten nicht mehr nachzurüsten. Maßgeblich dafür waren die hohen Fixkosten, die für die Ausrüstung des ersten Triebfahrzeuges anfallen (First-in-

Class, FiC), aber auch die Vertragsdauer der zu Grunde liegenden Verkehrsverträge sowie die für Nachrüstungen bis zur Inbetriebnahme der Infrastruktur verbleibende Zeit.

Nachdem einige Verkehrsverträge ohnehin für den Zeitraum ab 2025 (mit Neufahrzeugen) neu zu vergeben sind, das Verkehrsangebot überdies deutlich über das bislang geplante Maß ausgeweitet werden sollte, entschied das Land, 66 „Flirt 3“- und 52 „Talent 3“-Triebzüge nachzurüsten (Tab. 1). Die übrigen 58 Triebfahrzeuge bzw. Steuerwagen werden nicht nachgerüstet und spätestens ab 2025 in anderen Regionen zum Einsatz kommen (Tab. 2). Stattdessen wird das Land zunächst 130 neue, vierteilige Doppelstock-Regionaltriebzüge beschaffen, die „ab Werk“ ausgerüstet und voraussichtlich im Oktober 2021 vergeben werden.

Notwendige und zielführende Förderung

Eine 2018 im Auftrag des Bundes vorgelegte Machbarkeitsstudie [7] zum flächendeckenden Roll-out von DSTW und ETCS empfiehlt, damit kurzfristig zu beginnen, hierzu bis 2030 alle in Deutschland verkehrenden Triebfahrzeuge mit ETCS (zusätzlich zur punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB)) sowie bis 2040 die gesamte Infrastruktur netzbezirkweise mit DSTW und ETCS (Level 2/3, oS) auszurüsten. Dies ist nicht nur volkswirtschaftlich wesentlich sinnvoller als eine schleppende

Einführung, sondern bereitet zusätzlich den Weg, eine Reihe von Nutzen zu heben – beispielsweise zusätzliche Fahrwegkapazität, geringeren Instandhaltungsaufwand und weitergehende Digitalisierung, unter anderem mit ATO. Inzwischen streben Bund, Deutsche Bahn AG (DB) und Industrie an, den DSTW/ETCS-Roll-out bis 2035 abzuschließen [8]. Gleichwohl Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) langfristig von den Effizienzgewinnen der Infrastruktur (über geringere Trassenpreise) profitieren und dies inzwischen auch in das Eisenbahnregulierungsgesetz aufgenommen wurde [9], ist aufgrund der wesentlich früher anfallenden Nach- bzw. Ausrüstungskosten eine staatliche Förderung erforderlich [7]. Im Rahmen eines Modellvorhabens fördert der Bund im DKS erstmals die ERTMS- und ATO-Fahrzeugausrüstung mit bis zu 200 Mio. EUR [10, 11]. Weitere 65 Mio. EUR werden mit hoher Wahrscheinlichkeit im Rahmen des Klimaschutz-Sofortprogramms [12] 2022 bereitgestellt. Damit werden wesentliche Grundlagen für den Roll-out gelegt, Erfahrungen gesammelt und die Potenziale von Kapazitätssteigerungen einer zeitlich und räumlich koordinierten ERTMS-Einführung ermittelt [10]. Die EU steuert weitere bis zu 21 Mio. EUR aus der 2019 CEF Transport Blending Facility für die Regional- und S-Bahn-Flotten bei [13]. Beide Förderinstrumente standen bzw. stehen auch weiteren Fahrzeughaltern bzw. Verkehrsunternehmen offen.

Fahrzeugausrüstung (nach Anhang 2, Abschnitt A der Förderrichtlinie 10)	Nutzen im Gesamtsystem
ETCS-Ausrüstung (Anforderung 1)	Verzicht auf Doppelausrüstung der Infrastruktur => weniger Kosten, mehr Fahrwegkapazität
ETCS nach SRS 3.6.0 (1)	Spätere Bremsensatzpunkte => mehr Fahrwegkapazität Grundlage für GPRS und Online Key Management
Verkürzte ETCS-Verarbeitungszeiten (13)	Mehr Fahrwegkapazität, auch durch kürzere Blockteilung
Gamma-Bremssystem (12)	Spätere Bremsensatzpunkte => mehr Fahrwegkapazität, etwas kürzere Fahrzeiten
FRMCS (3, 4, 19)	Einsparungen durch beschleunigte Migration und potenziell weniger notwendige Maststandorte
GSM-R-Funkmodul mit Unterstützung erweiterter Frequenzen und (...) (5)	Weniger GSM-R-Infrastrukturaufwand aufgrund erweiterter Planungsspielräume
Online Key Management (5)	Automatisiertes und somit effizientes und weniger aufwendiges Schlüsselmanagement
Antennen und Verkabelungen für zukünftige Frequenzen (6, 22)	Einsparungen durch beschleunigte FRMCS-Migration
Standardisierte Schnittstellen (7, 18)	Einfachere spätere Hochrüstung und Austauschbarkeit Vermeidung Herstellerabhängigkeit => mehr Wettbewerb, zukünftige Kostensenkungen
Zugvollständigkeitsüberwachung / Level 3 (8)	Weniger Kosten und Störungen durch weniger ortsfeste Gleisfreimeldung
Cold Movement Detection (14)	Schnelleres Aufstarten nach „Kaltstart“ => schnellere Räumung von Gleisen => mehr Fahrwegkapazität Potenziell weniger Balisen
ATO GoA 2 (16, 17, 24)	Grundlage für vorausschauendes Fahren => mehr Qualität und zukünftig mehr Fahrwegkapazität Weniger Traktionsenergiebedarf
Übertragung von Fahrzeugzustandsinformationen (23)	Präzisere Regelung und bessere Vorausschau im Zusammenspiel von CTMS und ATO GoA 2 => mehr Qualität und zukünftig mehr Fahrwegkapazität

Tab. 3: Anforderungen nach Förderrichtlinie und damit erzielte Wirkungen im Gesamtsystem

Quelle: Deutsche Bahn

Durch die der Förderung zugrunde liegenden Bedingungen gelingt es, Fahrzeuge in einer für das Gesamtsystem (und somit gesamtwirtschaftlich) sinnhaften Weise, im Einklang mit dem BTZ für die infrastrukturseitigen Systeme, auszurüsten – weit über bloße Netzzugangsbedingungen hinaus, die nur das Nötigste fordern. Tab. 3 fasst die Anforderungen der Förderrichtlinie des Bundes und die damit erzielten Wirkungen im Gesamtsystem zusammen. Abb. 2 verdeutlicht den Kapazitätsnutzen derart optimierter Fahrzeuge an einem Beispiel: Durch ETCS sind Position und Geschwindigkeit des vorausfahrenden Zuges bekannt und wird auch eine dichte Blockteilung ermöglicht. Koordiniert durch CTMS, das u. a. Traktions- und Bremszustand des Fahrzeugs kennt, kann mittels ATO GoA 2 der nachfolgende Zug, in Erwartung der Bewegung des vorausfahrenden Zuges, bis haarscharf unter die Zwangsbremseinsatzkurve geführt werden. Darüber hinaus tragen u. a. auch optimierte ETCS-Bremskurven, verkürzte Verarbeitungszeiten sowie schneller, robuster Bahnbetriebsfunk (mit FRMCS) dazu bei, dichtestmögliche Zugfolgen zu realisieren (Abb. 2). Im Übrigen werden die „Blaupausen“ – entsprechend einer weiteren Förderbedingung des Bundes – im Rahmen der Fördermittel-Dokumentation öffentlich zur Verfügung gestellt und stehen zur zügigen und vergleichsweise einfachen Nachrüstung baugleicher Fahrzeuge bundesweit bereit.

Der Weg zur Vergabe

Der Bereich Beschaffung der DB und die DB Systemtechnik verfügen über mehr als

15 Jahre Erfahrung mit ETCS-Fahrzeugausrüstung unter vielfach komplexen Randbedingungen [14]. Neben der S-Bahn Stuttgart greift auch das Land Baden-Württemberg auf diese in Deutschland einzigartige Expertise zurück, um das anspruchsvolle Ausrüstungsprojekt zum Erfolg zu führen. Die SFBW hat dazu nach einer Ausschreibung die DB Regio AG, S-Bahn Stuttgart mit dem Projektmanagement beauftragt, die DB Beschaffung fungiert für beide als (Unter-)Auftragnehmer. Durch diese gemeinsame Struktur werden nicht nur knappe Ressourcen und Erfahrungsträger bestmöglich genutzt, sondern – im Lichte sehr ähnlicher Herausforderungen – auch weitere Synergieeffekte in der Projektentwicklung gehoben.

Unmittelbar nach Bestätigung der Förderunschädlichkeit durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) wurde im Januar 2020 mit der Konzeption der Vergabeverfahren begonnen. Ausgehend von bewährten Lastenheften – beispielsweise aus der ETCS-Nachrüstung von ICE-Triebzügen und der Digitalen S-Bahn Hamburg – galt es, neue und weiterentwickelte Anforderungen zu entwickeln. Die Ausrüstung, im Einklang mit dem BTZ der Infrastruktur, geht dabei weit über ein einfaches ETCS nach aktueller ETCS-Spezifikation (mit SRS 3.6.0) hinaus, beinhaltet beispielsweise ETCS Level 3 (einschließlich Zugintegritätsüberwachung (TIMS)) und Fahrzeugzustandsdaten (Train Capability) für CTMS (Tab. 3). In einer vorgelagerten Markt- und Produkterkundung sowie zahlreichen Runden wurde um gute Lösungen gerungen, besonders für Innovationselemente und Detailoptimierungen. Für einzelne,

nicht abschließend spezifizierte Themen, beispielsweise zu FRMCS und TIMS, wurde eine Innovationskooperation mit dem Lieferanten vorgesehen. Da im Übrigen nicht klar war, ob alle potenziellen Bieter alle Anforderungen tatsächlich erfüllen können, wurden bestimmte Anforderungen nicht als Muss- sondern optionale Anforderungen ausgewiesen, um den Wettbewerb möglichst wenig einzuschränken. Die Ausrüstung erfolgt im Übrigen vorausschauend in zwei Stufen: In einer ersten Stufe wird sichergestellt, dass alle Fahrzeuge 2025 mit ETCS im Knoten fahren können, in einer zweiten folgt ein Upgrade auf die nächste ETCS-Spezifikation, die Ende 2022 veröffentlicht wird. Dabei wird FRMCS in Stufe 1 zunächst soweit vorbereitet, dass hardwareseitig mit Stufe 2 lediglich das Funkmodul zu tauschen und das FRMCS-Gateway einzubauen sein wird. Weitere Elemente, wie Level 3, werden erst später vollumfänglich genutzt werden. Angesichts der tiefgreifenden Eingriffe, zu der bereits die bloße ETCS-Nachrüstung führt, war es geboten, diese Ausrüstungselemente bereits jetzt mit vorzusehen. So kann mit geringstmöglichem Aufwand ein erheblicher Nutzen entfaltet werden. Bestandteil der Vergaben ist im Übrigen auch ein langlaufender Softwarepflegevertrag. Die folgende Aufstellung zeigt schlaglichtartig einige der Anforderungen der Ausschreibungen:

- Die ETCS-Fahrzeugausrüstung sendet Position-Reports spätestens 1,0 Sekunden nach dem Lesen der zugehörigen Balise.
- Die ETCS-Fahrzeugausrüstung verwendet KDry_rst-Faktoren, die abhängig sind von der Zuglänge.

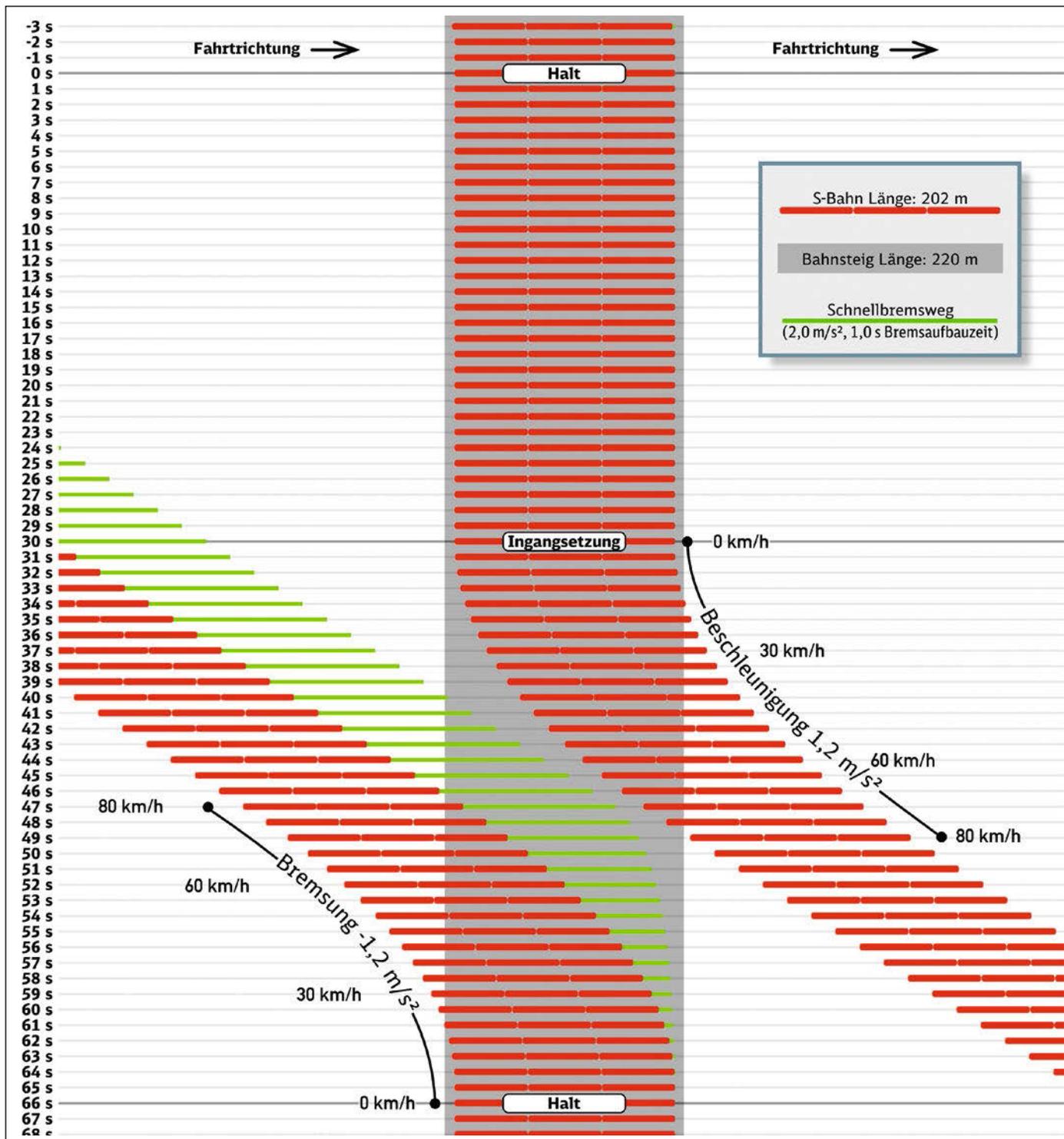


Abb. 2: Modellhafte Veranschaulichung des vorausschauenden Fahrens am Beispiel einer dichten Zugfolge am Bahnsteig

- EuroRadio ist so realisiert, dass eine Anbindung an ein FRMCS-Gateway über ein in der TSI ZSS 2022 definiertes Interface durch ein Software-Upgrade erreicht werden kann. Hierzu verfügt EuroRadio bereits physisch über diese Schnittstelle.
- Die ATO realisiert eine Haltegenauigkeit von ± 2 m mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,99 %.
- Die Schnittstellen des Fahrzeugs mit der ETCS- und ATO-Fahrzeugausrüstung ent-

sprechen Subset 119 und 139 gemäß den auf der OCORA-Webseite [...] veröffentlichten Vorgaben.

- Das Fahrzeug überträgt die maximal verfügbare Traktionskraft (auch unter Berücksichtigung von Mehrfachtraktion und reduzierter Leistung) absolut in 1-kN-Schritten und normiert auf 100 % in 5 %-Schritten an die Strecke.
- Der Auftragnehmer (AN) erstellt ein Konzept zur Realisierung der Funktionen Zugvollständigkeit und Zuglänge.

- Der AN beauftragt den Fahrzeughersteller, ein Backoffice bereitzustellen, das die Daten des Fahrtenschreibers und alle relevanten Daten für Fehleranalysen der ETCS- und ATO-Fahrzeugausrüstung für mindestens ein Jahr empfängt und speichert.

Parallel zu den Lastenheften wurden weitere Grundlagen der Ausschreibung erarbeitet, darunter zahlreiche technische Dokumente und ein Entwurf für den zu verdingenden Vertrag. Um den Wettbewerb zu stärken,

wurden vier voneinander unabhängige Lose gebildet (Tab. 1). Im Juli 2020 wurde zum Teilnahmewettbewerb aufgerufen. Aufgrund der besonderen Anforderungen an die Technik, den straffen Zeitplan sowie die besonderen Qualitätsanforderungen für einen robusten Hochleistungsbetrieb, wurden bewusst hohe Hürden gesetzt, insbesondere in Bezug auf bisherige ETCS-, PZB-, LZB- und ATO-Projekte, Qualitätsmanagement und Zulassungserfahrungen. Anschließend folgten Aufklärungsgespräche, die Angebots- und Verhandlungsphasen mit unzähligen Bietergesprächen und zum Abschluss die Aufforderung zum Best and final Offer (BAFO) mit anschließender Auswertung. Letztlich konnten alle qualifizierten Bieter die gestellten technischen Anforderungen erfüllen. Lediglich die geforderte Haltegenauigkeit von +/- 0,5 m wurde mit einer geringeren Zuverlässigkeit als gewünscht angeboten. Die für den DKS entwickelten Lastenhefte dienen dem flächenhaften Roll-out als eine Referenz.

Vergabe

Unmittelbar nachdem das EBA Ende Juni 2021 Unbedenklichkeitsbescheinigungen für den vorzeitigen Maßnahmenbeginn erteilte, wurden alle vier Lose an die Alstom Transport Deutschland GmbH vergeben. Der Auftragswert für die Nachrüstung der 215 bzw. 118 Triebzüge liegt bei jeweils rund 130 Mio. EUR [15, 16]. Darin enthalten ist die gesamte FiC sowie die Serienausrüstung der Regionaltriebzüge durch Alstom. Die Serienausrüstung der S-Bahn-Triebzüge erfolgt hingegen im Rahmen eines separaten, noch nicht vergebenen Auftrags durch die DB Fahrzeuginstandhaltung, mit der von Alstom gelieferten Hardware und mit Unterstützung des Lieferanten.

Bei den Regionaltriebzügen entfallen dabei fast drei Viertel der Vergabesumme auf die FiC-Ausrüstung und Zulassung von sieben Prototyp-Fahrzeugen, die Serienausrüstung der übrigen 111 Triebzüge macht hingegen nur wenig mehr als ein Viertel der Gesamtkosten aus. Bei der FiC-Umrüstung entfallen wiederum auf die bloße ETCS-Ausrüstung annähernd drei Viertel der Kosten, auf die übrige Technik und weitere Nebenleistungen wie Softwarepflege und Schulungen etwas mehr als ein Viertel. In der Serienumrüstung ist der Anteil von ETCS an der technischen Ausrüstung noch größer. Abgesehen von ATO GoA 2, bleiben dabei alle leistungssteigernd wirkenden Funktionen jeweils im niedrigen vierstelligen Euro-Bereich und machen in Summe weniger als ein Sechstel der Kosten aus. Die erstmalige Fahrzeugausrüstung im Einklang mit dem BTZ, einschließlich ETCS, kostet in der Serie rund 300 000 EUR je Triebzug.

Bei zukünftigen Neufahrzeugen ähnlicher Architektur dürfte der Aufwand erheblich geringer liegen. Dazu entfallen begleitende Kosten einer Nachrüstung, beispielsweise die für ein gesondertes Projektmanagement oder nachträgliche zusätzliche Bremsversuche. Vor



Abb. 3: Die Umrüstung der Triebzüge erfolgt an fünf Standorten von Alstom und der DB Fahrzeuginstandhaltung.

allen Dingen ist eine zur Aufrechterhaltung des Fahrgastbetriebs während der Umrüstung notwendige Ersatzfahrzeugflotte, deren Kosten für die Regionalverkehrsflotten im DKS eine mittlere zweistellige Millionenhöhe erreichen, unnötig.

Wegweisende Erfahrungen

Über die reinen Kosten hinaus führt bereits die bloße Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen mit ETCS, während laufender Verkehrsverträge, zu einem weitreichenden Abstimmungsaufwand, insbesondere zwischen Aufgabenträgern, EVU, Fahrzeughaltern und -herstellern, Fördergebern und Lieferanten. Eine große technische Hürde liegt in bislang proprietären Fahrzeugbus-Systemen und Schnittstellen zum ETCS- und ATO-Bordgerät. Verschärft wird dies, wenn der Fahrzeuglieferant selbst als Bieter auftritt und gleichzeitig einem anderen Bieter für ein Angebot notwendige Informationen bereitstellen soll. Teils waren benötigte Unterlagen auch schlicht damals nicht erstellt worden oder aber auch nicht nach intensiver Recherche und/oder Nachdruck durch die Industrie freigegeben. Auch mussten umfangreiche Freigaben und Vertraulichkeitserklärungen durch die Systemher-

steller der Fahrzeuge eingeholt werden. Nicht zuletzt erwies sich teilweise auch die Besichtigung von Triebzügen durch potenzielle Bieter in den Werken als schwierig, teils mussten sie dafür zunächst in fremde Werke überführt werden. Wie sich bei diesen Besichtigungen im Übrigen zeigte, war die bei den meisten Triebfahrzeugen vorhandene ETCS-Vorrüstung – im Wesentlichen nur Leerräume und Kabelkanäle – nicht geeignet, um den Umrüstungsaufwand nennenswert zu senken.

Die Nachrüstung führt auch unweigerlich zu massiven Eingriffen in Verkehrsverträge. Beispielsweise müssen EVU teilweise den AN für Ersatzfahrzeugflotten als Subunternehmer einsetzen. Gleichzeitig sind damit einhergehende Remanenzkosten, die durch verminderte Werkstattauslastung entstehen, zu verhandeln und auszugleichen. Ähnliches gilt für die Fahrzeugpacht während der Umrüstung im Pachtmodell der SFBW. Zu regeln sind schließlich auch die Einmal- und laufenden Kosten von Schulungen sowie der späteren Instandhaltung, aber auch der Umgang mit diversen Projektaufwendungen und -risiken.

Nach diesen und weiteren Erfahrungen wird das Land Baden-Württemberg Neufahrzeuge soweit wie möglich nur noch mit einer Ausrüstung im Einklang mit dem BTZ beschaffen.

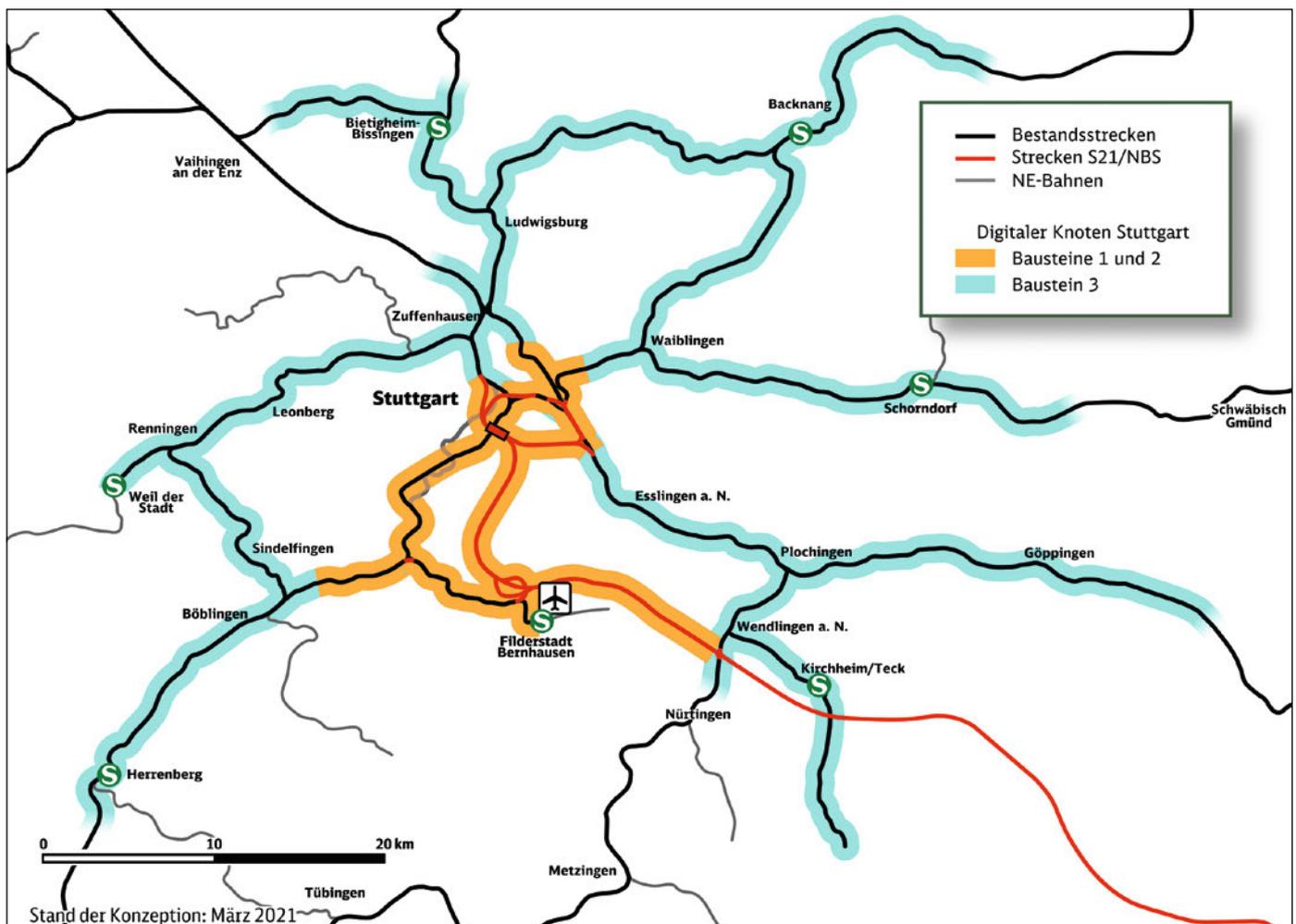


Abb. 4: Aufbauend auf die bis 2025 zur Umsetzung anstehenden Bausteine 1 und 2 folgt bis 2030 – mit dem Baustein 3 – die DLST-Ausrüstung „ohne Signale“ der übrigen Region. Damit einher gehen technische Weiterentwicklungen wie Level 3 (Hybrid), CTMS sowie der GSM-R-Nachfolger FRMCS.

Da der Großteil der Verkehrsverträge in Baden-Württemberg ohnehin im Laufe der 2020er Jahre auslaufen wird, können somit hunderte Triebfahrzeuge für den DSD-Roll-out passend beschafft und weitere Nachrüstungen weitestgehend vermieden werden. Da dies wesentlich wirtschaftlicher ist, erhofft sich die Landesregierung hierbei finanzielle Unterstützung des Bundes und der EU.

Ausblick

Für die Ausrüstung der 333 Triebzüge für den DKS verbleiben nach der Vergabe nun gerade einmal dreieinhalb Jahre, bevor ab Anfang 2025 ETCS „ohne Signale“ schrittweise in Betrieb geht. Das Engineering der FiC-Umrüstungen ist bereits im vollen Gange. Ab dem 1. Halbjahr 2022 werden dazu schrittweise je zwei Triebzüge beider S-Bahn-Baureihen sowie drei Talent- und bis zu sieben Flirt-Triebzüge aus dem Regelbetrieb genommen und umgerüstet. Die Installation, Inbetriebnahme, Tests und Zulassung (für Einfach- und Mehrfachtraktion) werden weitgehend bis Ende 2023 erfolgen.

Während der anschließenden Serienumrüstung für die Stufe 1, für die nur noch das Jahr

2024 verbleibt, werden zeitgleich bis zu 30 S-Bahn- und 18 Regionaltriebzüge „aus dem Verkehr gezogen“ und an fünf Standorten parallel umgerüstet (Abb. 3). Obwohl die reine Installation im eingeschwungenen Zustand dabei nur zwei Wochen in Anspruch nehmen wird, sind einschließlich der Neuzulassung jedes einzelnen Triebzugs durch die European Railway Agency (ERA) (Typkonformität, C2T) bis zu vier Wochen anzusetzen.

Eines weiteren Kraftakts bedarf die stabile Inbetriebnahme unter den besonderen Bedingungen eines hochbelasteten Knotens: Nach Labortests steht ab Anfang 2024 ein Versuchs- und Vorlaufbetrieb mit ETCS an (in peripheren Abschnitten mit „Signalen“ und ohne Fahrgäste), auch um Erfahrungen zu gewinnen, Kinderkrankheiten zu beseitigen und weit über 1000 Mitarbeiter frühzeitig einzubinden und zu schulen. Auch erste Teile der neuen S21-Infrastruktur werden schrittweise für Testfahrten zur Verfügung stehen und auch Instandhaltungsfahrzeuge und Fahrzeuge Dritter mit einbezogen.

Ab Januar 2025 beginnt schließlich der kommerzielle Regelverkehr „ohne Signale“, zunächst u. a. auf dem wenig belasteten S-Bahn-

Ast zum Flughafen, ab Sommer 2025 auf der hochbelasteten S-Bahn-Stammstrecke sowie ab Dezember 2025 auf der neuen S21-Infrastruktur. Zusätzlich erfolgt parallel, von Anfang 2025 bis Mitte 2026, die FiC-Umrüstung für die Stufe 2, gefolgt von der Serie bis Mitte 2027. Dafür müssen nochmals etwa ein Dutzend Triebzüge zeitgleich aus dem Regelbetrieb genommen werden, um die Ausrüstung der 333 Triebzüge zu vollenden. Damit einher wird bis 2030 schrittweise die übrige Region mit DLST ausgerüstet und die Technik weiterentwickelt (Abb. 4) – insbesondere noch nicht ausgerüstete Triebfahrzeuge des Güterverkehrs werden bis dahin ebenfalls auszurüsten sein.

Unter dem Strich zeigt die Nachrüstung von 333 Triebzügen für den DKS binnen gerade einmal dreieinhalb Jahren, was in enger Zusammenarbeit der Beteiligten innerhalb und außerhalb der DB möglich ist. Die Kosten der FiC-Umrüstung sind gleichwohl immens und gefährden, mit Blick auf den flächenhaften Roll-out, für den voraussichtlich rund 13000 Triebfahrzeuge aus rund 350 Baureihen nachzurüsten sind, die Wirtschaftlichkeit der DSD. Neue Formen der Zusammenarbeit der Schienenfahrzeug- und Signaltechnikindustrie,

besonders zum Austausch von Schnittstelleninformationen zwischen Fahrzeug, Zugbeeinflussung und ATO, sind geboten. Während die Nachrüstung einen gewaltigen finanziellen, organisatorischen und technischen Kraftakt erfordert, scheint hingegen der Aufwand, Neufahrzeuge „ab Werk“ und in großer Stückzahl auszurüsten, vergleichsweise überschaubar. Um den DLST-Roll-out tatsächlich zum Erfolg zu führen, ist es daher zwingend geboten, Neufahrzeuge bereits ab **sofort** entsprechend dem BTZ mit ETCS und weiteren Techniken auszurüsten. ■

QUELLEN

- [1] Behrens, M.; Eckardt, E.; Kümmling, M.; Loef, M.; Otrzonsek, P.; Schleede, M.; von Schaper, M.-L.; Wanstrath, S.: Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart: ein Überblick, DER EISENBAHNINGENIEUR, 4/2020, <https://bit.ly/3pyuXfg>
- [2] Fries, N.: Betrieblich-Technisches Zielbild für die „Digitale Schiene“, Deine Bahn, 3/2021, <https://bit.ly/3AT0zT5>
- [3] Kümmling, M.; Wanstrath, S.: Maximierung der Fahrwegkapazität mit Digitaler Leit- und Sicherungstechnik, Eisenbahntechnische Rundschau, 7+8/2021, <https://bit.ly/2S1QvY>
- [4] Beyer, M.; Jurtz, S.; Langhof, M.; Reinhart, P.; Vogel, T.: ETCS als Trägersystem zur Leistungssteigerung bei der S-Bahn Stuttgart, SIGNAL+DRAHT, 6/2019, <https://bit.ly/2MJ4zAY>
- [5] Ingenieurgesellschaft Machbarkeitsstudie ETCS S-Bahn Stuttgart (Hrsg.): Untersuchung zur Einführung von ETCS im Kernnetz der S-Bahn Stuttgart. Abschlussbericht, insbesondere S. 265, <https://bit.ly/2Yy6w6h>
- [6] Verband Region Stuttgart (Hrsg.): Großer Wurf für Schienenknoten Stuttgart. Presseinformation, 30. Januar 2019, <https://bit.ly/3yNG88i>
- [7] McKinsey&Company (Hrsg.): Machbarkeitsstudie zum Roll-out von ETCS/DSTW. Zusammenfassung der Ergebnisse. Dezember 2018, <https://bit.ly/3r2qral>, insb. Abschnitte 2 und 4
- [8] Memorandum of Understanding (MoU): Beschleunigter Start der DSD-Infrastrukturausrüstung zwischen der Deutschen Bahn AG, des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland sowie dem Eisenbahn-Bundesamt vom 2. September 2020
- [9] § 36 (5) ERegG in der Fassung vom 9. Juni 2021
- [10] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): 200 Millionen Euro für digitale Sicherungstechnik in Zügen. Presseinformation vom 15. Januar 2021, <https://bit.ly/3e9eny1>
- [11] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): Bekanntmachung der Richtlinie zur Förderung der Ausrüstung von Schienenfahrzeugen mit Komponenten des Europäischen Zugsteuerungssystems ERTMS (European Rail Traffic Management System) und des

automatisierten Bahnbetriebs (ATO) im Rahmen der infrastrukturseitigen Einführung von ERTMS im „Digitalen Knoten Stuttgart“. Bundesanzeiger, BAnz AT 05.02.2021 B2, <https://bit.ly/3hX5CJx>

[12] Bundesministerium der Finanzen (Hrsg.): Klimaschutz Sofortprogramm, <https://bit.ly/3wxTnZ5>, Abschnitt IV/5

[13] Zu den Regionaltriebzügen: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Nächster Meilenstein für den „Digitalen Knoten Stuttgart“. Presseinformation vom 13. Januar 2021, <https://bit.ly/3AQrXkl>

[14] Böhm, J.-P.; Geier, W.; Lankes, P.; Memke, J.: Die Ausrüstung der deutschen ICE-Hochgeschwindigkeitszüge mit ETCS, Eisenbahntechnische Rundschau, Mai 2014

[15] Alstom: Alstom digitalisiert Stuttgart 21. Presseinformation, 24. Juni 2021, <https://bit.ly/2TR7eMZ>

[16] Alstom: Digitaler Knoten Stuttgart: Alstom ebnet den Weg für hochautomatisierten Zugbetrieb im stark frequentierten Stuttgarter Netz. Presseinformation, 2. Juli 2021, <https://bit.ly/3r55alaQ>



Frank Dietrich

Programm S-Bahn 2025
DB Regio AG, Plochingen
frank.f.dietrich@deutschebahn.com



Florian Rohr

Fahrzeug-Strecke-Integrator
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
florian.rohr@deutschebahn.com



Marco Meyer

Einkauf Triebzüge Nah- und
Fernverkehr
Deutsche Bahn AG, München
marco.meyer@deutschebahn.com



Thomas Vogel

Projektgruppe „Digitale Schiene“
Ministerium für Verkehr
Baden-Württemberg, Stuttgart
thomas.vogel@vm.bwl.de



Rene Neuhäuser

Betrieb / Produktion
DB Regio AG, Plochingen
rene.neuhaeuser@deutschebahn.com



Norman Wenkel

Programmsteuerung
Digitale Schiene Deutschland
DB Netz AG, Frankfurt a.M.
norman.wenkel@deutschebahn.com

EFFIZIENT UND LANGLEBIG

Elastische Zwischenlagen und Zwischenplatten optimieren die Elastizität im Gleisoberbau und sorgen für mehr Fahrkomfort und Sicherheit.

- Minimierung von Schwingungen und Körperschall
- Verbesserte Radlastverteilung
- Geringerer Verschleiß der Oberbaukomponenten
- Lange Lebensdauer und wartungsarm
- Geeignet für unterschiedliche Schienenprofile und -befestigungen
- Zugelassen nach DBS 918235 / EN13481
- Mikrozelluläres EPDM, hohe UV- und Ozonbeständigkeit

www.calenberg-ingenieure.de



Foto: Deutsche Bahn AG / Wolfgang Klee

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress

21th International SIGNAL+DRAHT Congress

**GOES
HYBRID**

 11. – 12. November 2021, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center
11^h – 12th November 2021, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center

SIGNAL+DRAHT-Kongress 2021

Die Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik in Europa schreitet voran, immer mehr Projekte gelangen zur Umsetzung. Damit rückt die Frage der Cyber Security zunehmend in den Fokus: Wie lässt sich eine digitalisierte Infrastruktur gegen Angriffe schützen? Der 21. Internationale Signal+Draht-Kongress nimmt diese Frage als Schwerpunktthema auf und beleuchtet unterschiedliche Perspektiven auf Cyber Security im Kontext der LST. Darüber hinaus werden am ersten Kongresstag die Ziele und Erfahrungen des sogenannten Schnellläuferprogramms im Rahmen von „Digitale Schiene Deutschland“ thematisiert. Am zweiten Tag richtet sich der Blick auf ausgewählte Elemente einer digitalen Infrastruktur wie bbIP und den integrierten Bedienplatz, bevor aktuelle Themen zum ETCS-Rollout den Kongress abrunden. Auf dem Programm steht zudem einmal mehr die Verleihung des Signal+Draht-Lebenswerkpreises. Die aktuellen Planungen sehen eine Hybridveranstaltung vor: Neben der Präsenzteilnahme vor Ort in Fulda ist auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich. In beiden Fällen werden Gelegenheiten zum Austausch der Teilnehmer untereinander und mit den Referenten geschaffen.

Weitere Informationen und die Anmeldung finden Sie unter:
www.dvvmmedia-webinar.com/signaldraht2021

SIGNAL+DRAHT Congress 2021

The digitization of command and control technology in Europe is making progress and ever more projects are being implemented. This is increasing the focus on cybersecurity: How can a digitized infrastructure be protected against attacks? The 21st International Signal+Draht Congress will focus on this topic and highlight different cybersecurity perspectives in the context of command and control technology. The first day of the congress will also focus on the goals of and experiences gained in the so-called fast-track program within the framework of "Digitale Schiene Deutschland" (Digital Rail Germany). The second day will focus on selected elements of a digital infrastructure such as bbIP and the integrated control station, after which current topics regarding the ETCS rollout will round out the congress program. The program also once again includes the presentation of the Signal+Draht Lifetime Achievement Award. Plans currently envisage a hybrid event, with on-site participation in Fulda as well as digital participation via livestream. In both cases, participants will have opportunities to interact with each other as well as the speakers.

➔ **The congress will be held in German**

Further information and the registration at
www.dvvmmedia-webinar.com/signaldraht2021

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

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

Veranstalter | Organizer
**Eurail
press**

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress 21th International SIGNAL+DRAHT Congress

Die digitale LST – und wie wir sie sicher gestalten		Digital command and control technology – and how we plan to make it secure	Referent / Speaker
Donnerstag, 11. November 2021		Thursday, 11 th November 2021	
10:30	Begrüßung	Welcome	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung	Introduction	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:45	Cyber Security: Anfälligkeit digitaler Infrastrukturen	Cybersecurity: vulnerability of digital infrastructure	Erik Tews, Chaos Computer Club e.V
11:15	KRITIS – Ausblick auf die Bedeutung für die Bahn	KRITIS – Perspective on the significance for the railway system	Tim Trussat, BSI
11:35	Anforderungen und Regularien für Cyber Security im Schienenverkehr	Requirements and regulations for cybersecurity in rail transport	Max Schubert, INCYDE
11:55	Aufbau und Implementierung von IT-Security bei DB Netz	Development and implementation of IT security at DB Netz	N.N., DB Netz (angefragt)
12:25	Konzeption eines Cyber Defence Center bei der ÖBB	Plans for a Cyber Defense Center at Austrian Federal Railways (ÖBB)	Marcus Frantz, ÖBB-Holding
12:45	Mittagessen	Lunch	
14:15	Aktuelle Zielvorstellungen des Programms Digitale Schiene Deutschland	Current program objectives – Digitale Schiene Deutschland (Digital Rail Germany)	Kristian Weiland, DB Netz / Philipp Bührsch, DB Netz
14:35	Schlankere Prozesse für das Schnellläuferprogramm: Änderungen bei Genehmigungs- und Bauprozessen	Leaner processes for the fast-track program: changes to approval and construction processes	Dr. Rolf-Dieter Krächter, VDB
15:05	Erfahrungen in den Schnellläuferprogrammen: Stellwerke	Experience in the fast-track programs: signal towers	Dirk Ladewig, Siemens
15:25	Erfahrungen in den Schnellläuferprogrammen: Bahnübergänge	Experience in the fast-track programs: railroad crossings	Heinz Laumen, Scheidt & Bachmann
15:45	Kaffeepause	Coffee Break	
16:25	Impuls zur Podiumsdiskussion	Idea for the panel discussion	Jan Holle, Escrypt
16:35	Podiumsdiskussion: Digitalisierung der Bahn und die Cyber Security	Panel discussion: Digitalization of the railway system and cybersecurity	Jan Holle, Escrypt Wischy Hernandez, Siemens Marcus Frantz, ÖBB-Holding
17:20	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2021	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2021	Bosch / Hundt / Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:05	Abend der Kommunikation	Evening of communication	

Freitag, 12. November 2021		Friday, 12 th November 2021	Referent / Speaker
9:00	End-to-end-Digitalisierung der Planungs- und Dispositions-Prozesse	End-to-end digitization of planning and scheduling processes	Hermann Schuh-Säbelkampff, ÖBB-Infra
9:20	Das bahnbetriebliche IT-Netz (bbIP)	The operational railway IT network (bbIP)	Dr. Björn Blohsfeld, DB Netz / Eike Seidler, DB Netz
9:40	Digitale integrierter Bedienplatz aus Sicht der Betriebsführung	Digital integrated control station from the point of view of operations management	Ina Bleicher, DB Netz
10:00	Digitale integrierter Bedienplatz aus Sicht des Lieferanten	Digital integrated control station from the supplier's point of view	Steffen Henning, Scheidt & Bachmann
10:20	Kaffeepause	Coffee Break	
10:50	Shift2Rail 2 – Stand des Programms aus Sicht der Betreiber und der Industrie	Shift2Rail 2 – Program status from the point of view of operators and industry	Michel Ruesen, EUG Nicolas Furio, UNIFE
11:10	Innovationsstufen künftiger Leit- und Sicherungstechnik im Kapazitätsvergleich	Future command and control technology innovation levels (comparing capacities)	Eike Hennig, VIA Consulting & Development Jerg Martin Molis, SBB AG
11:30	Vergabe und Rolloutplan für das ETCS-Projekt in Österreich	Tendering and rollout plan for the ETCS project in Austria	Stefan Gaidner, ÖBB-Infra
11:50	Digitale Knoten Stuttgart - Stand der Konzeption und Umsetzung	Digital Node Stuttgart – Planning and implementation status	N.N., PSU (angefragt)
12:10	Abschluss	Conclusion	
12:15	Ende der Veranstaltung	End of the event	

Natürliche Kältemittel in Klimaanlagen für Schienenfahrzeuge

Untersuchungen zur Energieeffizienz

INGWER EBINGER | LUTZ BOECK

Bisher werden in Serienklimaanlagen für Schienenfahrzeuge vorzugsweise synthetische Kältemittel genutzt. Eine Ausnahme bilden die im ICE 3 der BR 403/406 installierten Klimaanlagen mit Kaltluft-Kältemaschinen. Zukünftig sollen in Schienenfahrzeugklimaanlagen vorrangig natürliche Kältemittel zum Einsatz kommen. Neben Luft sind dabei für den Bahnbereich Kohlendioxid und Propan attraktiv. Nachfolgend wird die Energieeffizienz dieser natürlichen Kältemittel im Vergleich zu dem bisher überwiegend eingesetzten Kältemittel R134a auf Basis praxisnaher Randbedingungen sowohl im Kältemaschinen- als auch im Wärmepumpenbetrieb gegenübergestellt. Abschließend wird auf die sich bei diesen Einsatzfällen ergebenden anlagentechnischen Herausforderungen eingegangen.

Einleitung

Schienenfahrzeuge und damit die in ihnen installierten Klimaanlagen sind für eine sehr lange Nutzungsdauer konzipiert. Deshalb sind über die Investitionskosten hinaus auch die Unterhaltungs- und Betriebskosten genauer zu betrachten. Im Vergabeprozess [1] spielen diese Kosten eine zunehmend größere Rolle. Neben dem Anlagenkonzept zur Luftaufbereitung kommt dabei dem in den Kältemaschinen eingesetzten Arbeitsmittel, dem Kältemittel, eine entscheidende Rolle zu. Wichtige Gesichtspunkte bei der Auswahl von Kältemitteln sind zum Beispiel [2]:

- hohe Kälte- bzw. Heizleistung bei geringem Energieaufwand (Energieeffizienz)
- niedriger direkter Treibhauseffekt (GWP-Wert)
- Verfügbarkeit
- Preis.

Die Leistungsaufnahme von Klimaanlagen stellt einen bedeutenden Anteil am Energiebedarf der Schienenfahrzeuge dar. Bei Fernverkehrsfahrzeugen können das 15 % bis 25 % und bei

Regionalverkehrsfahrzeugen bis zu 40 % des Gesamtenergiebedarfes sein [3, 4]. Bereits 2014 hat die EU beschlossen, die Mengen synthetischer Kältemittel, die in den Verkehr gebracht werden dürfen, in Abhängigkeit von ihrem Treibhauspotenzial bis zum Jahr 2030 auf 21 % des Referenzwertes für den Zeitraum von 2009 bis 2012 zu reduzieren [5]. Damit wird langfristig nicht nur die Anzahl der bisher nutzbaren synthetischen Kältemittel, sondern auch die Marktverfügbarkeit eingeschränkt, was sich direkt auf den Preis auswirken wird.

Ziel ist es, auch in Schienenfahrzeugen umweltfreundliche Kältemittel mit einem niedrigen direkten GWP-Wert einzusetzen. Als mögliche Alternativen zu dem bisher in großem Umfang verwendeten synthetischen Kältemittel R134a sind aus Sicht eines Betreibers die natürlichen Kältemittel R729 (Luft), R744 (Kohlendioxid) und R290 (Propan) anzusehen [6]. Einige wichtige Eigenschaften der genannten Kältemittel sind in Tab. 1 zusammengestellt. Mit Ausnahme der Kaltluft-Kältemaschinen (KLKM) im ICE 3 [7] sind noch keine anderen, alternativen Kältemittel in Serienfahrzeugen im Einsatz. Bisher gab es verschiedene Pilotprojekte mit einzelnen R744-Anlagen [8, 9, 10]. In größerer Stückzahl sollen R744-Anlagen nun in verschiedenen Fahrzeugen installiert werden [11, 12, 13]. Aktuell werden Feldtests mit einer Kaltdampf-Kältemaschine (KDKM) durchgeführt, in der das Kältemittel R290 zum Einsatz kommt [14].

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Energieeffizienz verschiedener natürlicher Kältemittel beim Einsatz in Klimaanlagen für Schienenfahrzeuge untereinander und im Verhältnis zum bisherig vorrangig verwendeten Kältemittel R134a zu vergleichen sowie anlagentechnische Herausforderungen aufzuzeigen.

Anlagenkonfigurationen

Im Kältemaschinenbetrieb werden dem eingesetzten Kältemittel entsprechend unterschiedliche Anlagenkonfigurationen verwendet. Aufbau und Funktion einer einfachen, einstufigen KDKM können als bekannt vorausgesetzt wer-

den. Die Hauptkomponenten dieser Anlage sind ein Verdichter (V), den ein Elektromotor antreibt ($P_{el,Verd}$), ein mit Außenluft beaufschlagter Wärmeübertrager ($WÜ_a$), in dem die Verflüssigungswärme $|\dot{Q}_{ab}|$ an die Umgebung abgegeben wird, ein Expansionsventil (EV) und ein Wärmeübertrager zur Konditionierung der Zuluft ($WÜ_i$). Die zur Abkühlung der Zuluft erforderliche Leistung wird hier dem Kältemittel zugeführt \dot{Q}_{zu} und als Verdampferkälteleistung \dot{Q}_0 (Nutzleistung \dot{Q}_{Nutz} im Kältemaschinenbetrieb) bezeichnet. An allen Wärmeübertragern wird die Luft mittels elektrisch angetriebener Ventilatoren gefördert. Dieser Anlagentyp wird bei den Kältemitteln R134a, R744 und R290 verwendet.

Bei R729 kommt eine andere Technologie zum Einsatz. Die als KLKM bezeichnete Anlage besteht aus einer Turbine (T), einem Wärmeübertrager ($WÜ_i$) zur Konditionierung der Zuluft und einem Verdichter (V), wobei Verdichter und Turbine auf einer Welle mit einem Elektromotor (M) angeordnet sind. Es wird ein einseitig offener Unterdruckprozess betrachtet, wie er in der zweiten Bauserie des ICE 3 umgesetzt wurde. Da nur ein Wärmeübertrager vorhanden ist, wird auch nur ein Ventilator zu dessen Beaufschlagung eingesetzt.

Grundsätzlich sind die vorgestellten Maschinen auch für den Wärmepumpenbetrieb geeignet. Um mit den vorhandenen Komponenten einen Wärmepumpenbetrieb zu ermöglichen, wird die Durchflussrichtung des Kältemittels in der vorhandenen (Kälte-) Anlage durch geeignete Maßnahmen geändert, sodass eine Kältemaschinen-Wärmepumpen-Anlage (KWA) entsteht (Abb. 1). Bei den KDKM ist die Umschaltung des Kältekreislaufes mithilfe eines Vierwegeventils möglich. Der von der Außenluft beaufschlagte Wärmeübertrager ($WÜ_a$) arbeitet nun als Verdampfer und nimmt Wärme \dot{Q}_{zu} aus der Umgebung auf. Am innen liegenden Wärmeübertrager ($WÜ_i$) wird die Zuluft durch die vom Kältemittel abgegebene Wärme $|\dot{Q}_{ab}|$ aufgeheizt. $|\dot{Q}_{ab}|$ entspricht also der Heizleistung \dot{Q}_H (Nutzleistung \dot{Q}_{Nutz} im Wärmepumpenbetrieb).

Für die KLKM wird eine Änderung in der Reihenfolge der durchströmten Komponenten angenommen, d.h. die Luft wird von außen über den Verdichter angesaugt. Durch die Verdichtung und die damit verbundene Erwärmung der Prozessluft kann im innenliegenden Wärmeübertrager ($WÜ_i$) die bereitgestellte Heizleistung auf die Zuluft übertragen werden ($|\dot{Q}_{ab}| = \dot{Q}_H$). In der nachgeschalteten Turbine

Kältemittel	GWP	Normalsiedetemperatur (p = 0,1 MPa)	kritischer Druck	kritische Temperatur
R134a (Referenz)	1430	-26 °C	4,1 MPa	101 °C
R729 (Luft)	0	-195 °C	3,9 MPa	-140 °C
R744 (CO ₂)	1	-57 °C (Tripelpunkt)	7,4 MPa	31 °C
R290 (Propan)	3	-42 °C	4,2 MPa	97 °C

Tab. 1: Eigenschaften ausgewählter Kältemittel

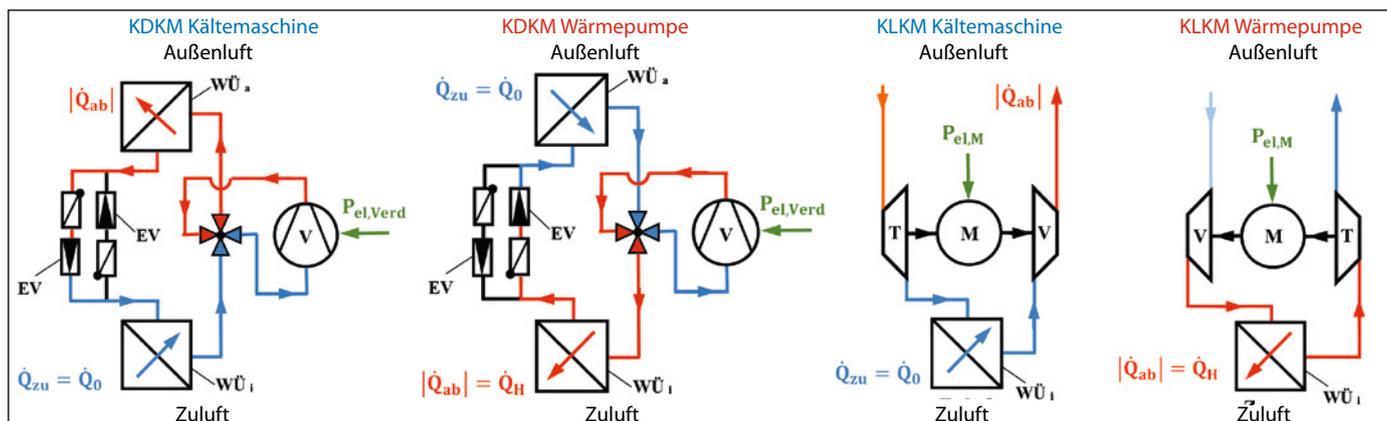


Abb. 1: Konfigurationen der Kältemaschinen-Wärmepumpen-Anlagen in verschiedenen Betriebsweisen

Quelle: eigene Darstellung

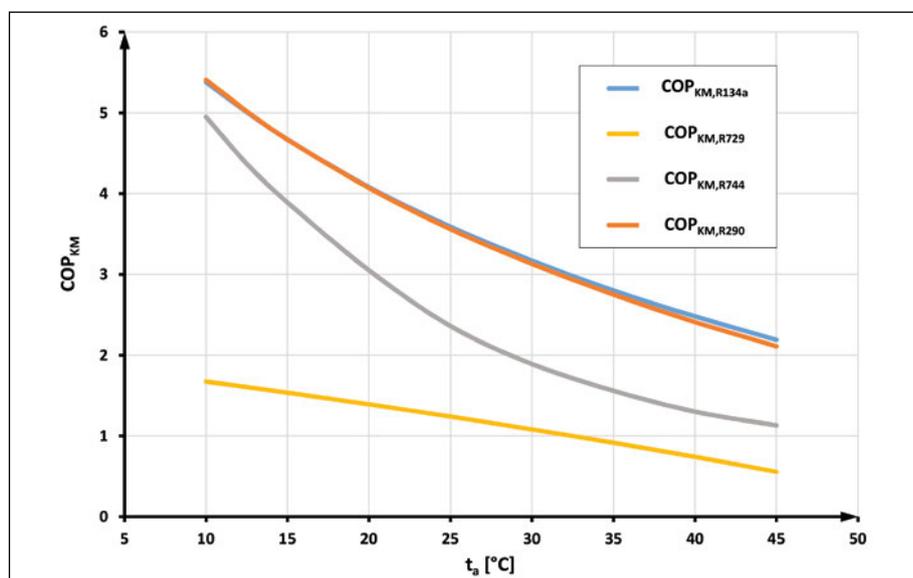
erfolgt dann wiederum die Entspannung auf einen Druck etwas oberhalb des Umgebungsdruckes, sodass die Luft an die Umgebung abgegeben werden kann. Es wird angenommen, dass die vorhandenen Wärmeübertrager bidirektional durchströmt werden können und trotzdem das (Kreuz-) Gegenstromprinzip erhalten bleibt.

Untersuchungsmethode

Im Kältemaschinenbetrieb werden für die KDKM die Verdampferkälteleistung \dot{Q}_0 und die elektrische Leistungsaufnahme eines realen Verdichters $P_{el,Verd}$ mithilfe der Auslegungsoftware von Verdichterherstellern ermittelt. Die Berechnung der Leistungsdaten der KLKM erfolgt auf Basis der bekannten thermodynamischen Zusammenhänge, wobei das Arbeitsmittel feuchte Luft vereinfacht als ideales Gas (trockene Prozessluft) betrachtet wird. Es wird mit konstanten Gütegraden für die Turbomaschinen gerechnet.

Ausgehend von einer fiktiven Kälteanlage, deren Kälteleistung zur Klimatisierung des Fahrzeugastraumes in Fahrzeugen des Fernverkehrs in der Klimazone II ausreichend ist, wird die Außenlufttemperatur t_a in einem Bereich zwischen 15 °C bis 45 °C variiert, während die Zulufttemperatur t_z vereinfachend als konstant angenommen wird. Die Bestimmung der erforderlichen Verdichtergröße erfolgt für jedes Kältemittel unter Berücksichtigung eines typischen Auslegungszustandes für ein Fernverkehrsfahrzeug in der Klimazone II bei einer Außenlufttemperatur von $t_a = 35$ °C in der Betriebsart „Kühlen“ [15] bei einer vorgegebenen Kälteleistung von $\dot{Q}_0 = 30$ kW. Mit dem auf dieser Basis gewählten Verdichter werden alle weiteren Leistungsdaten im untersuchten Temperaturbereich berechnet. Die Leistungsaufnahme der Ventilatoren ($P_{el,Vent}$) wird im gesamten Betriebsbereich als konstant angenommen.

Im Wärmepumpenbetrieb wird bei vorgegebenen Außenlufttemperaturen t_a zwischen -25 °C und 15 °C für die untersuchten Kältemittel die erreichbare Heizleistung \dot{Q}_H bestimmt. Im Vergleich mit der erforderlichen Heizleistung $\dot{Q}_{H,erf}$ ergibt sich die (Leistungs-) Einsatzgrenze bei Wärmepumpenbetrieb. Die erforderliche Heizleistung

Abb. 2: Kälteleistungszahl COP_{KM} bei unterschiedlichen Außenlufttemperaturen

Quelle: eigene Darstellung

$\dot{Q}_{H,erf}$ resultiert aus der Leistung zur Kompensation des Transmissionswärmestroms und den energetischen Aufwendungen zur Aufbereitung des aus hygienischer Sicht erforderlichen (temperaturabhängigen) Außenluftvolumenstromes. Die für Schienenfahrzeuge dabei zu berücksichtigenden Randbedingungen können den entsprechenden Normen entnommen werden (z.B. für den Fernverkehr aus [15]). Bei der vorliegenden Untersuchung wurde ein Fahrzeug des (Hochgeschwindigkeits-) Fernverkehrs zugrunde gelegt. Darüber hinaus ist zu überprüfen, ob die jeweiligen Verdichter auch bei sinkenden Außenlufttemperaturen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Einsatzgrenzen arbeiten. Bei Überschreitung der Verdichtereinsatzgrenzen kann der Wärmepumpenbetrieb nicht weiter aufrechterhalten werden. Das Problem möglicher Verdampfervereisung und der daraufhin erforderlichen Abtauung wird zunächst nicht untersucht.

Die Auswahl des Verdichters erfolgte bereits unter Berücksichtigung des Auslegungszustandes in der Betriebsart „Kühlen“ für eine

vorgegebene Kälteleistung. Beim Wärmepumpenbetrieb wird angenommen, dass der gleiche Verdichter zum Einsatz kommt. Für die Wärmeübertrager werden abweichend zum realen Betrieb für die Berechnung feste Temperaturdifferenzen vorgegeben, die auf Erfahrungswerten beruhen.

Die Bewertung der Energieeffizienz erfolgt mithilfe der Leistungszahl COP (Coefficient of Performance). Die Leistungszahl stellt das Verhältnis aus der bei laufendem Verdichter bereitgestellten Nutzleistung \dot{Q}_{Nutz} zu der Summe der energetischen Aufwendungen, d.h. der Leistungsaufnahmen des Verdichters $P_{el,Verd}$ (bei der KLKM des Motors $P_{el,M}$) und der in der Anlage installierten Ventilatoren $P_{el,Vent}$ dar (Gl. 1).

$$COP = \dot{Q}_{Nutz} / (P_{el,Verd} + P_{el,Vent}) \quad (1)$$

Diese Gleichung wird sowohl auf den Kältemaschinenbetrieb COP_{KM} (Nutzleistung = Kälteleistung \dot{Q}_0) als auch auf den Wärmepumpenbetrieb COP_{WP} (Nutzleistung = Heizleistung \dot{Q}_H) angewandt.

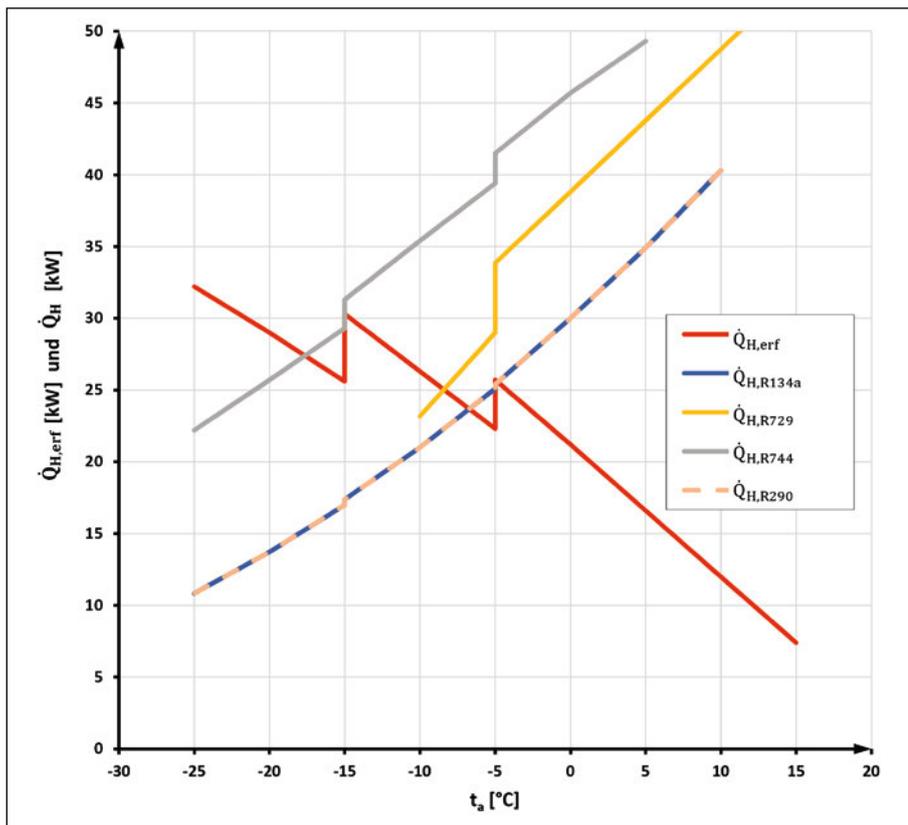


Abb. 3: Heizleistungen verschiedener Kältemittel im WP-Betrieb und erforderliche Heizleistung über der Außenlufttemperatur Quelle: eigene Darstellung

Berechnungsergebnisse

Abb. 2 zeigt den Verlauf der Kälteleistungszahlen COP_{KM} der untersuchten Kältemittel bei unterschiedlichen Außenlufttemperaturen. Die Kältemittel R134a und R290 verhalten sich annähernd gleich. Das war aufgrund der nahezu gleichliegenden Dampfdruckkurven und der ähnlichen thermodynamischen Eigenschaften auch zu erwarten. Steigen die Außenlufttemperaturen, nehmen die Leistungszahlen aller Kältemittel kontinuierlich ab. Die COP_{KM} -Werte für R744 liegen in allen Betriebspunkten unter denen von R134a. Mit zunehmenden Außenlufttemperaturen wird der Unterschied immer deutlicher. Bei diesem Kältemittel ist der Übergang von einer subkritischen zu einer transkritischen Betriebsweise zu berücksichtigen. Der Umschlagpunkt liegt etwa bei einer Außenlufttemperatur von $t_a = 20^\circ\text{C}$ (abhängig von der Temperaturdifferenz am äußeren Wärmeübertrager). Für R729 ergeben sich unter den zugrunde gelegten Betriebsbedingungen die geringsten Kälteleistungszahlen.

In Abb. 3 sind die mit den verschiedenen Kältemitteln ermittelten erreichbaren Heizleistungen und die erforderliche Heizleistung in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur ohne Berücksichtigung möglicher Beschränkungen aufgrund praktischer Einsatzgrenzen der Verdichter dargestellt.

Die Heizleistungen für R134a und R290 (nahezu) identisch, sodass die Kurven im Diagramm übereinander liegen. Beide Kältemittel

ermöglichen einen monovalenten Wärmepumpenbetrieb bis zu einer Außenlufttemperatur von $t_a = -5^\circ\text{C}$.

Bei R744 sind die Heizleistungen aufgrund der für den Kältemaschinenbetrieb erforderlichen Verdichterbaugröße deutlich höher. Unterhalb von $t_a = 5^\circ\text{C}$ arbeitet die Anlage subkritisch (unterkritisch). Der monovalente Betrieb wäre hier bis zu $t_a = -15^\circ\text{C}$ möglich. Bei Außenlufttemperaturen über 5°C ist im Verflüssiger der kritische Druck erreicht. Es ist der Wechsel zur überkritischen Betriebsweise zu erwarten. Dieser Betriebsfall wird hier nicht weiter betrachtet, da die Heizleistung ohnehin den Bedarf bei weitem übersteigt.

Das Kältemittel R729 hat bei den gewählten Parametern eine Heizleistung, die zwar kleiner als bei Verwendung von R744, aber größer als mit R134a und R290 ist. Damit kann der Heizleistungsbedarf bis zu einer Außenlufttemperatur von ca. -7°C gedeckt werden. Sinkt die Außenlufttemperatur unter -10°C , ist ein Wärmepumpenbetrieb nicht mehr möglich, da die Verdichtungsendtemperatur bei direkter Ansaugung von Außenluft nicht mehr über der erforderlichen Zulufttemperatur liegt.

Die Auswertung zur Leistungszahl im Wärmepumpenbetrieb COP_{WP} (Abb. 4) zeigt, dass die erreichten Werte für die Kältemittel R134a, R744 und R290 nahe beieinander liegen. Signifikante Vorteile sind für keines dieser Kältemittel zu erkennen. Das Kältemittel R729 zeigt auch im Wärmepumpenbetrieb die geringste Energieeffizienz.

Technische Umsetzung

Wie bereits bei den theoretischen Betrachtungen angedeutet, erfordert der Einsatz alternativer Kältemittel modifizierte oder gar neue Anlagenkonfigurationen. Auf einige technische Aspekte soll auch unter dem Blickwinkel der Fertigung größerer Stückzahlen nachfolgend eingegangen werden.

Um die erforderlichen Kälteleistungen mit dem Kältemittel R729 zu erreichen, sind große Prozessluftvolumenströme zu fördern. Das wird durch den Einsatz von Turbomaschinen als Verdichter und Entspannungsturbine ermöglicht. Die Gütegrade der Turbomaschinen bestimmen die Effizienz des Prozesses wesentlich. Im Regelfall weisen die Turbomaschinen für den Auslegungsfall einen maximalen Gütegrad auf. Technisch bedingt fällt der Gütegrad bei davon abweichenden Arbeitspunkten (Teillastbetrieb) meist stark ab. Für den Antrieb der Turbomaschine werden drehzahlregelbare, sehr schnelllaufende Elektromotoren eingesetzt, die Drehzahlen im Bereich zwischen 0 min^{-1} bis zu 40000 min^{-1} ermöglichen. Dazu sind natürlich die entsprechenden elektrotechnischen Einrichtungen (Umrichter) erforderlich. Die Anpassung der bereitgestellten Kälte- bzw. Heizleistung an den Lastbedarf ist über Drehzahlvariation der Turbomaschine einfach und zielgenau möglich.

Zur Minimierung von Druckverlusten müssen die luftführenden Komponenten im Kältekreislauf strömungstechnisch optimiert werden. Unter dem Gesichtspunkt des begrenzten Bauraumes ist der Dimensionierung der Rohrleitungen für die großen Prozessluftvolumenströme, die Durchmesser zwischen 100 mm und 150 mm aufweisen, und deren Verlegung besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Ein weiterer wesentlicher Punkt für Effizienz der KLKM ist die Erreichung kleiner Temperaturdifferenzen an den Wärmeübertragern. Dies erfordert entsprechend groß dimensionierte Wärmeübertragerflächen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verdampfern mit (nahezu) konstanter Verdampfungstemperatur erfolgt die Wärmeübertragung in KLKM auch kältemittelseitig bei gleitenden Temperaturen. Bei der Gestaltung der Wärmeübertrager für die Leistungsübertragung an die Zuluft muss das berücksichtigt werden, damit eine gleichmäßig temperierte Zuluft einbringung sichergestellt werden kann. Gegebenenfalls sind weitere Mischeinrichtungen im Kanal vorzusehen. Bei der Mischung von Teilströmen mit unterschiedlichem Temperaturniveau besteht ein Risiko zum Feuchtigkeitsausfall aus der Zuluft.

Die in der Literatur zu findenden theoretischen Untersuchungen gehen, wie auch in diesem Beitrag, meist von trockener Luft als Prozessluft in der KLKM aus. Insbesondere für den offenen Prozess muss beachtet werden, dass es bei der Abkühlung der Luft zu Feuchtigkeitsausfall kommen kann. Das trifft auch für den geschlossenen Prozess zu, wenn dieser nicht hermetisch ausgeführt ist. Die Kondensation des in der

Luft enthaltenen Wasserdampfes führt zu einer Verringerung der erreichbaren Turbinenaustrittstemperatur. Um eine Schneebildung bzw. Vereisung zu vermeiden, ist die entsprechende Temperaturgrenze am Turbinenaustritt zu beachten.

Leckagen im R729-Kreislauf sind nicht so kritisch wie bei KDKM, da kein umweltschädigendes Kältemittel entweicht. Sie führen aber zu einer Effizienzreduktion und zur Verringerung der Kälteleistung bis hin zum Totalausfall. Daher sind Leckagen trotzdem zu vermeiden.

Bei Verwendung des Kältemittels R744 sind die Kältemitteldrücke im Stillstand und während des Betriebes wesentlich höher als mit R134a. Die höhere Drucklage ist technisch beherrschbar, bringt aber einige anlagentechnische Herausforderungen mit sich. Alle Komponenten müssen für die hohen Drücke ertüchtigt sein. Die Komponentenverfügbarkeit ist nach wie vor unbefriedigend, auch wenn es in den letzten Jahren deutliche Verbesserungen gab.

Bei den für den Betrieb normativ zu berücksichtigenden maximalen Außentemperaturen (+45 °C) sind maximale Betriebsdrücke von ca. 120 bar erforderlich. In der Praxis verringert die notwendige Stufung der Sicherheitseinrichtungen zur Einhaltung des maximal zulässigen Betriebsdruckes den praktisch nutzbaren maximalen Arbeitsdruck deutlich. Ein bei der Prüfung zugrunde gelegter maximaler Betriebsdruck von 120 bar reduziert sich unter Berücksichtigung der Schalttoleranzen des Hochdruckpressostaten und eines Sicherheitszuschlages für unabsichtliches Auslösen des Pressostaten auf einen nutzbaren Betriebsdruck von ca. 95 bar.

Ist die Kältemaschine nicht in Betrieb, können sich infolge der Umgebungsbedingungen (Außentemperatur, Sonneneinstrahlung) extrem hohe Kältemitteldrücke in der Anlage einstellen. Um Schäden zu vermeiden und Gefährdungen auszuschließen, sind zusätzliche Maßnahmen zur Druckbegrenzung im Stillstand erforderlich. Den notwendigen Schutz bieten Sicherheitsventile, die bei Erreichen des maximalen Betriebsdruckes selbstständig ansprechen. Dabei wird allerdings das CO₂ in die Umgebung abgeblasen. Soll ein Verlust des Kältemittels vermieden werden, kann ein ausreichend großer Behälter als Puffervolumen installiert werden. Außerdem können betriebliche Maßnahmen zur Belüftung des Kältekreislaufes, z.B. batteriegestützte Lüftungskonzepte bei aufgerüsteten Fahrzeugen, vorgesehen werden. Selbstverständlich sind auch Kombinationen der genannten Maßnahmen möglich.

Da im überkritischen Bereich kein direkter Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur besteht, wird hier mittels einer Variation des Hochdruckes der Betriebspunkt der Kältemaschine beeinflusst. Die Leistungsregelung im transkritischen Betrieb kann energieoptimiert (Einstellung des optimalen Hochdruckes) oder laufzeitbezogen über Anpassung des Hochdruckes an Kälteleistungsbedarf erfolgen.

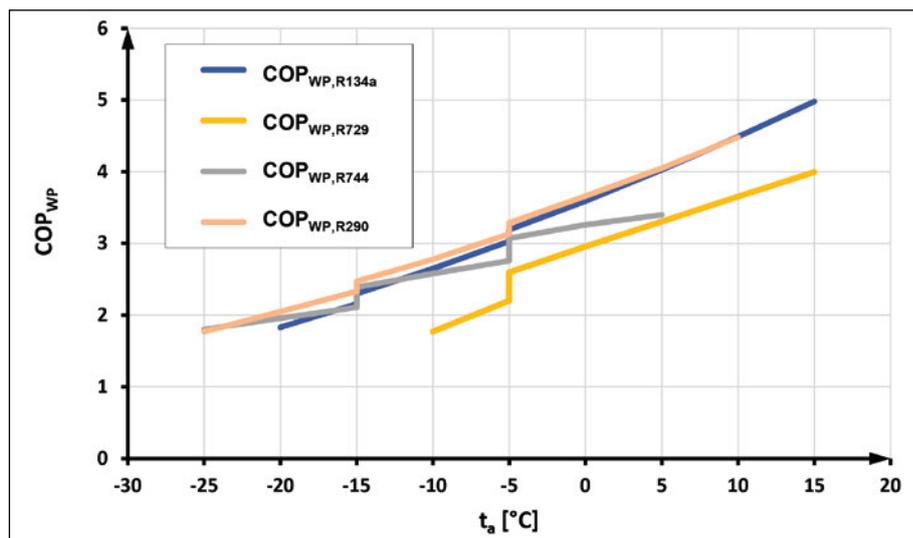


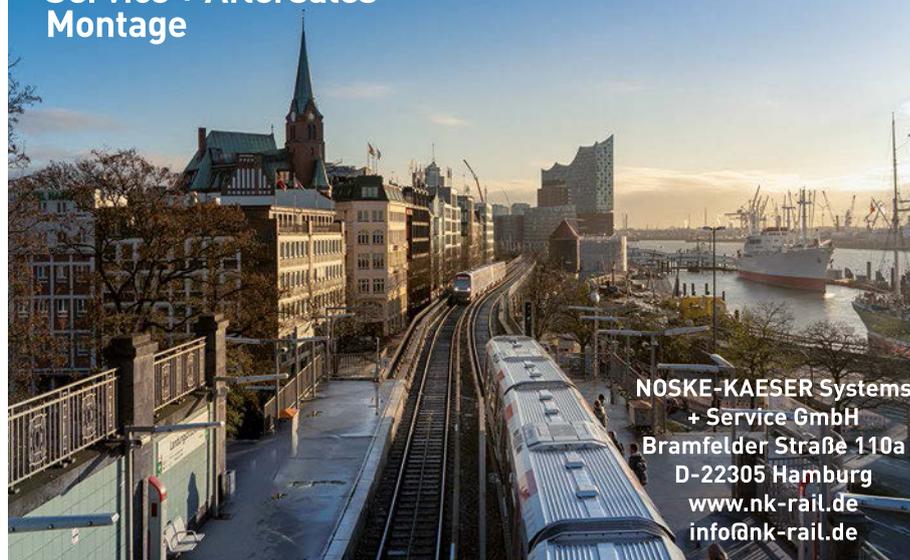
Abb. 4: Leistungszahlen verschiedener Kältemittel im WP-Betrieb über der Außenlufttemperatur
Quelle: eigene Darstellung

Aufgrund der sich bei steigenden Umgebungstemperaturen einstellenden sehr hohen Betriebsdrücke ist weltweite Anwendung von R744 in Bahnklimaanlagen schwierig bzw. erfordert eine aufwendigere Verschaltung des Kältekreislaufes. Um den Einsatz bei möglichst hohen Außenlufttemperaturen zu ermöglichen, ist insbesondere am äußeren Wärmeübertrager die Realisierung geringer Temperaturdifferenzen zwingend erforderlich. Dies führt zu entsprechend groß dimensionierten Wärmeübertragern. Obwohl CO₂ nur ein minimales umweltschädigendes Potenzial aufweist (GWP=1), muss auch bei der Verwendung von CO₂ als Käl-

temittel der Kältekreislauf hermetisch dicht sein. Im Falle einer Undichtigkeit treten aufgrund des höheren Druckniveaus viel höhere Leckageverluste im Vergleich zu einem konventionellen System auf. Die Reduzierung der Kälteleistung bei Kältemittelverlust ist deutlich signifikanter als bei R134a Systemen (ein gleicher prozentualer Kältemittelverlust bezogen auf die Füllmenge hat einen größeren Rückgang der Kälteleistung zur Folge). Wie bereits erwähnt, sind die thermodynamischen Eigenschaften des Kältemittels R290 mit denen von R134a vergleichbar. Daraus resultieren eine mit R134a vergleichbare An-

Ihr Partner für Bahnklimatisierung

Engineering
Service + Aftersales
Montage



NOSKE-KAESER Systems
+ Service GmbH
Bramfelder Straße 110a
D-22305 Hamburg
www.nk-rail.de
info@nk-rail.de



Abb. 5: Aufdachklimaanlage mit dem Kältemittel R290 auf einem Nahverkehrsfahrzeug

Quelle: Sascha Kullnick, Faiveley Transport

lagentechnik und eine nahezu identische Fertigungstechnologie. Da R290 im Bereich der stationären Kältetechnik bereits gut etabliert ist, sind die benötigten Komponenten gut verfügbar. Vorteilhaft ist die deutlich kleinere Kältemittelfüllmenge (ca. 50 % im Vergleich zu R134a) aufgrund der höheren spezifischen Verdampfungswärme.

Der wichtigste Unterschied zu den anderen bisher betrachteten Kältemitteln ist die Brennbarkeit von R290. Die erforderliche typische Füllmenge für eine Bahnklimaanlage liegt oberhalb der Grenze, die sich nach DIN EN 378-2 [16] ohne zusätzliche Maßnahmen für diesen

Aufstellungsort und Zugangsbereich ergibt. Daher ist eine Risiko- und Gefahrenbeurteilung für den kompletten Lebenszyklus des Klimagerätes, d.h. durch Klimaanlagenhersteller, Fahrzeugbauer und Verkehrsunternehmen, vorzunehmen und umzusetzen. Die Ausführung des Kältekreislaufes als auf Dauer technisch dichtes System ist zwingende Voraussetzung. Eine kritische Kontamination des Personenaufenthaltsbereiches im Inneren des Fahrzeuges ist für den Fehlerfall durch konstruktive Maßnahmen und Gestaltung der Komponenten zu verhindern.

Zusammenfassung

Als Alternativen für das bisher in Klimaanlagen von Schienenfahrzeugen vorrangig eingesetzte Kältemittel R134a bieten sich zukünftig die natürlichen Kältemittel R729, R744 und R290 an. Unter besonderer Berücksichtigung der technischen Anforderungen und Einsatzbedingungen für Fahrgastbereiche im Hochgeschwindigkeitsschieneverkehr wurden diese Kältemittel hinsichtlich der Energieeffizienz im Kältemaschinen- und Wärmepumpenbetrieb untersucht. Vergleicht man die Leistungszahlen als Maß der Energieeffizienz im untersuchten Einsatzbereich, so liegen diese im Kältemaschinenbetrieb für R729 und R744 deutlich unter denen vom etablierten R134a. R290 hingegen weist eine nahezu identische Kälteleistungszahl zu R134a auf. Im Wärmepumpenbetrieb ist die Reihenfolge gleich, die Abweichungen sind jedoch geringer.

Aus anlagentechnischer Sicht hängt der Einsatz von R729 vorrangig von der Verfügbarkeit von speziellen Komponenten wie Wärmeübertrager und vor allem geeigneter Verdichter-Motor-Turbinen-Aggregate ab. Bei R744 ergeben sich verschiedene Herausforderungen infolge der hohen Betriebsdrücke und vor allem der sicheren Beherrschung der Stillstandsdrücke im mobilen Einsatz [17]. Momentan ist dadurch die Komponentenverfügbarkeit für Serienfertigungen noch eingeschränkt. Außerdem werden aufgrund des Wechsels der Betriebsart bei Überschreitung des kritischen Punktes besonders hohe Anforderungen an die Regelung gestellt.

Die sehr guten thermodynamischen und energetischen Eigenschaften von R290 und die gute Verfügbarkeit der notwendigen Anlagenkomponenten machen es auch im mobilen Sektor zu einer aussichtsreichen R134a-Alternative. In Kühlfahrzeugen [18] und Kühlcontainern [19] werden Kälteanlagen mit R290 bereits seit längerem erprobt. Auch für die Omnibusklimatisierung werden Anlagen mit R290 entwickelt [20, 21].

Allerdings ergeben sich für dieses Kältemittel besondere Anforderungen an die Anlagensicherheit [22]. Bereits durchgeführte Analysen [23] zeigen, dass auch in Schienenfahrzeugen ein sicherer Betrieb, d.h. ein akzeptables Niveau der Restrisiken, wie es in der DIN EN 50126-1 [24] dargestellt ist, gewährleistet werden kann. Bei praktischen Versuchen mit einer entsprechend konzipierten Klimaanlage wurde die Sicherheit bei unterschiedlichen Fehlerszenarien bereits nachgewiesen. Inzwischen befindet sich der Prototyp einer R290-Aufdachklimaanlage in einem Nahverkehrsfahrzeug in der Felderprobung (Abb. 5).

QUELLEN

- [1] Böck, G.; Trescher, C.: Rhein-Ruhr-Express, Rolling Stock Procurement and Lifecycle Cost: What about Energy?, 5th International Workshop des RTA Wien, 2nd-3rd July 2015
- [2] Ebinger, J.: Kältemittel für Klimaanlagen in zukünftigen Schienenfahrzeugen, El-Spezial, 09/2015, S. 41 – S. 43
- [3] UIC-Projekt PROSPER - Umweltleitfaden für die Beschaffung neuer Fahrzeuge; Berlin, Juli 2003 (PROSPER: Procedures for Rolling Stock Procurement with Environmental Requirements)
- [4] Thaler, E.; Sidler, F.; Menti, U.-P.: Energieeffiziente Eisenbahn, Haustechnik, Jg. 27, Nr. 5, S. 54 – 57, Mai 2014
- [5] VERORDNUNG (EU) Nr. 517/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006; Amtsblatt der Europäischen Union, 20.05.2014
- [6] Danzer, P.: Die Deutsche Bahn treibt den Umstieg auf natürliche Kältemittel in Schienenfahrzeug-Klimaanlagen – Überblick der Aktivitäten; Vortrag auf der 12. Internationalen Schienenfahrzeugtagung, Dresden 26. – 28.02.2020
- [7] Das System Bahn: Der ICE; eine Publikation des Goethe-Gymnasium in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn AG; Juni 2013
- [8] Hafner, A.; Boeck, L.; Banasiak, K.: Bahnklimatisierung mit R744 Anlagen; Vortrag auf der Jahrestagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV) 2016, Kassel, 16. – 18. November 2016
- [9] Hartmann, T.: eco2jet – Evaluation and demonstration of an energy-efficient, cost-efficient and eco-friendly HVAC system using R744 through the ÖBB railjet; Klimatechnisches Fachsymposium anlässlich „10 Jahre Klimakammer Meike“, Minden, 20.03.2019
- [10] Pressemitteilung: Vossloh Kiepe präsentiert ökologische CO₂-Klimaanlage; Düsseldorf, 11.12.2015; <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/kiepe-electric-gmbh/vossloh-kiepe-praesentiert-oekologische-co2-klimaanlage/boxid/770470,01.06.2021;10:45Uhr>
- [11] Pressemitteilung: Liebherr liefert Klimaanlagen für die neue Reisezugwagen-Generation der ÖBB; Januar 2020; Liebherr-Aerospace & Transportation SAS, Toulouse / Frankreich; <https://www.liebherr.com/de/deu/aktuelles/news-pressemitteilungen/detail/liebherr-liefert-klimaanlagen-f%C3%BCr-die-neue-reisezugwagen-generation-der-%C3%B6bb.html;01.06.2021;10:45Uhr>
- [12] Pressemitteilung: Kölner Verkehrs-Betriebe beauftragen Alstom und Kiepe Electric mit der Lieferung von 64 Straßenbahnen; November 2020; <https://www.alstom.com/de/press-releases-news/2020/11/koelner-verkehrs-betriebe-beauftragen-alstom-und-kiepe-electric-mit-der;01.06.2021;11:00Uhr>
- [13] Pressemitteilung: BMU fördert umweltfreundliche Klimaanlagen in Bonner Straßenbahnen – mit CO₂ als Kältemittel; Mitteilung 250/2019; 18.12.2019; <https://www.bmu.de/pressemitteilung/bmu-foerdert-umweltfreundliche-klimaanlagen-in-bonner-strassenbahnen-mit-co2-als-kaeltemit;01.06.2021;11:00Uhr>
- [14] Pressemitteilung: Wabtec Begins Trial of Transit Rail Industry's First Environmentally Friendly Air Conditioning System; GENNEVILLIERS, France Oct. 1, 2020; <https://www.wabteccorp.com/newsroom/press-releases/wabtec-begins-trial-of-transit-rail-industry-s-first-environmentally-friendly-air-conditioning,01.06.21021;11:00Uhr>
- [15] DIN EN 13129:2016-12 Bahnanwendungen – Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs – Behaglichkeitsparameter und Typprüfungen; Deutsche Fassung EN 13129:2016; Beuth-Verlag

Formelzeichen	
COP	Coefficient of Performance, Leistungszahl [-]
P	Leistung [kW]
Q̇	Wärmestrom [kW]
t	Temperatur [°C]
Indizes	
a	außen
ab	abgeführt
el	elektrisch
erf	erforderlich
H	Heizleistung
i	innen
M	Motor
Nutz	Nutzleistung
Verd	Verdichter
Vent	Ventilator
z	Zuluft
zu	zugeführt
o	Kälteleistung
Abkürzungen	
EV	Expansionsventil
M	Motor
T	Turbine
V	Verdichter
WP	Wärmepumpe
WÜ	Wärmeübertrager

[16] DIN EN 378-2:2018-04: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheits-technische und umweltrelevante Anforderungen - Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation; Deutsche Fassung EN 378-2:2016; Beuth-Verlag

[17] Refrigeration, Ai Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, 2018 Assessment Report; UNEP Nairobi, Kenya; 2019

[18] Colebourne, D. et al.: Development of R290 Transport Refrigeration System; Institut of Refrigeration; 2017

[19] Maersk Container Industry's: Sustainability Insight 2015; Firmenschrift

[20] Geiger, M.: Propan als Kältemittel in Wärmepumpen für E-Busse; Der Nahverkehr, Elektrobuss-Spezial 2020; S. 42 – S. 45

[21] Bünningel, C.: Propan: Buskältemittel mit hohem Zukunftspotenzial, Busplaner (2020) 4, S. 40 – S. 43

[22] Heubes, J. et al.: Kohlenwasserstoffe sicher als Kältemittel einsetzen, Umweltbundesamt Reihe: Climate Change 30/2014,2015

[23] König, H.; Boeck, L.: Vergleich von Kältemitteln für die Bahnklimatisierung; Jahrestagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV), Ulm, 2019

[24] DIN EN 50126-1:2018-10; VDE 0115-103-1:2018-10: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 1: Generischer RAMS-Prozess; Deutsche Fassung EN 50126-1:2017; Beuth-Verlag



Prof. Dr.-Ing. Ingwer Ebinger

Professor für Thermodynamik und Fahrzeugklimatisierung
Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW), Hamburg
ingwer.ebinger@haw-hamburg.de



Dipl.-Ing. Lutz Boeck

Leiter Center of Competence HVAC
Faiveley Transport Leipzig
GmbH & Co. KG, Leipzig
lutz.boeck@wabtec.com



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

Sanft zum Antrieb, hart im Nehmen

SGF-Kupplung für Straßenbahntrieb kombiniert Langlebigkeit und Wartungsfreundlichkeit mit guten Brandschutzeigenschaften.



Abb. 1: Für Niederflurbahnen wie die Serie Avenio (Bild) oder S70 von Siemens hat SGF Antriebskupplungen entwickelt, die 50 % länger halten als marktübliche Kupplungen mit Gummielementen. Quelle: Siemens AG

Das Unternehmen Süddeutsche Gelenkscheibenfabrik GmbH & Co. KG (kurz SGF) hat eine zugbasierte Kupplung für Stadt- und Straßenbahnen entworfen, die – wie eine auf Druck arbeitende Kupplung – eine sanfte Übertragung des Drehmoments vom Getriebe auf die Räder erlaubt, aber drei Vorzüge aufweist: Die von SGF gefertigte Kupplung hält länger, ist bei der Erstausrüstung oder bei einer Revision leichter zu montieren und erfüllt höhere Brandschutzanforderungen. Seit mehr als fünf Jahren bewährt sie sich in der Praxis.

Elastische Kupplungen sorgen unter anderem in Niederflerschienenfahrzeugen mit längs montierten, außen liegenden Antrieben für eine sanfte Kraftübertragung vom Getriebe auf die Räder. Sie gleichen den Versatz aufgrund der Primärfederung aus und tragen dazu bei, Hauptkomponenten des Antriebsstrangs zu schonen. Die elastischen Elemente

selbst haben allerdings eine begrenzte Lebensdauer und müssen nach einigen Jahren getauscht werden. Angesichts der Einsatzdauer von Straßen- und Stadtbahnen über mehrere Jahrzehnte bedeutet ein Verlängern der Wechselintervalle niedrigere Life-Cycle-Costs.

Längere Haltbarkeit, geringere Life-Cycle-Costs

Die Firma SGF in Waldkraiburg hat ein Kupplungssystem entworfen, das rund 50 % mehr Lebensdauer bietet und somit ein oder sogar zwei Revisionen im Laufe eines Straßenbahnlebens spart. Außerdem bietet diese Kupplung weitere Vorteile wie eine einfache, schnelle Montage, was die Wartungskosten zusätzlich senkt, sowie eine hohe Brandschutzklassifizierung. Angestoßen wurde die Entwicklung der Straßenbahnkupplung durch Siemens Mobility, die im Sinne ihrer Mehrlieferantenstrategie einen weiteren Kupplungsanbieter für ihre Niederflurbahnen der Serien Avenio und S70

suchte. „Bei unserer Recherche nach potenziellen Lieferanten wurden wir auf SGF aufmerksam, denn das Unternehmen bot damals bereits Lösungen ähnlich der von uns gesuchten für andere Fahrzeuge an, unter anderem für Personenkraftwagen oder Landmaschinen“, erinnert sich Klaus Joos, der bei Siemens in Nürnberg als Projektmanager für Antriebstechnik tätig ist.

Drehmomentübertragung durch Zug statt durch Druck

SGF hatte damals, im Jahr 2014, bereits das Prinzip der zugbasierten Kupplung im Bahnsektor eingeführt. „Die SGF-Kupplungen arbeiten anders als die sonst am Markt erhältlichen“, wusste Joos, „denn ihre elastischen Elemente werden zugbelastet.“ Meistens erfolgt bei der Straßenbahn die Kraftübertragung vom Getriebe auf die Räder über Gummi-Metall-Komponenten, die im Betrieb auf Druck beansprucht werden. Die SGF-Kupplung arbeitet aber nicht nur mit Zugkraft, sondern unter-

scheidet sich auch in einem weiteren Punkt: Sie überträgt das Drehmoment nicht über Gummi, sondern über Laschen aus einem stabilen und flexiblen, nylonähnlichen Material, das von einem Silikonmantel umschlossen ist.

Kupplung erfüllt Brandschutzklasse HL3

Der Silikonmantel ist fast gar nicht an der Drehmomentübertragung beteiligt, erfüllt aber zwei wichtige Funktionen: Er schützt die laschenförmigen Nylon-Fadenpakete vor Schmutz, Umwelteinflüssen oder zum Beispiel Reinigungsmitteln, und er kapselt die Fäden komplett ein, sodass die Brandschutzklassifizierung anhand des Silikonmaterials erfolgt. Die Werkstofffreigabe liegt für die Klasse HL3 (nach DIN EN 45545-2:2013-08 / R9) vor, sodass die Kupplungen auch in Stadtbahnen verwendet werden dürfen, die Streckenabschnitte unterirdisch zurücklegen. Der Mantel benötigt keine Pflege und ist elektrisch isolierend.

Bewährtes Prinzip zur sanften Drehmomentübertragung

Die zugbasierte Kraftübertragung über Laschen mit integrierten Nylon-Fadenpaketen – SGF spricht hier von der Tenpu¹-Fadentechnologie – hat sich im Fahrzeugbau und in etlichen Industrieanwendungen über Jahrzehnte bewährt und ist skalierbar. Durch unterschiedliche Fadenmaterialien, die Anzahl der Windungen des laschenförmigen Fadenpakets sowie Wahl und Dicke des Mantelmaterials lassen sich das maximal übertragbare Drehmoment, die Elastizität und Dämpfung der Kupplungen dem Anwendungsfall anpassen. Bei der Entwicklung für die Avenio-Bahnen musste das SGF-Team jedoch eine weitere Herausforderung meistern: „Die Kupplung sollte ebenso wenig Raum benötigen wie die, die wir seit der Markteinführung des Avenio verbauen, und sie sollte dieselben Befestigungspunkte an Rädern und Getriebe nutzen“, nennt Dr. Olaf Körner, Abteilungsleiter F&E Motoren bei Siemens, die Rahmenbedingungen. Kurz gesagt war die mechanische Schnittstellengleichheit gefordert.

Schnittstellengleichheit mit alternativer Kupplung

Diesem Wunsch konnte das SGF-Entwicklungsteam durch eine anwendungsspezifische Konstruktion gerecht werden: Denn während bei den meisten Anwendungen der elastischen Kupplung einzelne Laschen, jeweils bestehend aus einem Fadenpaket und Mantel, zum Einsatz kommen und sich eine elastische Kupplung aus mehreren solcher Einzellaschen zusammensetzt, werden die jeweils 24 Nylon-Fadenpakete auf Getriebeseite und auf Radseite hier von einem in sich geschlossenen, an einem Stück gefertigten Silikonkörper umhüllt. Dr. Armin Huber, der bei SGF für die Vorentwicklung verantwortlich ist, erläutert: „Das reduziert die Dicke der Kupplung, sodass wir mit

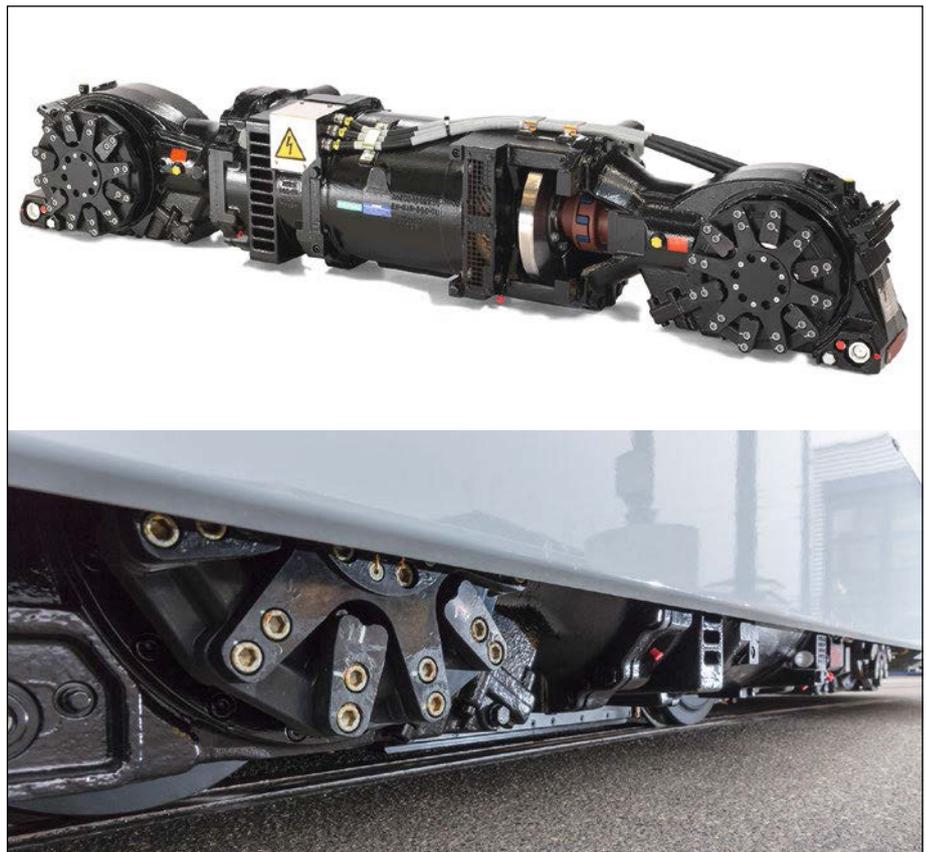


Abb. 2: Anderes Prinzip, aber identische Befestigung: Die nachträglich für die Avenio-Antriebe entwickelten, elastischen SGF-Kupplungen fügen sich in den vorhandenen Bauraum perfekt ein und nutzen exakt dieselben Befestigungen wie das Alternativprodukt, halten aber einige Jahre länger.

Quelle Abb. oben: Siemens AG; Quelle Abb. unten: SGF GmbH & Co KG

dem gegebenen Bauraum auskommen und die vorgegebene Schnittstelle nutzen können.“

Vorteils-Trio eröffnet Sparpotenzial für Bahnbetreiber

Für Straßenbahnbetreiber bietet die SGF-Kupplung drei Vorteile gegenüber einer Kupplung, die das Drehmoment durch druckbelastete Gummielemente überträgt:

- Da es eine zugbasierte Kupplung ist, muss weder das auf der Getriebeseite noch das am Rad montierte elastische SGF-Bauteil vorgespannt werden. Somit ist keine Spannvorrichtung erforderlich und die Montage geht einfacher und schneller als bei Standard-Kupplungen. Die leichte Montage macht sich ebenfalls bei der Erstausrüstung im Fahrzeugwerk bemerkbar. Dazu kommt, dass die Kupplung einbaufertig als montierte Baugruppe geliefert wird, d. h., es ist keine Selektion von Gummielementen hinsichtlich ihrer Steifigkeit erforderlich.
- Dank der Werkstofffreigabe für die Brandschutzklasse HL3 dürfen die SGF-Kupplungen auch in Stadtbahnen verwendet werden, die unterirdisch fahren.
- Die Lebensdauer der SGF-Kupplung beträgt bis zu zwölf Jahre und bietet somit das 1,5-fache einer normalen druckbasierten Kupplung mit Gummi-Metall-Elementen. Das bedeutet weni-

ger Wartungskosten, weniger Ersatzteilkosten und eine höhere Verfügbarkeit der Fahrzeuge – die Life-Cycle-Costs fallen geringer aus.

Siemens-Ingenieur Dr. Körner fasst zusammen: „Für Betreiber ergibt sich eine Win-Win-Situation: Sie erhalten kostenneutral ein innovatives Produkt mit einer längeren Haltbarkeit, sodass sie ihre Wartungskosten senken und die Verfügbarkeit des Fuhrparks steigern können.“

SGF-Entwickler Dr. Huber betont, die Anwendung als Kupplung in den Zügen Avenio und S70 sei beispielhaft: „Das Prinzip der zugbasierten elastischen Kupplung oder Gelenkscheibe ist bei vielen Bahnanwendungen nützlich – in Triebwagen ebenso wie in Lokomotiven. Denn aufgrund der vielen Möglichkeiten, die Laschenpakete anzupassen, haben wir einen großen Gestaltungsfreiraum.“ SGF-Kupplungen mit der Fadentechnologie werden unter anderem zur Vibrationsdämpfung im Lokomotiven-Antriebsstrang eingesetzt, andere Elemente der SGF dienen z. B. dazu, das Quietschen von Straßenbahnrädern bei Kurvenfahrten zu dämpfen.

Martin Ebenhofer, Project Manager Product Development bei der SGF GmbH & Co. KG

Für mehr Informationen zum Produkt besuchen Sie www.sgf.com oder fragen Sie direkt einen Experten unter industry@sgf.com.

¹Tenpu ist eine eingetragene Marke der SGF.

Weiterentwicklung der Fahrzeugreinigung im DB Fernverkehr

Innenreinigung und Außenreinigung als ein Beitrag für zufriedene Fahrgäste

THOMAS HEMPE | MICHAEL ZSCHAMMER

Es gibt keine zweite Chance für den ersten Eindruck – diese viel zitierte Lebensweisheit gilt auch für das Erscheinungsbild, mit dem sich die ICE- und Intercity-Flotte der Deutschen Bahn AG (DB) ihren Fahrgästen präsentiert. Neben der Pünktlichkeit und der Funktionsfähigkeit der bereitgestellten Züge mit all ihren Komfortmerkmalen ist die Sauberkeit der Züge innen wie außen besonders

wichtig. Die DB Fernverkehr AG wendet pro Jahr einen hohen zweistelligen Millionenbetrag für die Reinigung ihrer Flotten auf. Neben der regelmäßigen Außenreinigung in vollautomatischen Zug-Waschanlagen wird besonderer Wert auf die regelmäßige Innenreinigung gelegt. Über Fahrgastbefragungen und Live-Feedback der Fahrgäste mittels der an allen Sitzen vorhandenen QR-Codes kann das Feedback der Gäste direkt ausgewertet und dadurch das Reinigungssystem kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Außenreinigung

Die DB Fernverkehr betreibt an ihren neun Werkstandorten für betriebsnahe Instandhaltung 14 Waschanlagen zur vollmechanisierten Außenreinigung der ICE- und Intercity-Flotte. Die Außenreinigungsanlagen (ARA) werden unterschieden in

- eingehauste ARA,
- offene ARA und die sogenannten
- ARA light.

Die eingehausten ARA bestehen aus einer Waschhalle mit der notwendigen Waschtechnik und den zugehörigen Betriebsräumen zur Aufnahme der Wasserbehandlung und Pumpentechnik. In den Anlagen werden die Züge an den Seiten, an Front und Heck sowie von oben gewaschen. Da ein Befahren in Eigentraction unter eingeschalteter Oberleitung nicht zulässig ist, werden die Züge im abgerüsteten Zustand entweder durch im Gleis verbaute Schleppanlagen oder im Ausnahmefall durch Diesel-Lokomotiven / Schleppfahrzeuge durch die Anlage gezogen. In diesem Fall ist an der Kuppelstelle keine Front- / Heckwäsche möglich, weil die dreidimensional schwenkbaren Front- / Heck-Bürsten zwischen den gekuppelten Fahrzeugen nicht arbeiten können.

Die Steuerung der Anlagen erfolgt vollautomatisch. Das jeweilige Waschprogramm wird von einem Anlagenbediener oder direkt durch den Triebfahrzeugführer von einem Bedien-Panel an der Einfahrt zur Waschhalle ausgewählt. Die eingehausten ARA erlauben die Zugwäsche auch bei niedrigen Außentemperaturen bis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Spezielle Bodendüsen und eine Heizungsanlage zur Aufbereitung von Warmwasser erlauben zusätzlich die Nutzung als Enteisungsanlage im strengen Winter.

Die offenen ARA sind – wie der Name schon sagt – nicht eingehaust und vereinfacht aufgebaut. Die Züge werden mit Schleppplok / Schleppfahrzeugen durch die Anlagen gezogen. Front- und Heckwäsche sind nicht möglich (Abb. 1). Als ARA light werden demgegenüber stark vereinfachte Anlagen bezeichnet, welche nur mit klarem Wasser und Seitenbürsten reinigen. ARA light können von den Zügen selbstständig durchfahren werden. Wegen des erforderlichen Abstands zur Oberleitung ist der Waschbereich eingeschränkt.

In offenen ARA und ARA light sind Außenwäschen der Züge nur oberhalb des Gefrierpunktes möglich. In der Praxis wird der Waschbetrieb bei niedrigeren Temperaturen als $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingestellt – gerade bei nächtlichen Behandlungen im Winterhalbjahr eine relevante Einschränkung!



Abb. 1: Behandlung eines Intercitys in offener ARA im Werk Hannover

Quelle: DB AG/Hempe

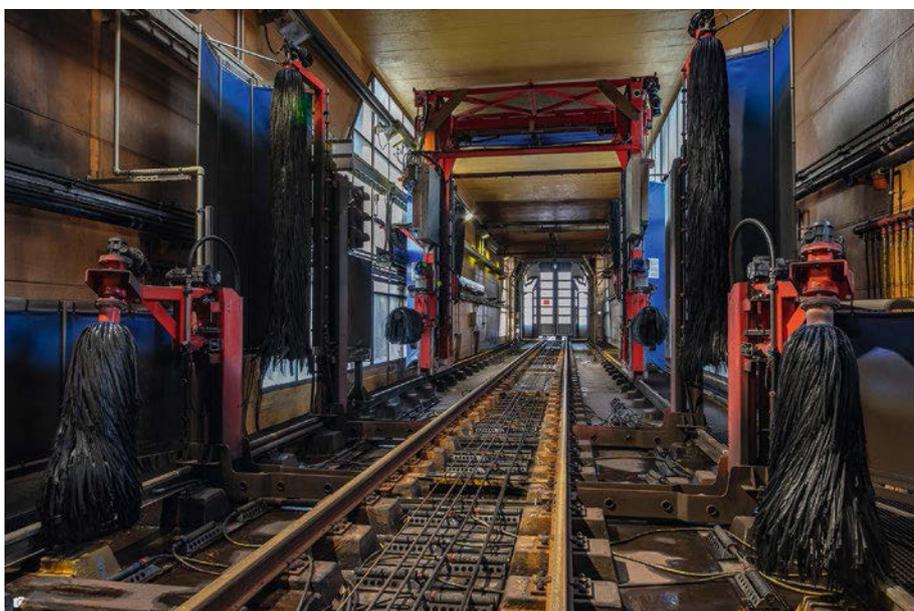


Abb. 2: Innenansicht ARA im Werk Frankfurt (Höchst)

Quelle: DB AG / Hartmut-Joachim Sigrist

Die Waschdauer beträgt für eine 200 m-Einheit etwa 45 Minuten, inklusive aller Rangier- und Prozesszeiten werden in der Praxis ein bis zwei Zugwäschen pro 120 Minuten erreicht. Pro Woche werden in den Anlagen des DB Fernverkehrs insgesamt etwa 350 ICE-Triebzüge und rund 1000 Reisezugwagen und Lokomotiven gewaschen. Für die Wäsche eines 400 m langen Triebzuges werden rund 15 000 l Wasser benötigt. Je nach Anlagentyp werden Rückgewinnungsquoten von bis zu 80 % erreicht. (Abb. 2)

Graffiti-Entfernung

Graffiti an Zügen sind für alle Eisenbahnverkehrsunternehmen ein Ärgernis mit großem wirtschaftlichem Schaden. Die DB Fernverkehr hat 2018 ein Maßnahmenpaket im Kampf gegen Graffiti aufgelegt. Wesentliche Maßnahmen sind die sofortige Meldung gesichteter Graffiti durch die eigenen Mitarbeitenden an Bord und in den Werken sowie die schnellstmögliche Herauslösung aus dem Betrieb und Zuführung zur Reinigung. Zur Reduzierung der durch Graffiti verursachten Sachschäden wurden die Abstell- und Behandlungsanlagen eingefriedet, mit Überwachungstechnik ausgestattet und kontinuierlich von Mitarbeitenden der DB Sicherheit mit ihren Hunden bestreift.

Die Reinigung der Fahrzeuge von Graffiti-Schäden erfolgt in der Regel durch qualifizierte Mitarbeiter der DB Services als internem Dienstleister der DB. In ihrem größten Werksstandort Hamburg setzt die DB Fernverkehr zusätzlich auch eigene Mitarbeiter für die mobile Graffiti-Entfernung ein. Mit einer Eingreifzeit von nur 20 Minuten kann die schnelle Eingreiftruppe sowohl neu entdeckte Graffiti an abgestellten Fahrzeugen als auch kurzfristig zugeführte Züge sofort behandeln. Die kurze Reaktionszeit und sofortige Beseitigung vorhandener Graffiti ist nicht nur Voraussetzung für ein bestmögliches Erscheinungsbild der Flotte, sondern auch eine äußerst unattraktive Rahmenbedingung für den Graffiti-„Künstler“. Von derzeit etwa 50 000 m² entfernter Graffiti p.a. entfallen dabei mehr als 20 000 m² auf die mobile Eingreiftruppe.

Die Maßnahmen zeigen eine beachtliche Wirkung (Abb. 3). Seit 2018 konnte die Anzahl Graffiti-behafteter Fahrzeuge in der Flotte um etwa 80 % reduziert werden. Im Jahr 2020 wurden pro Woche im Durchschnitt 15 Fahrzeuge mit Graffiti gemeldet und gereinigt, wobei die dunkle Jahreszeit stets eine Häufung aufweist.

Neuausrichtung der Fahrzeuginnenreinigung

Die Fahrzeuginnenreinigung umfasst die Reinigung der Fahrgasträume inklusive der WC sowie die Reinigung der Diensträume und Führerstände. Die Galley der BordRestaurants unterliegt aufgrund der besonderen Hygieneanforderungen im Küchenbereich einer gesonderten Behandlung. Zum Fahrplanwechsel am 13. Dezember 2020 wurde die Fahrzeuginnenreinigung neu ausgerichtet. Dabei wurden drei Ziele verfolgt:

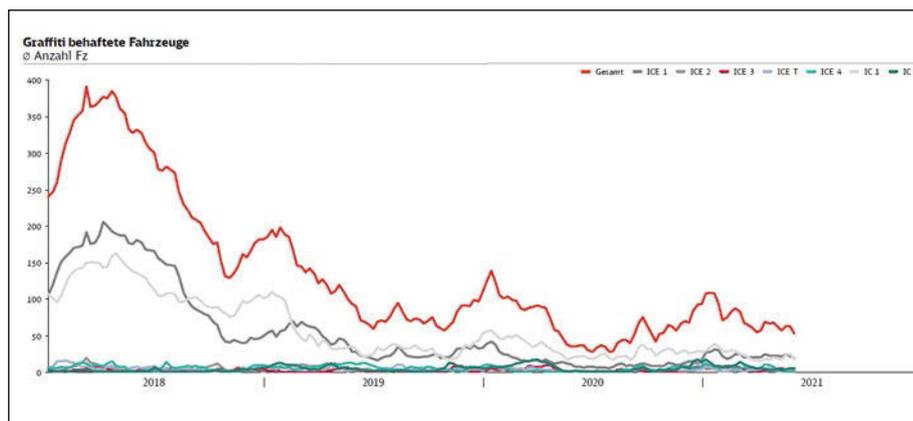


Abb. 3: Anzahl Fahrzeuge mit Graffiti in der Flotte der DB Fernverkehr, Entwicklung 2018 bis 2021

Quelle: DB AG

1. Basisversprechen an den Kunden vor jeder Zugfahrt
 2. Vereinfachung und Zusammenfassung der Reinigungsstufen
 3. Steigerung der Kundenzufriedenheit
- Hinter dem Begriff „Basisversprechen vor jeder Zugfahrt“ verbirgt sich der Anspruch, dass der Fahrgast vor jeder Zugfahrt ein gleichbleibend hohes Sauberkeitsniveau vorfindet. Das WC

ist gereinigt, alle Verbrauchsmaterialien sind aufgefüllt und im Fahrgastraum sind alle losen Abfälle beseitigt. Die Sitze und Tische sowie Teppich bzw. Boden sind ebenfalls sauber und frei von grober, sichtbarer Verschmutzung. Zur Erfüllung des Basisversprechens wurden neue Reinigungsstufen mit verdichtetem Reinigungstakt eingeführt und durch eine wirkungsvolle Qualitätskontrolle unteretzt.



Universell spezialisiert.

- platzsparende Montage in Schaltschränken und in Unterverteilungen
- schnelle Erfassung des Prozesszustandes durch Klartextinformationen im Display
- Relaisausgang mit 10-A-Wechsler zur Schaltung leistungsstarker Verbraucher
- schnelle und sichere Inbetriebnahme durch den Einsatz von PUSH-IN-Klemmen



JUMO eTRON T100
Elektronischer Thermostat

Willkommen bei JUMO.



EN 50155

www.jumo.net

More than sensors + automation



Abb. 4: Reinigung Tür-Drucktaster bei der Unterwegsreinigung Quelle: DB AG/Hartmut-Joachim Sigrist

Reinigungsstufen

Alle 365 Tage findet die Jahresreinigung statt. Wesentliche Elemente hierbei sind die Teppichextraktion, die Deckenreinigung, die Polsterextraktion und die intensive Reinigung der Küche inkl. der Desinfektion nach HACCP* (Hazard Analysis and Critical Control Points). Aufgrund der zu berücksichtigenden Trocknungszeit benötigt der Zug eine Standzeit von 24 Stunden.

Alle sechs Wochen wird die Grundreinigung durchgeführt. Innerhalb von nur sechs Stunden Standzeit werden alle Flächen und Fugen gesäubert, die Teppichböden entfleckt und außerdem die Küchengrundreinigung durchgeführt.

Die Jahres- und Grundreinigung dienen im Wesentlichen dem Werterhalt und schaffen die Basis für die kundennahen kleineren Reinigungsstufen.

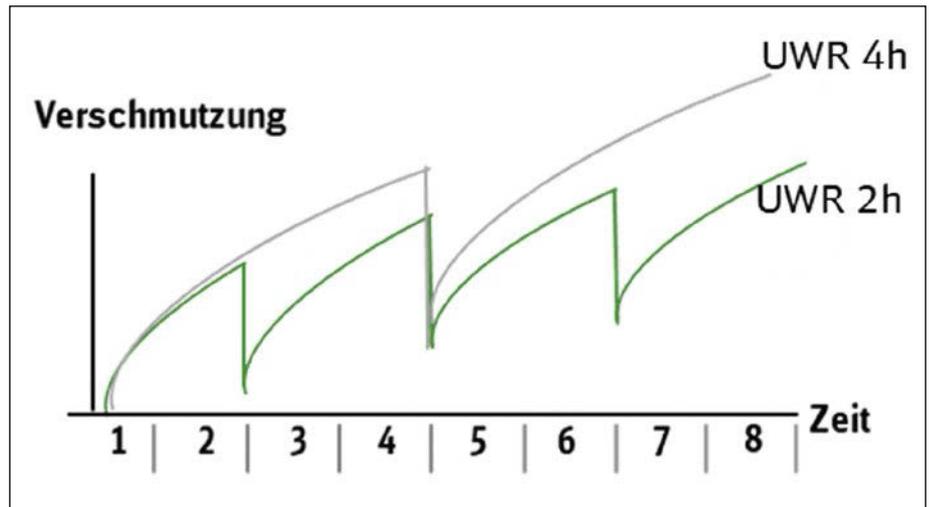


Abb. 5: Wirkung der Unterwegsreinigung (UWR) auf die Verschmutzung

Quelle: DB AG/ProjektWeiterentwicklung Fahrzeugreinigung

Einmal pro Woche wird in maximal vier Stunden Standzeit die Wochenreinigung durchgeführt, um die für den Fahrgast wesentlichen und sichtbaren Verschmutzungen zu beseitigen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf das WC gelegt, das vollständig und intensiv gereinigt wird.

Zentrales Element bei der Fahrzeuginnenreinigung ist jedoch die neu eingeführte Qualitätsreinigung. Die Qualitätsreinigung löst die bis 2020 durchgeführte Tagesreinigung ab, welche – wie der Name schon sagt – nur einmal täglich durchgeführt wurde. Anspruch der Qualitätsreinigung ist es, den Fahrgastbereich der Züge mindestens einmal täglich, möglichst jedoch vor jeder Zugfahrt zu reinigen. Züge mit mehreren Leistungen am Tage bekommen damit folglich mehrere Qualitätsreinigungen

täglich, sofern die Standzeiten dies erlauben. Zurzeit werden mit der Qualitätsreinigung bis zu 90 % aller Zugleistungen erreicht. In einer Reinigungszeit von maximal 30 Minuten werden der Müll beseitigt und die kundenrelevanten Bereiche wie Tische und Sitze von grober, sichtbarer Verschmutzung gereinigt. Auch hier liegt der besondere Fokus auf dem WC, denn das soll in einem hygienisch einwandfreien Zustand für den Fahrgast bereitstehen.

Reicht die Standzeit für eine Qualitätsreinigung nicht aus, so kann als Rückfallebene auf die sogenannte Notreinigung zurückgegriffen werden. Die Notreinigung beschreibt die kleinste Reinigungsstufe und beinhaltet nur das Einsammeln von Müll innerhalb kürzester Zeit.

Mobile Reinigung: Verdichtung des Takts von vier auf zwei Stunden

Aufgrund der langen Umläufe, der großen Entfernungen und des unterschiedlichen Fahrgastaufkommens im Fernverkehr können die „stationären Reinigungsstufen“ das Basisversprechen allein nicht vollumfänglich gewährleisten. Um Züge mit Fahrzeiten über vier Stunden zwischen Linien-Start- und Linien-Endpunkt auch während der Fahrt sauber zu halten, wird schon seit einigen Jahren eine Unterwegsreinigung (UWR) durchgeführt. Bei dieser UWR steigen während der Zugfahrt in definierten Streckenabschnitten des Netzes mobile Reinigungskräfte der DB Services zu. Sie bearbeiten den Zug von vorne bis hinten, sammeln Müll ein, reinigen die WC und ergänzen die Betriebsstoffe (Seife, Desinfektionsmittel, Toilettenpapier). Zur Gewährleistung von Sauberkeit und Hygiene der Kontaktflächen wurden während der Coronapandemie zusätzlich auch Kontaktflächen wie Tische, Türgriffe und Taster desinfizierend gereinigt (Abb. 4).

Durch den Einsatz der Unterwegsreiner wird der Schmutzaufbau während der Zugfahrt reduziert und damit zugleich auch die stationäre Reinigung entlastet (Abb. 5). Das Intervall zur



Abb. 6: Fahrzeugreiner am Shinkansen in Tokyo

Quelle: DB AG/Thomas Hempel



Abb. 7: Manuelle Reinigung eines ICE 4 mit der Padreinigung *Quelle: DB AG/Nico Söldner*



Abb. 8: Intensive Reinigung beim Frühjahrsputz 2021 *Quelle: DB AG/Nico Söldner*

Begleitung der Züge von bislang vier Stunden wurde auf nur zwei Stunden halbiert. Zusätzlich wurden vier sogenannte UWR Hotspots eingeführt (Kassel-Wilhelmshöhe-Göttingen, Frankfurt-Mannheim, Würzburg-Aschaffen-

burg und Köln-Duisburg), in denen die UWR zwischen zwei Haltebahnhöfen in einer Fahrzeit von weniger als 30 Minuten durch eine erhöhte Kolonnenstärke der Servicemitarbeitenden durchgeführt wird.

Eine Besonderheit im Reinigungssystem stellt die sogenannte „Shinkansen-Reinigung“ dar. Die 400 m langen Shinkansen-Züge werden am Linienendpunkt Tokyo (Japan) innerhalb von nur sieben Minuten

Sicherheit.
Made in Germany.



Als Technologie- und Innovationsführer stehen wir mit Qualitätsprodukten made in Germany als Garant für höchste Arbeitssicherheit. Ein Versprechen, das wir seit Generationen als Familienunternehmen einlösen und nun mit einem für alle sichtbaren Zeichen bekräftigen: Eine Familie. Ein Name. Eine Mission.
Aus der Günzburger Steigtechnik wird die MUNK Group. www.munk-group.com

MUNK
GROUP

vollständig im Innenraum gereinigt. Inklusive Fahrgastaus- und -einstieg sowie einer Pufferzeit von 90 Sekunden beträgt die Wendezeit hier nur zwölf Minuten. Für die schnelle Wendereinigung in Tokyo kommen bis zu 46 Reinigungskräfte an einem einzigen Zug zum Einsatz. Der enge Takt der Shinkansen-Züge ermöglicht es, dass jede Kolonne bis zu 22 Züge täglich reinigen kann. Ein effizienter Personaleinsatz ist dadurch auch bei der großen Kolonnenstärke sichergestellt. Die Servicemitarbeitenden konzentrieren sich auf Ordnungsarbeiten (Sitze, Auslagen, Rollos), das Leeren der Mülleimer an jedem Platz, das Wischen der Tische und das Reinigen der Sitze und des Fußbodens von grober sichtbarer Verschmutzung. Auch die Reinigung der WC und das Auffüllen der Betriebsstoffe sind selbstverständlich. Besonders interessant ist die aufgeteilte und getaktete Arbeitsweise im Team (z.B. Reiniger, WC-Experten, Teppichexperten in festen Teams je Wagen). Die Fahrzeugreiniger sind für die Fahrgäste bereits am Bahnsteig deutlich erkennbar (Abb. 6). Ihre Arbeit wird wertschätzend beobachtet und von den Fahrgästen erkennbar geschätzt.

Am Münchener Hauptbahnhof werden ICE-Züge mit kurzen Wendezeiten nach dem Vorbild der „Shinkansen-Reinigung“ ebenfalls am Bahnsteig gereinigt. Die stationären Reinigungsmöglichkeiten außerhalb der Bahnhofshalle sind im Knoten München sehr eingeschränkt. Ein Abziehen des Zuges würde deshalb zu lange Wendezeiten nach sich ziehen und den Taktfahrplan gefährden. Bei der „Shinkansen-Reinigung“ in München werden täglich 50 Züge behandelt.

Frühjahrsputz 2021

Die Jahre 2020 und 2021 waren und sind durch COVID-19 und die Auswirkungen der Pandemie besonders geprägt.

Die Auswirkungen auf das Thema Fahrzeugreinigung waren gegensätzlich. Auf der einen Seite sorgten die leeren Züge für einen deutlich geringeren Verschmutzungsgrad innerhalb der Fahrzeuge, für sich betrachtet ein positiver Aspekt der Pandemie. Auf der anderen Seite haben sich die Anforderungen und das Empfinden der Fahrgäste bezüglich der Hygiene und Sauberkeit der Züge deutlich erhöht. Die desinfizierende Reinigung von Kontaktflächen ist eine Grundanforderung geworden, welche die Fahrgäste erwarten und schätzen. Bereits im Frühjahr 2020 sind unmittelbar verschiedene Maßnahmen ergriffen worden, um für die Fahrgäste wie auch für die eigenen Mitarbeitenden diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Die tägliche stationäre Reinigung/Qualitätsreinigung wurde um eine Ausweitung auf alle Kontaktflächen angepasst. Insbesondere Kleinkindabteile, WC und Türöffner standen hierbei im Fokus. Auch das Auffüllen der Desinfektions- und Seifenmittelspen-

der und die Einrichtung zusätzlicher Vorräte an Bord wurde entsprechend priorisiert, um dem erkennbar gestiegenen Verbrauch gerecht zu werden. Im Falle eines COVID-19 (Verdachts-) Falles im Zug wurden Regelungen für die Desinfektion des Fahrgastbereiches vor der nächsten Zugfahrt, aber auch vor weiteren Instandhaltungs- und Bereitstellungsleistungen eingeführt. Neben dem Schutz der Fahrgäste galt es schließlich, auch die eigenen Personale der Bereitstellung und Instandhaltung sowie die Personale an Bord vor Infektionen zu schützen. Der Dienstleister DB Services hat hierfür eigens die notwendigen Qualifikationen zur fachgerechten Desinfektion von Zügen bundesweit aufgebaut.

Bei der mobilen Reinigung hat die schon beschriebene Halbierung der Reinigungsintervalle und ebenfalls die Priorisierung auf die Reinigung der WC- und Kontaktflächen auch unterwegs die Möglichkeit geschaffen, einen gleichbleibend hohen Hygienestandard zu gewährleisten.

Für die Rückkehr der Fahrgäste im Sommer 2021 hat sich die DB Fernverkehr besonders gut vorbereitet. Neben der technischen Stabilisierung der Flotte, insbesondere der forcierten Instandhaltung der Klimaanlage, wurden die Züge von Februar bis Juni 2021 einem intensiven Frühjahrsputz unterzogen. Mit erweiterten Reinigungsinhalten sowohl bei der Fahrzeuginnen- als auch bei der Außenreinigung wurde „die weiße Flotte“ für die ersten großen Reisewellen in den Sommerferien in einen einwandfreien Zustand gebracht.

Bei der Außenreinigung wurde ergänzend zur Außenwäsche mit maschinellen Anlagen

jetzt auch die sogenannte Padreinigung von Hand angewendet, um den angesammelten „Winterdreck“ an Front/Heck, den Wagenübergängen und an den Griffbereichen zu beseitigen. Während am Werksstandort Hamburg die Padreinigung schon bereits eine Zeit lang zum Einsatz kommt, wurden diese Aktivitäten im Rahmen des Frühjahrsputzes auch auf die Standorte Stuttgart, Dortmund und München ausgeweitet, um so nachhaltig für blitzsaubere Züge zu sorgen (Abb. 7).

Bis zum 24. Juni 2021 wurden 271 ICE-Triebzüge der Flotte einer erweiterten Grundreinigung unterzogen. Mit zusätzlichen Dampfsaugern sowie Extraktionsgeräten und zusätzlichem Personal der DB Services wurden „schwere Geschütze“ aufgefahren, um den hartnäckigen Verschmutzungen den Kampf anzusagen. Die Schwerpunkte: Übergänge zwischen Fußböden und Wandbekleidung, rutschhemmende Streifen an Trittstufen, Chromfußleisten, WC Dichtleisten, Wagenübergänge, Zwischenräume von Sitzen und Wandverkleidung, Böden und Teppiche insbesondere im Kleinkindabteil (Abb. 8).

Wirkung auf die Kundenzufriedenheit

Für die Zufriedenheit der Gäste mit ihrer Fahrt sind – neben Pünktlichkeit, gastronomischem Angebot, Sitzplatzkomfort usw. – die Sauberkeit am Platz und die Sauberkeit der WC besonders wichtig. Seit Verdichtung der Unterwegsreinigung und Einführung des neuen Reinigungssystems ist die Kundenzufriedenheit bzgl. der Sauberkeit am Platz und bzgl. der Sauberkeit der Zugtoilette um über 10 % gestiegen. Die Investition in saubere Züge zahlt sich aus, denn nur zufriedene Fahrgäste kommen gerne wieder! ■



Dr.-Ing. Thomas Hempe

Leiter Bereitstellung
und Instandhaltung
DB Fernverkehr AG, Frankfurt a.M.
thomas.hempe@deutschebahn.com



Dipl.-Ing. Michael Zschammer

Leiter Bereitstellung
DB Fernverkehr AG, Frankfurt a.M.
michael.zschammer@deutschebahn.com

Das neue druckluftfreie Bremssystem der Siemens Bremse

Diese Innovation ist mehr als eine Alternative zu den seit über 150 Jahren eingesetzten pneumatischen Bremssystemen in Schienenfahrzeugen.

JENS LICHTERFELD | ROBERT STEINFELDER

Die interne Einheit Siemens Bremse setzt mit dem Blickwinkel und der Erfahrung eines Fahrzeugherstellers das optimale Bremssystem für zahlreiche Anwendungen bei Siemens Mobility im Portfolio der MoComp-Familie sehr erfolgreich um. Technologisch setzen bei Bremssystemen noch immer alle Schienenfahrzeughersteller zu meist auf die klassische Druckluftbremse. Ausgangspunkt der Neuentwicklung eines druckluftfreien Bremssystems war das Ziel, eine echte Alternative für die klassischen, auf Druckluft basierenden Bremssysteme zu entwickeln.

Funktion und Nutzen

Das innovative druckluftfreie Bremssystem inklusive Gleitschutzfunktion besteht im Wesentlichen aus dem hauseigenen Bremssteuergerät und den elektrisch angesteuerten druckluftfreien, intelligenten Bremsaktuatoren (Abb. 1).

Der gemeinsam mit Liebherr entwickelte, intelligente Bremsaktor besteht aus einer kompakten, abgeschlossenen elektrohydraulischen Einheit sowie dem fahrwerksspezifischen Bremsgestänge und kombiniert alle notwendigen Komponenten zum Bremskraftaufbau.

Der intelligente Bremsaktor ersetzt die Druckluftbremszange und benötigt im Drehgestell keinen zusätzlichen Bauraum. Gleichzeitig können alle pneumatischen Komponenten für die Erzeugung des Bremsdruckes im Wagenkasten entfallen. Die Ansteuerung der Bremse erfolgt rein elektrisch („brake-by-wire“), wodurch auf eine pneumatische Verrohrung vollständig verzichtet werden kann. Durch den Einsatz der druckluftfreien Bremse und dem damit verbundenen Entfall der Komponenten der Druckluftbremse (Druckbehälter, Verrohrung, Ventiltafel, Einzelventile etc.) können Gewicht und benötigter Bauraum für die Bremsausrüstung deutlich reduziert werden. Die Wartungs- und Überholungstätigkeiten des Bremssystems beschränken sich auf den Bremsaktor, welche in vergleichbaren Intervallen wie bei einer Druckluftbremszange durchzuführen

sind. Einstellarbeiten, Prüfung von Druckeinstellungen oder ähnliches sind jedoch nicht mehr nötig, da der intelligente Bremsaktor alle relevanten Werte für den Betrieb eigenständig prüft. Das reduziert im Vergleich zur Druckluftbremse sowohl den Aufwand am Zug als auch in der Werkstatt. Die durchzuführenden Tätigkeiten erfordern dabei keine zusätzliche Qualifikation des Personals.

Technik und Sicherheit

Die Einbindung des Bremsaktuatoren in den Zug erfolgt mittels einer einfachen elektrischen Schnittstelle. Der Bremsaktor ist mittels CAN Bus mit dem Bremssteuergerät verbunden, über welchen alle notwendigen Sollwerte und Statusinformationen zwischen dem Aktuator und dem Bremssteuergerät ausgetauscht werden. Die fahrzeugspezifische Einbindung des Bremsaktuatoren in die Leittechnik erfolgt über das elektronische Bremssteuergerät. Zusätzlich wird der Bremsaktor direkt in die Sicherheitsschleife des Zuges integriert. Dadurch wird der Bremsbefehl für die Notbremse bzw.

Sicherheitsbremse redundant an den Bremsaktor übermittelt. Die Betriebsbremswerte und die Reduziervorgaben für den Gleitschutz werden über das Bremssteuergerät vorgegeben. Auf Basis der verschiedenen Sollwerte für Betriebsbremse, Notbremse und Gleitschutzvorgaben wird durch die im Bremsaktor integrierte Elektronik der entsprechende Sollwert eingeregelt. Dabei wird zum Druckaufbau die integrierte Motor-Pumpeneinheit und zum Druckabbau das Löseventil betätigt. Um sicherzustellen, dass auch im Fehlerfall (z. B. Spannungsausfall) Bremskraft aufgebaut werden kann, ist je Aktuator ein abgesicherter Druckspeicher integriert. Somit ist die Verfügbarkeit der Notbremse in jedweder Situation sichergestellt. Um den Zug auch im energielosen Zustand dauerhaft sicher abzustellen, wurde ein interner Mechanismus realisiert, der den Bremszylinder mechanisch arretiert und die notwendige Parkbremskraft dauerhaft zur Verfügung stellt.

Bei der Auslegung der einzelnen Komponenten wurde darauf geachtet, dass die Zeiten für den Druckaufbau und Druckabbau so kurz wie



Abb. 1: Bremsaktor



Abb. 2: X-Wagen der Wiener Linien

Quelle aller Abb.: Siemens Mobility GmbH

möglich sind, wodurch sich die Regelzeiten im Vergleich zur Druckluftbremse wesentlich verbessern. Außerdem kann die Bremskraft beim Gleiten der Räder durch das analoge Reduziersignal stufenfrei geregelt werden. Durch die wesentlich schnelleren Regelzeiten und die analoge Steuerung der Bremskraft durch den Gleitschutz des druckluftfreien Systems ist es im Falle schlechter Schienenverhältnisse möglich, den Schlupf der einzelnen Achsen besser zu regeln bzw. die Achsen schneller zu entbremsen. Dadurch werden die Bremswegverlängerungen sowie die Radlauffläschenschädigungen minimiert. Die deutlich kürzeren Ansprechzeiten zum Lösen der Bremse ermöglichen es zudem, die Zeiten vom Fahrbefehl bis zum tatsächlichen Bewegen des Zuges um mindestens eine Sekunde zu reduzieren.



Abb. 3: Mehr Informationen hier

Durch die kürzeren Anfahrzeiten der Züge kann die Verweildauer in den Stationen nach dem Schließen der Türen optimiert und damit der Betrieb vor allem in automatisierten Systemen beschleunigt werden.

Für den Betreiber bzw. das Betriebspersonal ist es möglich, die Bremse mittels eines elektrischen Signals zu lösen. Dadurch ist es je nach Bedarf möglich, entweder jeden Aktuator einzeln, ein Fahrwerk oder einen Wagen elektrisch zu lösen. Zum Erfassen des gelösten Aktuators dient ein Rückmeldekontakt, mittels dessen der Zustand (Bremse angelegt / Bremse gelöst) über einen Leuchtmelder angezeigt werden kann. Dadurch können einfache Bedienkonzepte für die einzelnen Betriebsszenarien wie Schieben und Schleppen für den Betreiber umgesetzt werden. Zusätzlich kann durch geschickte Einbindung in die Fahrzeugsteuerung das Lösen der Bremse auch automatisiert durch die Bremssteuerung erfolgen. Diese kann dann im Falle einer betriebsbeeinflussenden Störung den Aktuator automatisch deaktivieren. Dadurch wird bei Störung eines Bremsaktuators die Notwendigkeit von Bedienhandlungen Abhilfemaßnahmen durch den Fahrzeugführer minimiert und die Anzahl von betriebseinschränkenden Störungen

i

Siemens Bremse

Seit Gründung der Einheit im Jahr 2003 werden in verschiedensten Projekten (u. a. alle Metro-Projekte seit 2003) pneumatische Bremssysteme durch die Siemens Bremse realisiert. Hierbei wird ausschließlich das hauseigene, steuerungstechnische Herzstück, die elektronische Brems- und Gleitschutzsteuerung (SIBAS GS Kompakt) eingesetzt. Höchste Qualität und Zuverlässigkeit werden durch den Einsatz modernster Tools und der engen Zusammenarbeit mit bahnerfahrenen Lieferanten erreicht. Für eine lückenlose Betreuung über die gesamte Projektlaufzeit inklusive der Ersatzteilversorgung arbeiten qualifizierte und erfahrene Mitarbeiter an den Standorten Erlangen, Krefeld, Wien und Graz. Das hauseigene Test Center verfügt über Prüfstände für realitätsnahe Fahrzeugsimulationen und entsprechende Komponenten- und Systemtests sowie eine akkreditierte Prüfstelle nach DIN EN ISO/IEC 17025.

gen reduziert. Zusätzlich ist, wie von der Druckluftbremse gewohnt, auch ein manuelles Lösen mittels Bowdenzugs oder direkt über einen Hebel am Aktuator möglich.

Um die notwendigen Sicherheitsaspekte einer Reibungsbremse für Schienenfahrzeuge, die sowohl als Betriebsbremse, Betriebssatzbremse oder Notbremse genutzt wird, zu erfüllen, wurde das Bremssystem inklusive Bremsaktuator nach den höchsten Sicherheitsstandards (bis zu Sicherheits-Integritätslevel (SIL) 4) entwickelt. Dabei wurden die Erfahrungen und Kompetenzen von Siemens aus der Bahntechnik und von Liebherr aus Luft- und Raumfahrt erfolgreich kombiniert.

Die für den sicheren Betrieb notwendigen Bremstests sind in einem Hochlauftest zusammengefasst. Dieser erfolgt nach dem Einschalten der Spannungsversorgung des Systems und kann damit komplett unabhängig von der Druckluft erfolgen. Im Zuge des Hochlauftests werden alle Funktionen des Aktuators sowie alle sicherheitsrelevanten Aspekte geprüft und anschließend wird der interne Speicher geladen. Das Bremssystem ist somit nach kurzer Zeit betriebsbereit und der Zug damit fahr- und bremsfähig. Das verbleibende Druckluftsystem kann parallel und unabhängig vom Bremssystem aktiviert werden. Dadurch kann unter Berücksichtigung kundenspezifischer Betriebsaspekte die Zugbereitschaft nach Einschalten deutlich schneller (weniger als vier Minuten) als bei einem Druckluftbremssystem (ca. 10-15 Minuten) hergestellt werden. Durch den Einsatz des druckluftfreien Bremssystems wird die Druckluftversorgung im Zug lediglich für die verbleibenden Systeme wie z. B. die Luftfeder oder den Pantographen benö-

tigt. In Abhängigkeit von dem jeweiligen Anwendungsfall und unter Berücksichtigung der Projekt- sowie Kundenanforderungen können dadurch weitere Optimierungen realisiert werden. Diese sind unter anderem die Nutzung kleinerer und leichter Kompressoren oder das Abschalten der Kompressoren im Abstellbetrieb, um die Akustikwerte in der Abstellung zu minimieren.

Erprobung und Kundennutzen

Die druckluftfreie Bremse wird nach den bisher erfolgten Erprobungen bereits im X-Wagen, einem prestigeträchtigen Serienprojekt der Wiener Linien, eingesetzt.

Die dynamische Inbetriebsetzung des ersten sechsteiligen Metrozuges (Abb. 2) startete im Oktober 2020. Der Fahrgastbetrieb ist für Mitte 2022 geplant.

Damit können die Wiener Linien als weltweit erster Verkehrsbetrieb sowohl im konventionellen Betrieb mit Fahrern als auch später

im automatischen Betrieb auf der neuen Linie U5 von den Vorteilen des Bremssystems profitieren.

Damit künftig auch weitere Kunden und Betreiber das druckluftfreie Bremssystem einsetzen können, müssen die Lastenheftanforderungen dies ermöglichen. Aktuell beinhalten die Lastenhefte vieler Ausschreibungen noch immer explizite Forderungen nach pneumatischen Bremssystemen. Eine Möglichkeit, um den Weg für innovative Lösungen wie dem druckluftfreien Bremssystem freizumachen, besteht darin, die Anforderungen an das Bremssystem in Ausschreibungen funktional zu gestalten.

Mit dieser innovativen Technik und den damit verbundenen Potenzialen, auch über das Bremssystem hinaus, hat Siemens Mobility mehr als eine Alternative zur klassischen Druckluftbremse im MoComp-Portfolio und macht damit einen wesentlichen Schritt hin zum „all electric train“.



Jens Lichterfeld

Senior Expert Brakes
Siemens Mobility GmbH, Erlangen
jens.lichterfeld@siemens.com



Robert Steinfelder

Vice President Siemens Brakes
Siemens Mobility GmbH, Erlangen
robert.steinfelder@siemens.com

Elektrisches Makrofon EM660/370 TSI*

// unabhängig von Druckluft
// Features wie z. B.
Bereitschaftsanzeige

Sprechen Sie uns an!
rollingstock@zoellner.de // zoellner.de



ZÖLLNER
signal system technologies

NEU

*entspricht den Anforderungen der TSI LOC&PAS, EN 15153-2 & EN15153-4

Schienenfahrzeuge testen, prüfen, analysieren: Global Player IMA Dresden



Abb. 1: Auf 13 Prüfständen und einer Prüffläche von über 3000 m² werden Lauf- und Triebdrehgestelle getestet.

Die Internationale Schienenfahrzeugtagung in Dresden vom 22. bis 24. September 2021 ist eine der wichtigsten Konferenzen für Experten aus der Branche. Mit dabei: IMA Dresden. Als großer und bekannter Prüfdienstleister für Schienenfahrzeuge gehört das Unternehmen zu den Innovationstreibern.

Zum 18. Mal treffen sich Wissenschaftler, Hersteller und Berichterstatter, um über Entwicklungen und Trends in der internationalen

Schienenfahrzeugbranche zu sprechen. Natürlich ist auch IMA Dresden mit an Bord. Bei der Posterpräsentation stellt der Ingenieur Franz Ellmer die Ergebnisse des FKM-Forschungsvorhabens „Überlasten“ vor. Er untersuchte den Einfluss von Sonderbelastungen, wie Entgleisen und Aufgleisen, auf die Ermüdungsfestigkeit metallischer Bauteile.

Als Teil der Applus+ Gruppe ist die international anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Hersteller und die gesamte Zuliefererindustrie auf vielen Geschäfts-

feldern aktiv. In den akkreditierten Prüflaboren werden laufend innovative Produkte und Technologien aus der Kunststoff- und Metallindustrie, der Luftfahrt-, Automobil-, Medizin-, Bauprodukte- und eben aus der Schienenfahrzeugtechnik geprüft.

Das Besondere: IMA Dresden ist eine unabhängige und von der »Deutschen Akkreditierungsstelle« (DAKkS) zertifizierte Prüfstelle für die Schienenfahrzeugindustrie. Hersteller und Zulieferer, die sich im Entwicklungsprozess befinden, unterstützt das Unternehmen bei statischen und dynamischen Festigkeitsprüfungen sowie bei der Produktoptimierung.

Auf 13 Prüfständen und einer Prüffläche von über 3000 m² können Lauf- und Triebdrehgestelle getestet werden. Um Wagenkästen auf ihre Festig- und Belastbarkeit zu untersuchen, betreiben die Experten drei weitere separate Testgleise. Durchschnittlich können so jedes Jahr zwischen zehn und zwölf Wagenkästen erprobt werden.

Zum Leistungsspektrum der Dresdner gehört auch das Clustern und Auswerten von Daten, die bei weltweit durchgeführten Messfahrten gewonnen werden. Ebenso die FE-Simulationen, mit der die Betriebs- und Dauerfestigkeit neuer Konstruktionen aus der Schienenfahrzeugindustrie rechnerisch und experimentell ermittelt werden können. Im Schadensfall untersucht IMA Dresden durch eine strenge systematische Vorgehensweise Ursache und Auswirkungen eines Produktausfalls durch werkstofftechnische Analysemethoden. ■



Abb. 2: Auf drei separaten Testgleisen prüft die IMA Dresden die Festig- und Belastbarkeit von Wagenkästen.

i

Internationale Schienenfahrzeugtagung

Sie finden die IMA Dresden auf der Internationalen Schienenfahrzeugtagung vom 22. bis 24. September 2021 in Dresden mit einem Stand sowie bei der Posterpräsentation. Ein erster Kontakt mit dem präsentierenden Ingenieur Franz Ellmer ist am Donnerstag, den 23. September 2021, von 13.00 bis 13.30 Uhr am Poster möglich.

Vor Ort sind:

Dr.-Ing. Thorsten Voigt, Key-Account für den Bereich Schiene
 Prof. Dr.-Ing. Roland Rennert, Abteilung Simulation und Festigkeitsbewertung
 Dipl.-Ing. Franz Ellmer, Ingenieur für Berechnung und Festigkeitsversuche

Befahrbare Gleiseindeckung aus Ortbeton für FF-Systeme

In den Tunneln der NBS Wendlingen–Ulm kommt eine eigens für Straßenfahrzeuge entwickelte Gleiseindeckung für Feste-Fahrbahn-Systeme zum Einsatz.

PHILIPP NACHBAUR | VIKTOR ENOEKL |
HELGE GRAFINGER

Auf der Neubaustrecke (NBS) Wendlingen–Ulm, die von den Baufirmen Rhomberg Bahntechnik GmbH und Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. in der gemeinsamen ARGE „Bahntechnik Schwäbische Alb“ (ABSA) verantwortet wird, kommt in sämtlichen Tunneln, die über einen Kilometer lang sind, an den angrenzenden Portalen bis zu den Rettungsplätzen sowie auf der Filstalbrücke eine für die Einsatzkräfte mit Fahrzeugen befahrbare Gleiseindeckung aus Ortbeton zum Einsatz. Das System wurde ursprünglich von der Ed. Züblin AG konstruiert und jetzt, gemeinsam mit dem ARGE-Partner Rhomberg Bahntechnik, speziell für die Anforderungen der NBS weiterentwickelt.

Das Projekt

Der Neubau der 60 km langen Hochgeschwindigkeitsstrecke Wendlingen–Ulm ist Teil des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm und wird die Fahrzeit im Fernverkehr zwischen den beiden süddeutschen Großstädten von bisher 54 Minuten auf dann 28 Minuten fast halbieren. Die Hochgeschwindigkeitszüge erreichen dabei eine Geschwindigkeit von 250 km/h. Insgesamt wird die ABSA zwischen Wendlingen und Ulm in zwei Baulosen knapp 120 km Feste Fahrbahn (FF) und 24 Weichen einbauen. Außerdem errichtet die ARGE 50-Hz-Anlagen sowie Anlagen für Telekommunikation und Bahnstrom. Hinzu kommen das Verlegen von über 2500 km Kabel, die mechanische Ausrüstung von Tunneln mit Lüftungsanlagen, mit Technikräumen und Beschilderungen sowie der Einbau von 78 km beleuchteter Handlauf. Das Auftragsvolumen beträgt rund 250 Mio. EUR, während der Bauzeit sind bis zu 250 Mitarbeitende gleichzeitig auf der Baustelle beschäftigt.

Gut die Hälfte der 120 km FF verläuft in insgesamt zwölf Tunneln. Die längsten Tunnel sind dabei der Steinbühlentunnel mit 4850 m, der Albbabstiegstunnel mit 5940 m, der Albvorlandtunnel mit 8176 m sowie der 8806 m lange Boßlertunnel. Das macht summa summarum und einschließlich der 480 m langen Filstalbrücke sowie der Portalbereiche 58480 Gleiskilometer, die im Sicherheitsfall für nicht-schie-

nengebundene Einsatzfahrzeuge befahrbar gemacht werden müssen. Dafür hat die ABSA das Gleiseindeckungssystem „Züblin“ gewählt. Die Weiterentwicklung und Anpassung an die projektspezifischen Anforderungen erfolgte in einer Zusammenarbeit zwischen dem Systemlieferanten Züblin und Rhomberg Bahntechnik.

Die Gleiseindeckung

Die Anforderungen, die die Gleiseindeckung auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke erfüllen muss, sind umfangreich und anspruchsvoll. Zahlreiche Vorschriften der Deutsche Bahn AG (DB) (u.a. die Richtlinie (Ril) 820.2020A11 „Befahrbarkeit einer Festen Fahrbahn“, Ril 997.0206A01 „Beläge in Gleisen: Elektrotechnische Anforderungen“) sowie Projektvorgaben (z.B. die „Grundsätze für den Bau der Festen Fahrbahn auf der NBS Wendlingen–Ulm und S21“) und Technische Vertragsbedingungen (TVB) der Ausschreibung geben

die wesentlichen Anforderungen in Bezug auf Belastbarkeit, Geometrie, elektrotechnische Anforderungen und Auswechselbarkeit vor. Das bedeutet im Einzelnen, dass die Gleiseindeckung für Rettungsfahrzeuge mit 16 t Gesamtgewicht und 10 t Achs- beziehungsweise 5 t Radlast (Brückenklasse 30/30) sowie für direkte Druck-Sog-Kräfte infolge des Zugverkehrs bemessen sein muss (Abb. 1). Die Gleiseindeckungselemente (Befahrbarkeitsplatten) müssen erdungstechnische Anforderungen erfüllen und dürfen die Funktion der signaltechnischen Einrichtung nicht einschränken. Eine besondere Herausforderung in diesem Projekt stellte die während der Ausschreibung geänderte Geometrie des Spaltes zwischen Gleiseindeckung und Schiene dar. War in früheren Projekten und nach der Ril 820 beidseitig neben dem Schienenkopf in Längsrichtung ein durchgehender Spalt von 250 mm für die Instandhaltung vorgesehen, so sah die Aus-



Abb. 1: Die Befahrbarkeitsplatten tragen Rettungsfahrzeuge mit 16 t Gesamtgewicht und 10 t Achs- beziehungsweise 5 t Radlast.

Quelle aller Abb.: Rhomberg Bahntechnik / Ed. Züblin AG

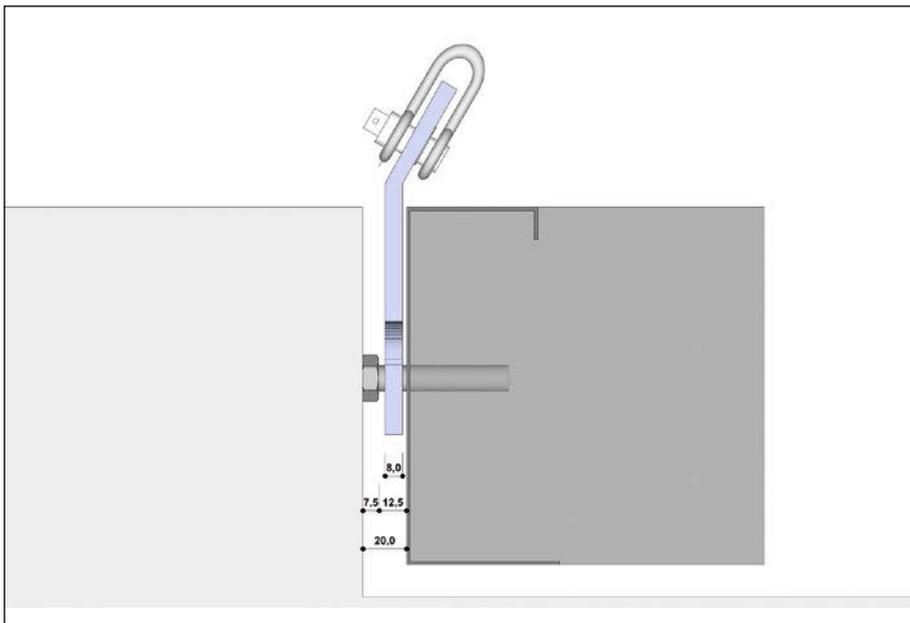


Abb. 2: Nadelöhr-Randfuge (Querschnitt): Die korrekten Abmessungen zwischen Platte (rechts) und Bankett (links) bzw. Schiene wurden erstmals per Laserscan ermittelt. So wird sichergestellt, dass die Haken (blau) die Gleiseindeckung später problemlos anheben können.



Abb. 3: Das Gleisbauteam beim Betonieren der Befahrbarkeitsplatten



Abb. 4: Das „Sägezahnprofil“ der Befahrbarkeitsplatten wurde im Laufe des Projektes weiterentwickelt. Jetzt gewährleistet eine Verjüngung des Spaltes sowohl Befahrbarkeit als auch Inspizierbarkeit.

schreibung nun einen sägezahnförmigen Spalt vor, 15 cm im Schwellenfach aufgrund der Forderung der örtlichen Feuerwehren (um mit dem Fahrzeugreifen nicht in den Spalt zu fallen) und 19 cm im Bereich der Schwelle für die Instandhaltung. Die Toleranz der Spaltbreite ist +0,5/-1,0 cm.

Bei der einfachen Randfuge zum Bankett mit einem Sollmaß von 2 cm liegt die Herausforderung nicht in der Form, sondern in den vom Auftraggeber vorgegebenen engen Toleranzen von ± 1 cm unter „*zwingender Berücksichtigung der Einbautoleranzen des Rohbaus*“ (Abb. 2). Dazu sollte das vorhandene lichte Maß zwischen den Banketten vom Auftragnehmer per Aufmaß ermittelt werden. Da bereits die planerischen Rohbautoleranzen der Bankette – abgesehen von den tatsächlichen – bei $+1/-2$ cm liegen und die Breite der Randelemente der Befahrbarkeitsplatten sich bei einer Gleisüberhöhung von $\ddot{u}=150$ mm um etwa ± 15 mm gegenüber $\ddot{u}=0$ ändert, ist der Einsatz von Fertigteilplatten aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und wegen des logistischen Aufwands ausgeschlossen.

Die ARGE hat sich unter anderem aus diesem Grund für ein an die Örtlichkeit anpassungsfähigeres und in der Ausführung flexibles Ortbetonsystem der Ed. Züblin AG entschieden. Das Züblin-System besteht aus Stahlblechrahmen, die zum einen als verlorene Schalung dienen und zum anderen gleichzeitig die Außenkanten der Gleiseindeckung einfassen (Abb. 2). Die Rahmen passen genau zwischen die Schwellenköpfe der Zwei-Block-Schwellen und sind so gegen ein Verrutschen gesichert. Die Gleiseindeckung selbst besteht aus Ortbeton, der vor Ort in die zuvor verlegten und ausgerichteten Rahmen gegossen wird (Abb. 3). Der Beton ist unbewehrt und wird auf der Oberkante der Blecheinfassung abgezogen. Für die „Abhebbarkeit“ der Platten wird vor dem Ausbetonieren der Blechrahmen eine Folie als Trennschicht auf der Tragplatte verlegt. Um den neuen Anforderungen des Projektes gerecht zu werden, wurde das System in einigen wichtigen Punkten weiterentwickelt:

- Es wurde eine alternative Ausbildung des „Sägezahnprofils“ (Abb. 4) mit einer geraden Kante unter Einhaltung der geforderten Inspizierbarkeit der Schienenbefestigung / des Schwellenkopfes gefunden.
- Die Schalungsrahmen der Randelemente wurden in der Breite verstellbar ausgebildet, um Toleranzen der Bankette zu begegnen.
- Die Tunnel der NBS haben bis zu 2,5 % Längsneigung. Um eine mögliche Wanderung der Elemente sicher zu unterbinden, wurde eine einfach verstellbare Kopplung der Elemente untereinander neu entwickelt.

Zur Bestimmung der notwendigen Verstellbarkeitsbereiche der Schalungsrahmen wurde in den längeren Tunnelabschnitten zwischen Wendlingen und Ulm erstmals ein Laserscan zur Vermessung der inneren Geometrie des Gleises eingesetzt. Dabei wird im Gegensatz zu

Gleise am Fließband – Die neue Generation

RUS 1000 S: REINIGUNG, UMBAU, STOPFEN

- erfolgreiche Technik der RU 800 S mit verbesserten Arbeitsabläufen
- bessere Leistung bei kleinerer Maschine – passt in G 1 Lichtraumprofil
- 1000 m³ Schotterdurchlauf/ Stunde



Das Video zur neuen RUS 1000 S sehen sie auf www.swietelsky.com

Neubaustrecke Wendlingen - Ulm



Am Bahnhof Merklingen



Auf der freien Strecke



Mit dem Schweiß-LKW



SWIETELSKY BRINGT INFRASTRUKTUR AUF SCHIENE

- Gleisunterbau konventionell
- Gleisunterbau maschinell
- Schotteroberbau Gleise
- Schotteroberbau Weichen
- Feste Fahrbahn Gleise und Weichen
- Fahrleitung
- Bahnstrom
- Schwachstrom und Telekommunikation
- Signaltechnik
- Eisenbahnverkehrsunternehmen
- Baustellensicherung
- Baustellenlogistik
- zert. Werkstätte f. Schienenfahrzeuge
- Vermessung
- Planung und Projektierung
- Maschinendienstleistungen

SWIETELSKY AG

Bahnbau Österreich – ZNL Fischamend
Klein-Neusiedlerstraße 27
2401 Fischamend
ÖSTERREICH
T: +43 22 30 80-270
F: +43 22 30 80 270-2119

SWIETELSKY Baugesellschaft m.b.H.

Bahnbau International
Zweigniederlassung München
Landsberger Straße 480
81241 MÜNCHEN
DEUTSCHLAND
T: +49 89 820 750-0
F: +49 89 820 750-50

INFO_MCH@swietelsky.de
www.swietelsky.com

Mehr Infos & Kontakt
auf unserer neuen Website:

swietelsky.com

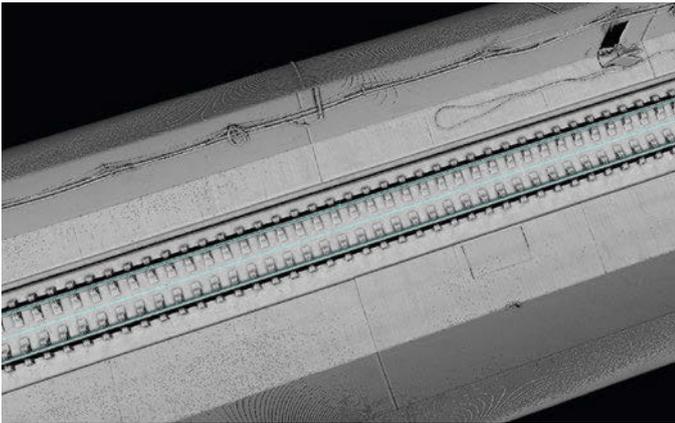


Abb. 5: Dreidimensionale Punktwolke als Ergebnis des Laserscans



Abb. 6: Scanner mit Referenzpunkt

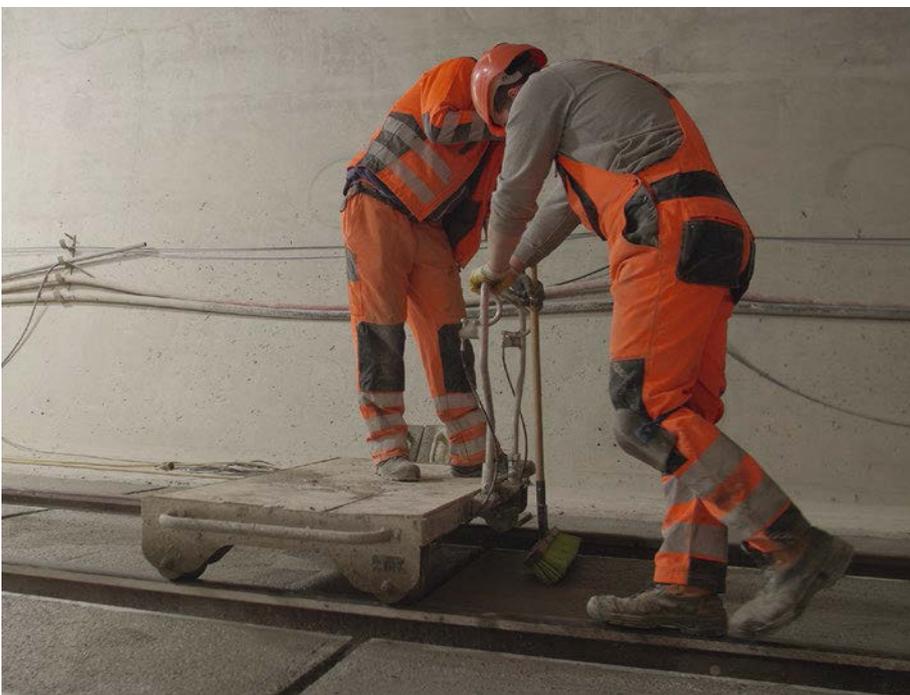


Abb. 7: Vor der Nachbehandlung werden die fast fertigen Platten mit einem Besenstrich versehen.

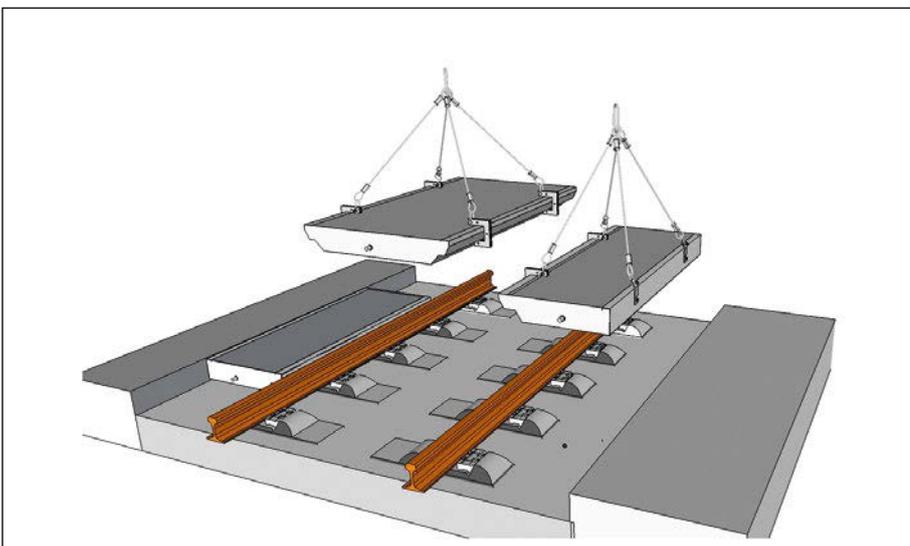


Abb. 8: Um die Strecke instand zu halten, können einzelne Befahrbarkeitsplatten ausgehoben und kann der Zugang zum Gleis so freigelegt werden.

einem statischen Scan die Rotation um die Vertikalachse gesperrt, und die Scanstrahlen bewegen sich lediglich in einer Vertikalebene. Durch die gleichzeitige Bewegung des Trolleys, auf dem der Scanner montiert ist, beschreiben die Scanpunkte quasi eine Schraubenlinie (Helix), wodurch eine dreidimensionale Punktwolke erzeugt wird (Abb. 5). Ein Wegzähler (Odometer) in einem der Laufräder des Trolleys ermöglicht die Aufzeichnung der zurückgelegten Strecke auf der Schiene. Die räumliche, innere Geometrie der Schiene (Trajektorie) wird durch eine ebenfalls am Trolley montierte Inertial-Messeinheit (IMU) erfasst. Alle drei Sensoren werden während des Messvorgangs laufend synchronisiert, wodurch die dreidimensionale Punktwolke zunächst in einem lokalen Koordinatensystem verfügbar ist. Um diese lokalen Koordinaten in das Projektkoordinatensystem überführen zu können, sind geeignete Referenzpunkte im Aufnahmebereich erforderlich. Diese werden durch Platten mit einem Schachbrettmuster, welche auf den auf Eisenbahnstrecken üblichen Gleisvermarkungsbolzen (GVB) aufgesteckt werden, realisiert. Auf der Schwäbischen Alb waren diese GVB bei jeder Fahrdrähtaufhängung und im Außenbereich an den Fahrleitungsmasten, d.h. im Abstand zwischen 50 und 70 m beidseitig der Gleisachse, vorhanden. Die 3D-Koordinaten der GVB sowie die Plandaten der Strecke (Gleisachse, Gradienten, Überhöhung) sind für die nachfolgende Auswertung der Scanfahrt erforderlich. Im Ergebnis konnten so nicht nur die Stahlrahmen für die einzelnen Elemente der Gleiseindeckung perfekt angepasst werden, es gab auch deutliche Effizienzsteigerungen:

- Die Messung selbst wurde mit durchschnittlich 1 km/h durchgeführt. Dabei ist anzumerken, dass verschiedene Abschnitte wiederholt befahren wurden, um Aussagen über die Qualität der Ergebnisse erzielen zu können. Diese Geschwindigkeit lässt sich aber durchaus – auch unter Berücksichtigung von auf Baustellen üblicherweise verursachten Unterbrechungen – auf 2 km/h steigern (Abb. 6).
- Die Ergebnisse liegen nach nur einem Tag Auswertung vor und beinhalten automatisch

fünf Kontrollpunkte in jedem Schwellenfach, was eine sehr viel umfangreichere Kontrollmöglichkeit bietet.

- Die Kontrollpunkte werden als Mittelwert aus einer Fläche von etwa vier Quadratdezimetern berechnet, wodurch die Aussagekraft im Vergleich zur punktuellen Information einer Aufnahme mit Lotstab erhöht wird. Das Ergebnis entspricht so eher einer Flächeninformation als einem bei rauen Oberflächen zufälligen punktuellen Ergebnis.

Vorteile des Systems:

Kantenschutz der Elemente

Es werden keine scharfkantigen Betonteile verbaut, die Befahrbarkeit ist dadurch auch für die nachfolgenden Gewerke, etwa für den bahntechnischen Ausbau, problemlos möglich. Das optimiert die Einbauabläufe für den Kunden.

Flexible Adaptierung der Elemente

Für diverse Einbauten, Kabelführungen und Leerrohre (Entwässerungsschächte, Achszähler, Heißläuferortungsanlagen (HOA), Erdungsverbindungen usw.) können die Elemente problemlos entsprechend angepasst werden.

Flexible Geometrie

Blechrahmen als verlorene Schalung ermöglichen die flexible Adaptierung der Geometrie. Durch die Verjüngung der Elemente nach unten werden die Anforderungen sowohl für die Instandhaltung (Zugänglichkeit der Schienenbefestigung) als auch für Rettung und Feuerwehr (maximales Spaltmaß zur Schiene 15 cm) erfüllt.

Vielseitig einsetzbar

Funktioniert für alle herkömmlichen FF-Systeme, da das System auf der Schwellenschulter auf-



Abb. 9: Die fertigen Befahrbarkeitsplatten eben die Gleisfläche so ein, dass nicht schienengebundene Einsatzfahrzeuge problemlos vorwärtskommen.

liegt. Die aufwendige Herstellung bzw. Beschaffung von speziellen Schwellentypen entfällt.

Variabilität

Die Seitenelemente sind in der Höhe und Breite verstellbar. Dadurch können Rohbautoleranzen in den Banketten ausgeglichen und es kann ein konstantes Spaltmaß gewährleistet werden. Stolperfallen verschwinden so.

Kein Kippeln

Durch die Verwendung von Ortbeton, auf einer Stretchfolie als horizontaler Trennschicht, liegen die Elemente formschlüssig auf der FF und haben so eine satte, flächige Auflage. Folge: Sie liegen absolut sicher, sogenanntes „Kippeln“ ist ausgeschlossen.

Noppenfolie für Wasserableitung

Anstelle der Stretchfolie kann in schleppwasserbeeinflussten Bereichen wie den Portalen eine Noppenfolie eingesetzt und somit eine problemlose Wasserableitung ermöglicht werden.

Platzsparend

Durch die gute Stapelbarkeit der Rahmen benötigt das Material sehr wenig Platz in den Zwischenlagern der Baustelleneinrichtungsfläche.

Problemloser Einbau

Durch das geringe Gewicht der Rahmen ist ein einfaches Handling gewährleistet. Auch Weichen lassen sich durch speziell entwickelte Elemente problemlos standardmäßig eindecken. Auch ist keine Bewehrung notwendig. Mit Krangeschirr

Der Speedsensor, der mehr kann Kriechende Bewegungen + Stillstand detektieren

- Mehr Sicherheit: Messbereich von 0 Hz bis 20 kHz
- Extrem robust: Edelstahlgehäuse hält Schock und Vibrationen stand
- Reibungsloser Betrieb: Hohe EMV- und Störsicherheit
- Brandschutzanforderungen gelöst: Erfüllt die Norm DIN EN 45545-2

<https://bauch.abtba.com/de/>



Gewindesensor GEL 2460

www.lenord.de, info@lenord.de

**LENORD
+BAUER**
Finding solutions.
Founding trust.

und Anschlagmittel können die Elemente außerdem einfach abgehoben werden.

Insgesamt profitieren Bahnbetreiber vom problemlosen Einbau, den breit gefächerten Adaptierungsmöglichkeiten für diverse Einbauten, der robusten, sanierungsfreien Ausführung und letztendlich von einer hohen Wirtschaftlichkeit.

Der Einbau

Vor Beginn der Arbeiten werden die Oberflächen der fertiggestellten und vollständig ausgehärteten Gleistragplatte (Betontragschicht), der Schienenstützpunkthöcker und der Randwege gereinigt. Danach werden die Stahlblechrahmen ausgelegt und einrichtet. Der Mittelrahmen liegt genau passend zwischen den Schwellenschultern direkt auf der Schwelle und so automatisch sofort richtig. Die Randrahmen werden an die Schwellenschultern von außen angelegt und die seitlichen Justierschrauben auf das Sollmaß der Randfuge (ca. 20 mm) herausgedreht. Anschließend werden die Rahmen in der Breite so verstellt, dass die Schrauben am Bankett fest anliegen. Zum Schluss wird der äußere Rand des Rahmens mittels vertikaler Stellschrauben an die vorhandene Höhe des Banketts angepasst. Die Konstruktion des Randrahmens erlaubt es dabei, die Herstellungstoleranzen der Randwege hinsichtlich des Abstands zum Gleis sowie im Höhenverlauf ohne besonderen Aufwand auszugleichen.

Nach dem Ausrichten wird die elastische Trennfolie in die Schalung eingelegt und am Rahmen festgeklebt. Die Folie verhindert das seitliche Austreten des Frischbetons unter den Rahmenschenkeln und verhindert den Verbund zur FF-Tragplatte.

Im Schlepplwasserbereich an den Portalen wird statt der Trennfolie eine Noppenfolie eingelegt, um das Abfließen des von Zügen eingeschleppten Niederschlagswasser aus dem Schienenbereich unter den Befahrbarkeitsplatten hindurch in Richtung Portal sicherzustellen.

Für die Herstellung der weit über 1000 Aussparungen in den Gleiseindeckungsplatten für Erdungsverbinder, Achszähler, PZB, Ballisen, Kontrollschächte usw. wurden zu der Form der Stahlblechrahmen passende Blecheinsätze entwickelt. Diese werden vor dem Betonieren vor Ort exakt an der richtigen Stelle in die Rahmen eingebaut. Dazu wird der Blechrahmen, soweit notwendig, mit einem Trennschneider ausgeschnitten und der passende Einsatz mit Blechschrauben am Rahmen befestigt. Im Bereich der Erdungsvermaschung werden für die Durchführung von Erdungsverbindern vorkonfektionierte Leerrohre in die entsprechenden Blecheinsätze eingeführt und befestigt.

Nach Abschluss der Vorarbeiten wird der Abschnitt kontrolliert und zur Betonage freigegeben. Die Betonage selbst erfolgt mit einer schienenengebundenen Betoniervorrichtung. Die Vorrichtung ermöglicht ein zügiges Betonieren und stellt sicher, dass kein Beton beim

Einfüllen in die Längs- und Querfugen fällt. Es werden jeweils zwei komplette Rahmensätze, also je Rahmensatz zwei Seiten- und ein Mittelrahmen, nacheinander betoniert, bevor in Arbeitsrichtung fortgeschritten wird. Der Beton wird vorschriftsmäßig verdichtet, geglättet und mit einem Besenstrich versehen (Abb. 7). Es folgt die Betonnachbehandlung.

Die Tests und Zulassung

Aufgrund der Neuartigkeit der Befahrbarkeitsplattengeometrie und im Hinblick auf die geplante Ortbetonbauweise wurde die ABSA von der DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH (DB PSU) mit der Erstellung eines 1:1-Musteraufbaus beauftragt. Im Zuge dessen wurden verschiedene Versuche durchgeführt.

Befahrungsversuch

Um die Befahrungssicherheit für die Fahrzeuge der Rettungskräfte nachzuweisen, wurde ein Befahrungsversuch mit einem Fahrzeug mit den kleinsten durch die Einsatzkräfte verwendeten Reifen (R205) erfolgreich durchgeführt.

Belastungstest

Zum Nachweis der statischen Tragfähigkeit der Gleiseindeckung im eingebauten Zustand wurden in einem Testgleis durch zwei 3-Achslkw mit je 26 t Gesamtgewicht (Achslast >10 t, Radlast >5 t) verschiedene Belastungstests erfolgreich durchgeführt.

Inspektionsmöglichkeit

Für die Sicherstellung eines vertretbaren Inspektionsaufwands in den vom Eisenbahnbetrieb zur Verfügung gestellten nur kurzen Instandhaltungsfenstern müssen die Spannklemmen, die Sicken und der Schwellenbereich direkt am Stützpunkt gut einsehbar sein. Mit dem Probeaufbau konnte eine zufriedenstellende Einsehbarkeit der vorstehend beschriebenen Bereiche der Schwellenköpfe und Komponenten der Schienenbefestigungen nachgewiesen werden.

Montage von Notlaschen

Um die Montage von Notlaschen bei eingebauten Befahrbarkeitsplatten zu testen, wurde ein Laschenpaar probeweise erfolgreich montiert.

Trennen von Schienen

Im Falle eines Schienenbruchs müssen die Schienen getrennt werden können. Dafür wurde das Ansetzen eines Trennjägers in der Querfuge der Befahrbarkeitsplatten erfolgreich getestet.

Abhebeversuch

Für Instandhaltungsaufgaben kann es notwendig sein, einzelne Platten abzuheben. Das Abheben der Elemente und Wiedereinsetzen der entnommenen Elemente an ihrem Platz mit einem speziellen Krangeschirr konnte er-

folgreich demonstriert werden (Abb. 8). Das System hat in der aktuellen Ausführung seit 2019 eine Zulassung des Eisenbahn-Bundesamtes (zur Betriebserprobung) sowie die Anwendererklärung der DB.

Erfahrungen im Projekt

Die Erwartungen der ABSA und der DB PSU an das System haben sich bislang voll erfüllt. Punkten konnte das System vor allem bei der Flexibilität und seiner Anpassungsfähigkeit an die tatsächlichen Ungenauigkeiten der an die Gleiseindeckung angrenzenden Bauteile (z. B. Abweichungen der Bankette bis zu 40 mm horizontal und ± 20 mm vertikal). Zudem überzeugte es mit der einfachen Integration von Aussparungen für die verschiedensten Einbauteile und mit der Möglichkeit, deren Lage einfach an die tatsächlichen Zwangspunkte des Rohbaus anzupassen.

Die Robustheit des Systems beweisen die unzähligen Betonfahrmascher, die täglich den gesamten Beton für die FF der Nachbarröhre über die Gleiseindeckung transportieren.

Ausblick

Die vier langen Tunnel der NBS zwischen Wendlingen und Ulm werden nicht die einzigen Einsatzorte der neuartigen Gleiseindeckung bleiben (Abb. 9). Auch in weiteren Abschnitten des Großprojekts Stuttgart 21, etwa auf Teilstrecken in den Tunneln vom und zum unterirdischen Hauptbahnhof der Landeshauptstadt Baden-Württembergs, soll die vorgestellte Innovation zum Einsatz kommen. ■



Dipl.-Ing. Philipp Nachbaur, M.Sc.

Geschäftsleiter
Rhomberg Bahntechnik GmbH,
AT-Bregenz
philipp.nachbaur@rsrg.com



Dipl.-Ing. Viktor Enoekl

Projekt-/Oberbauleiter
Ed. Züblin AG, Stuttgart
viktorenokl@zueblin.de



Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. Helge Grafinger

Projektleiter Produkte & Innovation
Rhomberg Sersa Rail Group, AT-Villach
helge.grafinger@rsrg.com

JETZT
KOSTENLOS
ABONNIEREN!

SIE MÖCHTEN WISSEN, WAS DIE ZUKUNFT DER MOBILITÄT BEWEGT?

Mobility Impacts liefert Ihnen die Antworten!

Das neue Informationsangebot zur Zukunft der Mobilität mit dem Fokus auf zwei Themenfelder:

Unter „**New Mobility**“ finden Sie Beiträge und Meldungen zu Veränderungen im Mobilitätsverhalten, zur Stadt- und Verkehrsplanung, zur ganzen Bandbreite an Mobilitätsangeboten bis zum autonomen Fahren und zur Vernetzung der Verkehrsmittel.

Unter „**New Power**“ geht es um alternative Antriebe und Kraftstoffe übergreifend über alle Verkehrsträger – von Elektromobilität über Wasserstoff bis hin zu synthetischen Kraftstoffen.

www.mobility-impacts.de/mobilitaet-bestellen

MOBILITY
impacts

VERANSTALTUNGEN

14.09.2021 – 16.09.2021
 D-Frankfurt a.M.
Hypermotion 2021
 Info: Messe Frankfurt Exhibition GmbH
<https://hypermotion-frankfurt.messefrankfurt.com/frankfurt/de/presse.html>

21.09.2021 – 22.09.2021
Fachtagung Oberbauschweißtechnik 2021
 Info: VDEI Akademie
<https://www.vdei-akademie.de/infrastruktur>



DIGITAL!

21.09.2021 – 23.09.2021
 D-Hannover + Digital
INTERGEO 2021
 Info: Messe Hannover
<https://www.intergeo.de/>

22.09.2021
 D-Hannover
21. Vermessungstechnische Fachtagung
 Info: VDEI Akademie
<https://www.vdei-akademie.de/details/f22092021>



22.09.2021 – 24.09.2021
 D-Dresden
18. Internationale Schienenfahrzeugtagung
 Info: DVV Media Group GmbH
<https://www.eurailpress.de/veranstaltungen/detail/rad-schiene-2021.html>



30.09.2021
 D-Berlin + Digital
17. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau
 Info: VDEI Akademie
<https://www.vdei-akademie.de/details/f30092021>



05.10.2021
 D-Düsseldorf
„Reaktivierung und Neubau von Regional- und Stadtbahnstrecken“
 Info: DVV Media Group GmbH
<https://www.eurailpress.de/veranstaltungen/detail/reaktivierung21.html>



Weitere Termine unter

www.eurailpress.de und www.vdei.de

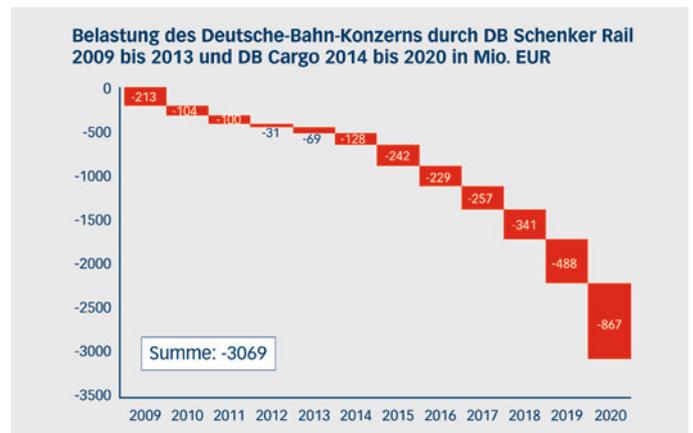
BAHN-NACHRICHTEN

DB Cargo 2020 mit höchstem Verlust seit 2009

Jahresergebnisse | DB Cargo hat 2020 bei einem Umsatz von 3,2 Mrd. EUR einen Verlust von 867 Mio. EUR eingefahren, der von der Holding Deutsche Bahn AG ausgeglichen wird. Dies sind 379 Mio. EUR oder knapp 78 % mehr als 2019. Das Betriebsergebnis (Ebit) verschlechterte sich um 55 % von -480 auf -742 Mio. EUR. Die Verkehrsleistung ging im Vergleich zum Jahr 2019 um 7,2 % auf 55,4 Mrd. tkm zurück, die Menge der beförderten Güter sank um 7,7 % auf 155,9 Mio. t.

Das Unternehmen begründet die Entwicklung mit einer durch die Pandemie gegenüber den Vorjahren nochmals verschärften Industrierezession. So sei die Industrieproduktion um 12 % zurückgegangen; der Außenhandel blieb um 9 % hinter dem Vorjahreswert zurück. Dämpfende Effekte hat die Umstellung auf erneuerbare Energien, die den Transport von Brennstoffen zurückgehen lässt. Die teils massiven Einbrüche beim Transportaufkommen von Kohle und Koks, Erzen, Stahl und Schrott machten mehr als die Hälfte des gesamten Nachfragerückgangs aus. Die positive Entwicklung der Wettbewerbsbahnen erklärt DB Cargo damit, dass sie im Montanverkehr nur die Hälfte der DB-Transportleistung erbrächten.

2008 erzielte die DB im Güterverkehr letztmals Gewinn. Seither arbeitet das Geschäftsfeld defizitär. 2015 nahm der Konzern bei DB Schenker Rail eine Sonderabschreibung von 1,3 Mrd. EUR vor. Dennoch stiegen die Verluste bis 2020 an; sie summieren sich seit 2008 auf mehr als 3 Mrd. EUR. *ici*



Belastung des Deutsche-Bahn-Konzerns durch DB Schenker Rail 2009 bis 2013 und DB Cargo 2014 bis 2020 in Mio. EUR

Quelle: Geschäftsberichte, Grafik Rail Business

Hitachi Rail übernimmt Bahngeschäft von Thales

Industrie | Hitachi Rail wird den Geschäftsbereich Ground Transportation Systems (GTS) von Thales übernehmen. Darin sind alle Aktivitäten der Franzosen der Bereiche Zugsicherungstechnik, Telekommunikations- und Überwachungssysteme sowie Fahrgeldmanagement gebündelt. Dies teilte Thales am 4. August 2021 mit. Der Unternehmenswert wird mit 1,66 Mrd. EUR bewertet. GTS beschäftigt rund 9000 Personen. Hitachi Rail will so seine Mobility-as-a-Service-Angebote (MaaS) umfassender aufstellen, Thales will sich auf die „drei langfristigen Wachstumsmärkte im Hochtechnologiebereich“ konzentrieren: Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Sicherheit sowie digitale Identität und Sicherheit. Der Abschluss der Übernahme wird für Ende des Geschäftsjahres 2022 erwartet. *cm*

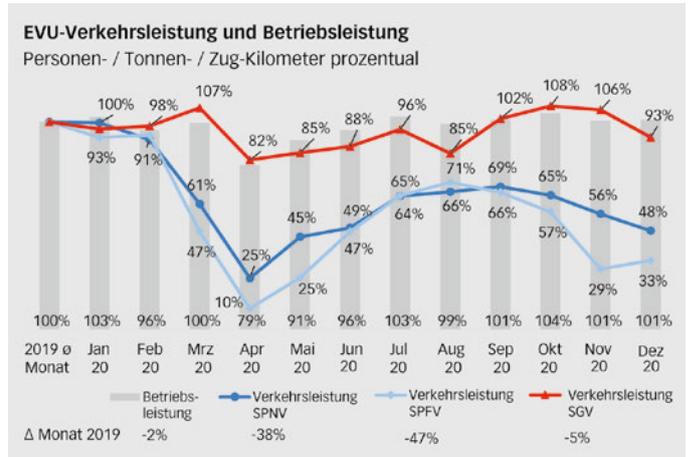
Schäden durch Corona in 2020 bei rund 2,55 Mrd. EUR

Bundesnetzagentur | Die Coronapandemie hat den in Deutschland tätigen Eisenbahnen 2020 einen wirtschaftlichen Schaden von 2,55 Mrd. EUR zugefügt. Zu diesem Ergebnis kommt die Bundesnetzagentur (BNetzA) in der „Marktuntersuchung Eisenbahnen 2021“, in der die Regulierungsbehörde die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie beleuchtet. Berücksichtigt sind in der Summe staatliche Finanzhilfen. Mit 2 Mrd. EUR traf die Pandemie laut BNetzA den Schienenpersonenfernverkehr am stärksten.

Die Eisenbahnen verloren 2020 gegenüber 2019 im Güterverkehr Anteile an den Verkehrsträger Straße. Der Marktanteil der Schiene lag damit 2020 im Güterverkehr bei 18,8%; im Vorjahr betrug er 19%. Im Personenverkehr kamen die Bahnen 2020 auf einen Anteil von 6,2% nach 9,1% im Jahr 2019.

Während im Vergleich der beiden Jahre die Betriebsleistung mit rund 1,1 Mrd. Zugkm in etwa stabil blieb, ging die Verkehrsleistung im Personenfernverkehr um 47% auf 24 Mrd. Pkm zurück. Im Personennahverkehr sank die Leistung um 40% auf 35 Mrd. Pkm, im Güterverkehr um 5% auf 123 Mrd. (tkm).

Unabhängig von der Pandemie konnten die Wettbewerber der DB im Personennah- und im Güterverkehr ihre Marktanteile ausbauen, jedoch büßten die im Personenfernverkehr tätigen, nicht zum DB-Konzern gehörenden Bahnen Anteile ein, weil es für den Personenfern- und Güterverkehr auf der Schiene keine spezifischen Unterstützungen gab. Im Personennahverkehr kamen die Wettbe-



Entwicklung der Verkehrs- und Betriebsleistung 2020 gegenüber 2019 indexiert, 2019 = 100
Quelle: BNetzA

werbsbahnen auf einen Anteil von 33% an der Verkehrsleistung, das waren 5 Prozentpunkte mehr als 2019. Im Güterverkehr vergrößerten sie ihren Anteil um einen Prozentpunkt auf 55%. Im Personenfernverkehr kamen sie auf nur noch 2%, nachdem die Unternehmen 2019 noch über einen doppelt so hohen Anteil verfügten. *ici*

Schaltbau geht an Finanzinvestor

Zulieferer | Die Schaltbau Holding AG wird von der Voltage BidCo GmbH übernommen, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft von Fonds, die von The Carlyle Group („Carlyle“, „Investor“) beraten werden. In der Investorenvereinbarung hat Carlyle laut Schaltbau zugesichert, die Wachstums- und Investitionsstrategie von Schaltbau „Strategie 2023“ zu unterstützen und die bestehende Struktur

und die Standorte der Schaltbau-Gruppe mit ihrer Belegschaft zu erhalten. Die Schaltbau Holding AG erzielt einen Jahresumsatz von rund 500 Mio. EUR und hat rund 3000 Mitarbeiter. Kernmarken sind Pintsch, Bode, Schaltbau und SBRS. Mit „Strategie 2023“ will Schaltbau unter anderem das Bahn-Kerngeschäft stärken, beispielsweise durch Zukäufe. *dr*

Werk Cottbus: ICE-Instandhaltung ab 2024

Deutsche Bahn | Das neue Bahnwerk in Cottbus kommt deutlich früher: Bereits ab 2024 werden in der Lausitz die ersten ICE gewartet – zwei Jahre eher als geplant. Der Baustart soll schon 2022 erfolgen. Vorbereitende Maßnahmen wie die Sondierung des Baugrundes laufen bereits. Die DB setzt auf ein Zwei-Hallen-Konzept. Anstelle einer großen Instandhaltungshalle mit sechs Gleisen entsteht bis 2024 zunächst eine zweigleisige Halle. Bis 2026 folgt eine weitere Halle mit vier Gleisen. Mit diesem Konzept werden Teile des neuen Werks früher in Betrieb genommen. Beide Hallen sind für 400 m lange Züge ausgelegt. Die in Cottbus ursprünglich geplante neue Halle für Hybridlokomotiven wird nun in das bestehende Werk integriert – so können effizientere Produktionsabläufe umgesetzt werden. Das neue Werk wird auf Basis des Investitionsgesetzes Kohleregionen finanziert. Vorgesehen sind daraus Investitionen in Höhe von 1 Mrd. EUR. Bis 2024 will die DB über 500 neue Mitarbeitende einstellen, bis 2026 sollen noch einmal 700 neue Stellen dazu kommen. *cm*



Lageplan der neuen Hallen

Quelle: DB

Aves One geht an Finanzinvestor

Waggonvermietung | Der Waggonhalter Aves One AG hat eine Investitionsvereinbarung mit Swiss Life Asset Managers und Vauban Infrastructure Partners abgeschlossen und unterstützt deren Übernahmean-

gebot. Die Bieter haben sich für den Fall einer erfolgreichen Übernahme verpflichtet, der Gesellschaft zusätzliche Liquidität in Höhe von 100 Mio. EUR sowie „potenziell“ weiteres Kapital zur Verfügung zu stellen. *dr*

CargoBeamer baut erstes Terminal in Calais

Kombinierter Verkehr | In Calais hat CargoBeamer am 10. Juli 2021 sein erstes eigenes Terminal eröffnet. Es bietet auf zwei Gleisen Platz für insgesamt 36 Trailer-Stellplätze. Seit dem 17. Juli 2021 werden nach einer Startphase vier wöchentliche Rundläufe zwischen Calais und Perpignan angeboten. Jeder Zug besteht aus 24 CargoBeamer-Wagen und sechs konventionellen Doppeltaschenwagen. Die Traktion stellt die DB-Cargo-Tochter ECR (Euro Cargo Rail). Ab dem vierten Quartal 2021 will CargoBeamer die Linie zwischen Calais und Domodossola anbieten. Das Terminal Calais ermöglicht zunächst den Umschlag von sechs Zugpaaren pro Tag. In einer zweiten Ausbaustufe, welche für 2023 geplant ist, beträgt die Kapazität dann zwölf Zugpaare pro Tag. *cm*



Terminal in Calais

Quelle: CargoBeamer

Anstich des Neubautunnels in Ostelsheim

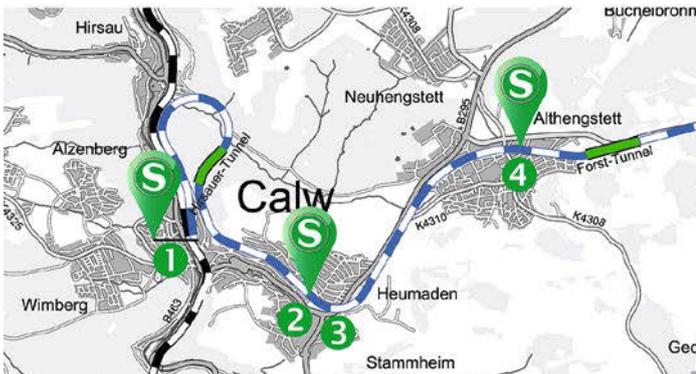
Hermann-Hesse-Bahn | Mit dem Anstich am 27. Juli 2021 startet die heiße Bauphase des 498 m langen Neubautunnels Ostelsheim. Der Neubau des Tunnels zwischen Ostelsheim und Weil der Stadt ist die größte Einzelmaßnahme im Rahmen des Projektes Hermann-Hesse-Bahn und Kernstück der reaktivierten Strecke. Der Tunnel wird mittels Bagger- &

Sprengvortrieb (neue österreichische Tunnelbaumethode/NÖT) erstellt und kürzt die Hacksbergschleife mit über 3 km Fahrstrecke ab. Die Zeiteinsparung ist für den optimalen Betriebsablauf im Halbstundentakt mit zwei Fahrzeugen nötig. Die Kosten liegen bei 16,6 Mio. EUR, im August 2022 soll der Bau fertiggestellt sein. *cm*

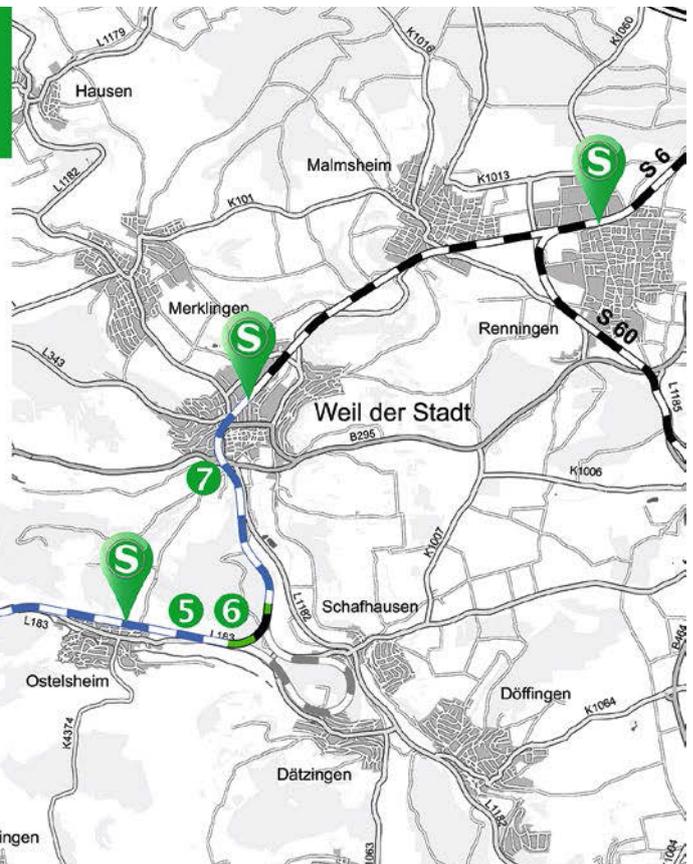
Das Zukunftsprojekt im Landkreis Calw

Geplante Infrastrukturmaßnahmen

- 1 Neubau Haltepunkt Calw ZOB
- 2 Verlegung Haltepunkt Calw-Heumaden
- 3 Neubau einer Eisenbahnüberführung in Calw-Heumaden
- 4 Verlegung Bahnhof Althengstett
- 5 Zweigleisiger Ausbau zwischen Ostelsheim und dem Hacksberg
- 6 Neubau eines Tunnels am Hacksberg
- 7 Neubau einer Eisenbahnüberführung in Weil der Stadt



Der Tunnel bei Ostelsheim (Projekt 6) kürzt die Strecke deutlich ab.



Quelle: Kreis Calw

Mehr Kapazität in der HVZ, mehr Komfort in der NVZ

DB-Ideenzug City | „Die Kapazität in der Hauptverkehrszeit (HVZ) ist bis zu 40 % größer als in der Nebenverkehrszeit (NVZ) – das ist heute in keiner einzigen Ausschreibung drin. Das ist auch in keinem einzigen Lastenheft der Züge heute drin. Da wollen wir eine Diskussion antreiben – und dafür auch in Vorleistung treten.“ Mit diesen Worten stellte Jörg Sandvoß, Chef von DB-Regio, den „Ideenzug City“ vor. Solche Konzeptstudien seien beispielsweise in der Automobilindustrie „gang und gäbe“, sagt Sandvoß. Wolle der Nahverkehr die in ihn gesteckten Erwartungen zur Mobilitätswende erfüllen, müsse auch die Branche stärker als bisher vom Kunden her denken, müsse zum Innovationsstreiber werden.

Beim Ideenzug geht es nicht allein um die Steigerung der Kapazität, aber der Schwerpunkt liegt dort:

- Wo derzeit in der Münchner S-Bahn an den Türen Ecksitze der Vierergruppen entfernt werden, um den Fahrgastfluss zu beschleunigen, könnten künftig versenkbare Ecksitze eingebaut werden: Für die HVZ werden diese „Kombisitz“ zentral eingefahren. Später werden sie ausgefahren und aus einer Dreiersitzgruppe wird wieder eine Vierersitzgruppe.
- Schwenkbare Sitzgruppen können morgens und abends zu einer Art Raumteiler zusammengeschoben werden, oder Vierergruppen könnten auf Knopfdruck zu einer langen Sitzreihe an der Wand werden.
- Bei den Stehplätzen mit Stütze zum Anlehnen kann in der NVZ die Beckenstütze her-



Stehplatz, der in der NVZ durch Herabklappen der Beckenstütze ein Sitz wird

abgeklappt werden und so einen normalen Sitz bilden.

- Miniabteile für stehende Fahrgäste mit Platz für jeweils zwei Personen, die vor sich ein Laptablett ausklappen können. Außerhalb der HVZ werden die Trennwände zusammengesoben und machen Platz zum Beispiel für Fahrrad- oder Kinderwagenplätze.
- Transparente Anzeigen können wahlweise einen Fahrradbereich anzeigen oder ihn sperren, ebenso gibt es Anzeigen, die die Bahnsteigsituation mit den Zu- und Abgängen darstellen.



„Kombisitz“ am Eingang: Der äußere Sitz ist über den inneren versenkten Sitz verschiebbar.

Quelle: msa

Geschaffen haben den Ideenzug DB Regio und rund 30 Partner, darunter Siemens, der Elektronikkonzern LG, der Sitzhersteller Kiel oder Nora (Fußbodenbeläge). Gegenüber dem NaNa-Brief – der Schwesterpublikation von EI - DER EISENBAHNINGENIEUR – beziffert Sandvoß die Kosten allein bei DB Regio auf einen „niedrigen zweistelligen Millionenbereich“. Hinzu kämen die Aufwendungen der Industriepartner.

Auf dem internationalen ITS-Kongress in Hamburg soll das Mock-up einer breiteren Öffentlichkeit präsentiert werden. msa/cm

Deutsch-französischer „Régiolis“-Triebwagen

SPNV | Das von der EU als „Flagship Project“ bezeichnete Projekt zur Verbesserung des grenzüberschreitenden SPNV-Angebots auf insgesamt sieben Bahnverbindungen zwischen der französischen Region Grand Est und den Bundesländern Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und dem Saarland hat einen wichtigen Meilenstein geschafft. Der erste Prototyp von insgesamt 30 der dafür notwendigen Triebwagen vom Typ „Régiolis“ wurde am 10. Juli 2021 der Öffentlichkeit vorgestellt. Die entsprechende Auftragsvergabe mit einem Gesamtvolumen von 375 Mio. EUR erfolgte bereits im Oktober 2019 an Alstom Transport.

Alstom war nach Aussage der Vertreterin der Region Grand Est, Anne Sander, als einziger Hersteller in der Lage, die geforderten Rahmenbedingungen zu erfüllen. Durch die DB Systemtechnik in Minden erfolgten bereits erste Zertifizierungs- und Zulassungsprüfungen, später folgten Fahrten in Tschechien (VUZ) und von März 2022 an auf dem DB-Netz. Die Auslieferung der im Alstom-Werk Reichshoffen hergestellten Triebwagen mit 203 Sitzplätzen ist von Anfang 2024 an geplant, die Betriebsaufnahme für Dezember 2024. Außer den 30 Neufahrzeugen ist der Einsatz von drei gebrauchten Polyvalent-Triebwagen vorgesehen, die nur in Frankreich eingesetzt werden.

Das komplexe Projekt besteht aus zwei weiteren Vergabeverfahren: Ende des Jahres soll die Ausschreibung des SPNV-Betriebs mit einem Umfang von 6,4 Mio. Zugkm/a erfolgen, wovon rund 4,3 Mio. Zugkm/a



Der erste von 30 Régiolis-Zügen für das neue Angebot Quelle: A. Winter

in der Region Grand Est zu erbringen sind. Dritte Komponente ist die Vergabe zur Entwicklung eines Konzepts für ein grenzüberschreitendes Tarif- und Vertriebskonzept. Dieses Wettbewerbsverfahren unter Federführung des rheinland-pfälzischen Aufgabenträgers ZSPNV Süd wurde am 25. Mai 2021 gestartet. aw/cm

Mireo Plus H auf Augsburg–Füssen zur Probe

Bayern/Transdev | Von Januar 2024 an wird ein Wasserstoffzug Mireo Plus H von Siemens für „zunächst“ rund 30 Monate zwischen Augsburg und Füssen eingesetzt. Betreiber wird Transdev / BRB (Bayerische Regio-bahn) sein, die dort das SPNV-Netz Ostallgäu-Lechfeld betreibt. Die entsprechende Absichtserklärung unterzeichneten am 12. Juli 2021 Wirtschaftsminister Hubert Aiwanger und Verkehrsministerin Kerstin Schreyer mit Siemens Mobility und der BRB.

Das zweiteilige Fahrzeug soll bereits im Frühjahr 2022 geliefert werden. Es hat laut Siemens eine Reichweite von rund 800 km – als Dreiteiler sind es laut Karl Blaim, Geschäftsführer der Siemens Mobility GmbH, um die 1000 km. Noch seien aber viele Fragen bis zum Beginn des Einsatzes zu klären, so Arnulf Schuchmann, Technischer Geschäftsführer der BRB. Dazu gehören auch Sicherheitsfragen in der Werkstatt Augsburg. Diese ist auch der Grund für den Einsatz um Augsburg: Die Werkstatt in Lengries im Oberland ist laut Schuchmann zu klein, um das Fahrzeug zusätzlich zu warten. Zudem bestehen in Landsberg wie in Augsburg Elektrolyseure zur Herstellung von Wasserstoff, der laut Aiwanger „grün“ sein soll. Laut Blaim werden beim Einsatz des Mireo Plus H auf einem Umlauf Augsburg–Füssen 1,2 t CO₂ eingespart.

Die Kosten des Projekts von 4,3 Mio. EUR übernimmt das Land komplett: 2,5 Mio. EUR kommen aus dem Wirtschaftsministerium, 1,8 Mio. EUR aus dem Verkehrsministerium. cm

S-Bahn Hannover: Transdev führt Probetrieb durch

Verkehrsvertrag | Die Transdev Hannover GmbH wird zwischen dem 12. Dezember 2021 und dem 14. Juni 2022 auf drei Linien der S-Bahn Hannover einen „Probetrieb im Echtbetrieb“ durchführen. Den entsprechenden Vertrag hat die Region Hannover auch im Auftrag der weiteren Aufgabenträger LNVG und NWL am 20. Juli 2021 abgeschlossen, wie die Region jetzt per freiwilliger Ex-ante-Transparenzbekanntmachung mitteilte. Der Auftrag als „Notmaßnahme“ umfasst die Linien:

- S 3 Hildesheim Hbf – Lehrte – Hannover Hbf,
- S 7 Celle – Lehrte – Hannover Hbf und
- S 6 Celle – (Lehrter Kurve) – Hannover Hbf

im Umfang von 966 000 Zugkm. Optional können zusätzliche Kapazitäten bestellt werden. Der Vertrag kam zustande, weil die DB Regio, die seit Dezember 2020 auf der Grundlage eines als Notmaßnahme vergebenen Auftrages fährt, diesem Übergangsvertrag nur zugestimmt hat, wenn „auftragsgegenständliche Leistungen (teilweise)“ eingestellt werden dürfen. Hier springt jetzt Transdev ein und führt derzeit schon Schulungen mit den neuen Fahrzeugen durch. cm



Flirt 3 XL für die S-Bahn Hannover

Quelle: Wikimedia / L. Stöckmann

DB Regio-Werkstatt fit für iLint

Frankfurt-Griesheim | Die 27 Wasserstoffzüge iLint 54, die Alstom für den RMV (Rhein-Main Verkehrsverbund) bzw. dessen Tochter Fahma liefert, werden durch DB Regio im Auftrag von Alstom instand gehalten. Dafür wird bis Dezember 2022, dem Betriebsstart der Fahrzeuge auf dem SPNV-Netz Taunus mit vier Linien, das Werk von DB Regio in Frankfurt-Griesheim hergerichtet. 1,2 Mio. EUR will der Konzern investieren.

Wie Ingo Albrecht, Werksleiter in Griesheim, sagte, sollen „möglichst viele Arbeitsstände für den iLint“ nutzbar sein – bis zu zehn iLint können etwa gleichzeitig im Werk behandelt werden. Dazu gehören in erster Linie Dacharbeitsstände, die zum Teil schon vorhanden sind. Besonders hergerichtet wird aber ein Arbeitsstand in der Dieselwerkstatt, hier können dann auch Arbeiten an den Systemen ausgeführt werden, die Wasserstoff beinhalten können. Hier werden nicht nur Gassensoren installiert, hier wird auch eine Art „Haube“ eingebaut, um den Arbeitsstand im oberen Bereich gegenüber der übrigen Halle abzuschirmen. Der Bereich ist nach oben entlüftbar und soll die Ausbreitung von H₂ verhindern. Dies wird aber auch dadurch unterstützt, dass das gesamte System vor der Fahrt in der Halle vom Wasserstoff entlüftet wird – nur die Tanks bleiben gefüllt. Die Arbeiten an den Brennstoffzellen übernimmt nicht DB Regio, sondern führt Alstom selbst aus.

Parallel zur Ertüchtigung der Werkstatt entsteht für den Einsatz der iLint beim RMV bei der Infraser in Frankfurt-Höchst die Wasserstofftankstelle. Hier werden für den RMV pro Tag 2 bis 3 t zunächst als „Abfallprodukt“ aus der chemischen Industrie verwendet. cm



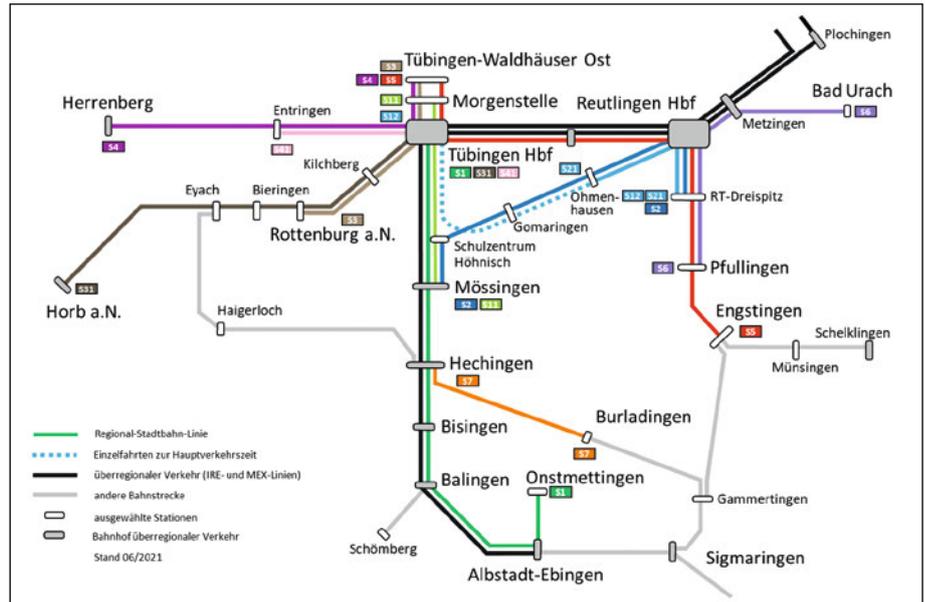
Der iLint-Prototyp in der Werkstatt Frankfurt-Griesheim von DB Regio

Quelle: C. Müller

Einigung über Kostenverteilung

Regionalstadtbahn Neckar-Alb | Über die Verteilung der kommunalen Kosten für Planung, Bau und Betrieb der Regionalstadtbahn Neckar-Alb gibt es eine Einigung. Der zuständige Zweckverband hat am 28. Juli 2021 die Finanzierung beschlossen. Die Planungs- und Baukosten werden auf 2,1 Mrd. EUR taxiert, 80 % sollen aus dem GVFG-Programm kommen. 362 Mio. EUR teilen sich die Kommunen (Landkreise Tübingen, Reutlingen, Zollernalb, Stadt Tübingen, Stadt Reutlingen und Regionalverband Neckar-Alb) – 30 % teilen sich die Landkreise (Solidarsockel), die restlichen 70 % werden nach Nutzen der jeweiligen Partner aufgeteilt. Das künftige Netz umfasst 205 km, davon muss aber ein Viertel neu gebaut oder reaktiviert werden. Dies gilt auch für die umstrittene Innenstadtstrecke Tübingen, zu der am 26. September 2021, parallel zur Bundestagswahl, ein Bürgerentscheid durchgeführt wird.

cm



Netzplan der künftigen Regionalstadtbahn Neckar-Alb

Quelle: Zweckverband

Intermodal: Geführte Temperatur dank E-Car

Wascosa | Der Schweizer Güterwagenvermieter Wascosa steht vor der Einführung der neuesten Innovation, Kombiverkehrs-Tragwagen mit elektrischer Energie für die Klimageräte der Ladeeinheiten über die Zugsammeleisenbahn zu versorgen. Der von Wascosa u. a. mit Siemens Mobility entwickelte „Wascosa E-Car“ erhält einen Umrichter, der fest auf dem Waggonrahmen über dem Jakobsdrehgestell der Gelenkwagen montiert ist. Dabei entsprechen die Steckverbindungen der UIC-Norm, die Komponenten stammen aus dem Personenverkehr, sind somit geprüft und bewährt. Mit zwei Prototypen fanden Tests zwischen Malmö und Bro bei Stock-

holm statt. Geplant ist vorerst der Umbau von 14 Doppeltaschen- und 22 Containertragwagen zur Bildung von zwei Ganzzügen. Zulassungen sind für sieben Länder vorhanden und weitere beantragt. Das Projekt „Wascosa E-Car“ wird vom Schweizer Bundesamt für Verkehr finanziell unterstützt. Das EVU Railcare setzt seit 2016 ein „Powerpack“ zur Temperaturführung von Wechselbehältern auf seinen Shuttlezügen ein. Die am Radsatz angebrachte Hydraulikpumpe mit Generator erzeugt während der Fahrt Strom – auch zum Laden der Pufferbatterie. VTG führt jetzt ein ähnliches System ein.

km/cm



Der Wascosa E-Car mit dem blauen Umrichter über dem Jakobsdrehgestell

Quelle: Wascosa

Korrektur zu EI 08/2021 S. 54

In eigener Sache | Auf S. 54 im Interview mit Prof. Dr. Arnd Stephan in EI – DER EISENBAHNINGENIEUR Heft 08/2021 hat sich ein Druckfehler eingeschlichen. Es muss korrekt lauten: „Bis 2030 sol-

len der Marktanteil der Güterbahnen auf mindestens 25 % steigen und sich die Fahrgastzahl sogar verdoppeln.“ Wir bitten den Fehler zu entschuldigen.

mj

Klemt-Albert wechselt von Hannover nach Aachen

Professur | Prof. Dr.-Ing. Katharina Klemt-Albert ist dem Ruf an die RWTH Aachen gefolgt und übernahm zum 1. August 2021 die Leitung des „Lehrstuhls und Instituts für Baubetrieb und Projektmanagement“. Zuvor leitete sie seit 2016 das Institut für Baumanagement und Digitales Bauen der Leibniz Universität Hannover. Klemt-Albert studierte Bauingenieurwesen an der Ruhr-Universität Bochum und dissertierte 2001 an der TU Darmstadt in Kooperation mit der Northwestern University/USA. Sie war 14 Jahre lang im Top-Management der Deutschen Bahn AG, zuletzt als Geschäftsführerin Deutschland, Technik und Produktion der DB International GmbH. Darüber hinaus ist sie Gründerin der albert.ing GmbH, einem spezialisierten Anbieter für Digitales Bauen und Digitale Transformation. Laut Klemt-Albert wird ihr Institut in Aachen seinen Namen in „iCoM – Institute for Construction Management“ ändern. cm



Katharina Klemt-Albert

Quelle: RWTH Aachen

Christian Schreyer wird CEO der Go-Ahead Group

Nahverkehr | Die in Großbritannien ansässige Go-Ahead Group hat „nach einem gründlichen Auswahlverfahren“ die Ernennung von **Christian Schreyer** (53) zum CEO der Gruppe mit Wirkung zum 5. November 2021 bekanntgegeben. Er wird der Gruppe, zu der auch die Go-Ahead-Gesellschaften in Deutschland gehören, am 1. November 2021 beitreten. Die Ernennung Schreyers folgt auf die im Mai bekannt gegebene Entscheidung von **David Brown**, sich zum Ende des Jahres von der Rolle des CEO zurückzuziehen. Schreyer ist seit 2014 für Transdev tätig, zuletzt als CEO Nord- und Zentraleuropa. Im Februar hatte er seinen Abschied von Transdev angekündigt. Bis 2014 arbeitete Schreyer mehr als 15 Jahre für die Deutsche Bahn. as

Christian Schreyer Quelle: Mofair

Bobsien wechselte zu Siemens Mobility

DB Cargo | Zum 1. September 2021 übernahm **Steffen Bobsien** (50), bisher Beauftragter für strategische Investitionen und Innovationen bei DB Cargo, bei der Siemens Mobility GmbH als Vice President Locomotives & Passenger Coaches das weltweite Geschäft für Lokomotiven und Reisezugwagen. Der Diplom-Ingenieur Bobsien, der an der Universität Rostock Angewandte Mechanik studiert hat, war zehn Jahre bei DB Cargo tätig, u. a. auch als CEO der DB Cargo Polska. dr/ici/cm

Steffen Bobsien Quelle: DB Cargo

Viscardi statt Kern nun CEO

NetModule | **Jürgen Kern**, seit 2001 Gesellschafter und seit 2003 CEO der NetModule Gruppe, hatte sich zum 1. August 2021 aus der operativen Führung des Unternehmens zurückgezogen und ist in den Verwaltungsrat gewechselt. Er hat NetModule in den letzten 20 Jahren äußerst erfolgreich geleitet und von einer Dienstleistungs-firma in einen gut positionierten Produkthanbieter überführt. Jürgen Kern übergab wie geplant die Leitung der Unternehmensgruppe an **Remo Viscardi**, der seit Anfang 2019 als COO bei NetModule fungierte. Remo Viscardi bringt als neuer CEO langjährige Führungserfahrung bei verschiedenen Kommunikationsunternehmen mit. cm

Remo Viscardi Quelle: NetModule

EurailJobs Karieremarkt der Bahnbranche

**EXPERT*IN
GESUCHT!**



Suchen Sie mit uns Ihr qualifiziertes Fachpersonal!



EurailJobs

Ihre Ansprechpartnerin:

Silvia Sander

Telefon: +49 40 237 14 171

Email: silvia.sander@dvmmedia.com

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 2021 im 72. 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

Dipl.-Ing. Gerd-Dieter Allmann (Geodäsie und Geoinformatik)
gerd-dieter.allmann@vdei.de | Tel.: +49 6147/936095

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.: +49 175 6077008

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.: +49 160/97420051

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

Eine Publikation der DVV Media Group



EI – DER EISENBAHNINGENIEUR enthält die vormaligen Fach-
zeitschriften 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 (verantwortl.) • 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:

Pascal Hofer • Tel.: +49 40/23714-130
pascal.hofer@dvvmedia.com

Es gilt Anzeigenpreisliste Nr. 60 vom 01.01.2021

Vertrieb

Leiter Marketing & Vertrieb
Markus Kukuk • Tel.: +49 40/23714-291
markus.kukuk@dvvmedia.com

Unternehmenslizenzen Digital/Print

lizenzen@dvvmedia.com

Leser- und Abbonnentenservice

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 Berechnungszeit-
raumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht recht-
zeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des
neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden.
Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeits-
kampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädi-
gungsanspruch. 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 01.01.2021.

Bezugsgebühren

Abonnement Inland jährlich 238,00 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt.
Ausland mit VAT-Nr. jährlich 275,00 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: 28,10 EUR inkl. MwSt., Erscheinungsweise: monatlich

Layout

TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf | www.tz-verlag.de

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 Vervielfäl-
tigung auf CD-ROM.

ISSN: 0013-2810

INSERENTENVERZEICHNIS

25	AllTerra Deutschland GmbH, Wunsdorf
29	Angermeier Ingenieure GmbH, Giebelstadt
45	Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf
15	CE cideon engineering GmbH & Co. KG, Bautzen
35	Dehn SE
U2, 12, 21, 26, 46/47, 71, 77	
31	DVV Media Group GmbH, Hamburg
36/37, 38	GOECKE GmbH & Co.KG, Schwelm
53	Hottinger Brüel & Kjaer, Wien
57	Joseph Hubert Bauunternehmung GmbH & Co. KG, Nürnberg
U1	IB&T Software GmbH, Norderstedt
64	IMA Materialforschung & Anwendungstechnik GmbH, Dresden
28	Ingenieur Team Geo GmbH, Karlsruhe
23	Intermetric GmbH, Stuttgart
57	Jumo GmbH & Co.KG, Fulda
59	Lenord, Bauer & Co. GmbH, Oberhausen
69	Munk Günzburger Steigtechnik, Günzburg
51	Noske-Kaeser System+Service GmbH, Hamburg

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

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, Spre-
cher der Geschäftsführung, DB Bahnbau Gruppe GmbH, Berlin | Prof.
Dr.-Ing. Stephan Freudenstein, Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrs-
wegebau, TU München | Dipl.-Betriebsw. Michael Gilka, Haupt-
geschäftsführer der Bundesvereinigung Mittelständischer Bauunter-
nehmen e.V., Bonn | Dr.-Ing. Christoph Gralla, Business Development
Signaltechnik, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach | Matthe-
ias Gramer, Leiter Bereitstellung und Instandhaltung, DB Fernverkehr
AG, Frankfurt/M. | Hugo Gratza, Leiter Abteilung Eisenbahnen, BMW,
Berlin | Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht, Leiter des Fachgebiets Schienen-
fahrzeuge, Institut für Land- und Seeverkehr, TU Berlin | Dr.-Ing. Martin
Kache, Wissenschaftlicher Referent, Deutsches Zentrum für Schienen-
verkehrsforschung 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 Mädlar, Leiterin Werkstoff- und Fü-
getechnik, 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 Nümberger, Leiter Angebotssteuerung und Vertrieb, WSO
Warnsysteme und Sicherungstechnische Organisation Fahrweg GmbH,
Großenbeeren | Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht, Institut für Eisenbahnen
und Verkehrssicherung, TU Braunschweig | Dr. Thomas Rühl, Leiter Bau-
technik/Grundlagen, DB Station&Service AG, Berlin | Dipl.-Ing. Martin
Schmitz, Geschäftsführer Technik, Verband Deutscher Verkehrsunter-
nehmen 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
Siefer, 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 Staffelsbach, Gesamtprogrammleiter Ausbau Knoten Basel,
SBB AG, Bern | Detlev K. Suchanek, Gesellschafter-Geschäftsführer, PMC
Media House GmbH, Hamburg | 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 | Dipl.-Ing. Roland Wermelinger, General-
Sekretär, UEEIV, Egozwl | Prof. Dr.-Ing. Jörg Zimmermann, Fakultät Geo-
information, HTW Dresden

Information, HTW Dresden

In dieser Ausgabe finden Sie eine Beilage der Bauakademie Biberach,
Biberach, der Louis Steitz Secura GmbH + Co. KG, Kirchheimbolanden
sowie der DVV Media Group GmbH, Hamburg.
Wir bitten um freundliche Beachtung.

Das Inserentenverzeichnis dient nur zur Orientierung der Leser. Es ist kein
Bestandteil des Insertionsauftrages.
EI – DER EISENBAHNINGENIEUR übernimmt keine Gewähr für die Richtig-
keit und Vollständigkeit.

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

BORFLEX
REX
www.borflex-rex.ch
sales@borflex-rex.ch
SWISSCROSS
BAHNÜBERGÄNGE

E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com
Eurail Jobs

Eisenbahnverkehrsunternehmen

BBL
LOGISTIK GRUPPE
info@bbl-logistik.de
www.bbl-logistik.de

Arbeitsschutz/Sicherheit

**EISENBAHNBAAUSTELLEN
EINRICHTUNGEN UND
PERSONENSCHUTZ**
Gleisbaustellensicherungsprodukte
Dienstleistungen + Vermietung + Verkauf
Tel. + 49 (0)201 86 15 3-0 Fax -10
info@eep-vertrieb.de www.eep-vertrieb.de

ÖBS
Spezialprodukte für den Verkehrsgebäude
• Bahnübergangssystem
• BODAN
• Bahnsysteme
• GFK-Konstruktionen
• Kabelbauprodukte
aus Beton und Kunststoff
Internet: www.oeps-gmbh.de
office@oeps-gmbh.de

Eurail press.de
www.eurailpress.de
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

Fahrleitungsbau/-planung

Furrer + Frey
baut Fahrleitungen
www.furrerfrey.ch
deutschland@furrerfrey.de
schweiz@furrerfrey.ch

Bahnbaulogistik

BBL
LOGISTIK
info@bbl-logistik.de
www.bbl-logistik.de

stelfundo
Bahnübergang- und
Gleisstragplattensystem
www.stelfundo.de
info@stelfundo.de

NaNa
NahverkehrsNachrichten
Internet: www.busundbahn.de
E-Mail: andrea.koett@dvvmedia.com

Feste Fahrbahn

edilon)(sedra
www.edilonsedra.com

Bahnsteigbeläge/ Treppenanlagen

ÖBS
Spezialprodukte für den Verkehrsgebäude
• Bahnübergangssystem
• BODAN
• Bahnsysteme
• GFK-Konstruktionen
• Kabelbauprodukte
aus Beton und Kunststoff
Internet: www.oeps-gmbh.de
office@oeps-gmbh.de

STRAIL
Bahnübergangssysteme
www.strail.de | Partner der Bahn.

DER NAHVERKEHR
Öffentlicher Personenverkehr in Stadt und Region
Internet: www.busundbahn.de
E-Mail: andrea.koett@dvvmedia.com

**MIP-RAIL
JÖRGER**
info@joerger-bau.de
www.joerger-bau.de

Bahnübergänge

ÖBS
Spezialprodukte für den Verkehrsgebäude
• Bahnübergangssystem
• BODAN
• Bahnsysteme
• GFK-Konstruktionen
• Kabelbauprodukte
aus Beton und Kunststoff
Internet: www.oeps-gmbh.de
office@oeps-gmbh.de

Hier könnte Ihr
Firmeneintrag stehen!

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
✓ Schienenfahrzeuginstandhaltung (B.Eng.)
✓ Leit- und Sicherungstechnik (B.Eng.)
✓ Leit- und Sicherungstechnik (Zertifikat)
www.wb-fernstudium.de

WECO
Bahnüberwege- und
Aufgangwannebau
GmbH
www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

Dienstleistungen

**DER EI
EISENBAHN
INGENIEUR**
Internet: www.eurailpress.de/ei
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

Dienstwege/Fluchtwege

ÖBS
Spezialprodukte für den Verkehrsgebäude
• Bahnübergangssystem
• BODAN
• Bahnsysteme
• GFK-Konstruktionen
• Kabelbauprodukte
aus Beton und Kunststoff
Internet: www.oeps-gmbh.de
office@oeps-gmbh.de

GFK-Konstruktionen

Bahnübergangssysteme

G-F
GRÜNDER
FERTIGTEILE
BODAN
GLEISEINDECKUNGSSYSTEME
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

WECO
Bahnüberwege- und
Aufgangwannebau
GmbH
www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

ARTHUR KRÜGER
Technik in Kunststoff
GLEISÜBERGÄNGE | EINSTIEGSHILFEN | BOSCHUNGSTREPPEN | PODESTE
Mit HPQ nach DBS 918 010
www.arthur-krueger.de · ks@arthur-krueger.de



Bahnüberwege- und
Aufgangwannebau
GmbH

www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com



VERKEHRSBAU SE

EN UNTERNEHMEN DER BUG-GROUPE

www.bug-se.de



MGW GLEIS- UND WEICHENBAU-
GESELLSCHAFT mbH & Co. KG

...macht Gleisbau wirtschaftlich

info@mgw-berlin.de · www.mgw-berlin.de



www.ai-consult-gmbh.de
bremen@ai-consult-gmbh.de

Gleisbau




ALTUN GLEIS- & TIEFBAU GMBH
www.agtgmbh.de · info@agtgmbh.de



Erschütterungs- und Körperschallisolierung
Elastische Lagerungen
USM® Gleisbettmatten und Zwischenlager/-platten
Mail: info@calenberg-ingenieure.de
www.calenberg-ingenieure.de



seit 1923

www.monti-bau.de
info@monti-bau.de




Bahnbau-Dienstleistungen

Planung – Beratung
Bauüberwachung – Gleisbau

www.bbd-nrw.de



INFRA-RAIL

www.eiffage-infra.de/rail
info.er@eiffage.de



www.duensing.de



www.salcef.com – info@salcefbau.com



Geotechnik
Abfallmanagement
Kampfmittelerkundung

BBG Bauberatungsgesellschaft mbH
www.bbg-mbh.de



www.heringinternational.com



DW SCHWELLEN

www.dw-schwellen.de
info@dw-schwellen.de



www.schweerbau.de
stadthagen@schweerbau.de



www.gre-rail.com · info@gre-rail.com

Gleistragplatten



Spezialprodukte
für den Verkehrsgeleisebau

- Bahnübergangssystem
- SODAN
- Schienenlagerungssysteme
- EPK-Konstruktionen
- Klebeprodukte
- Holz-Beton- und Kunststoff

Internet: www.oeps-gmbh.de
office@oeps-gmbh.de



Moderne Technik für die Untergrundsanierung

PM 1000-URM · PM 200-2 R · PM 200-1 BR/C
MFS40 · MFS100 · MFS120 · Verladeanlagen

www.eurailpool.com – info@eurailpool.com



EUROPEAN CLASS

www.spitzke.com



„Mit Blick fürs Ganze“
www.emchundberger.de

Infrastruktur Bahnbau/ Fahrwegtechnik



Die Zungenrollvorrichtung-
innovativ und wartungsfrei!

www.austroroll.at



www.gleisbaumechanik.de
E-Mail: info@gleisbaumechanik.de



www.wiebe.de · info@wiebe.de



www.fcp.at

IDEEN WERDEN WIRKLICHKEIT



Zuverlässigkeit
Kompetenz
Qualität

www.bbl-gmbh.de



www.heringinternational.com

- Kunststoffkomponenten für Schienenbefestigungssysteme
- Kabelkanäle aus Kunststoff

WIRTHWEIN AG
www.wirthwein.de



Nachtragsmanagement

Prof. Dr.-Ing. Martin Heinisch
MHI Ingenieurgesellschaft mbH
www.mhi-ingenieure.de
info@heinisch.com



Bahn- und Tiefbau GmbH

www.becker-bahnbau.de
E-Mail: info@becker-bahnbau.de



JOSEPH HUBERT
Gleisbau Schweißtechnik

www.jhubert.de
info@jhubert.de

Hier könnte Ihr
Firmeneintrag stehen!

Ingenieurbüros
und Consultants



Planung, Bauleitung,
Bauüberwachung Gleis-,
Hoch- und Tiefbau, Projekt-
steuerung

Ingenieurgesellschaft Hoefl mbH
Internet: www.hoefl-gmbh.com
E-Mail: info@hoefl-gmbh.com



www.borflex-rex.ch
sales@borflex-rex.ch

GLEISLAGERUNGEN
SCHWELLENSCHUHE



H. KLOSTERMANN
Eisenbahn-, Tief- und Ingenieurbau

info@klostermann-hamm.de
www.klostermann-hamm.de



AF PÖRY



BERATENDE & PLANENDE
INGENIEURE

30 JAHRE

www.htg-net.de



IBL Ingenieurgesellschaft Behnen mbH
 Bauüberwachung / Planung
 Internet: www.ibl-mbh.com
 E-Mail: info@ibl-mbh.de

Technologie
 Gesellschaft für Baingenieurleistungen
 und Arbeitsvorbereitung mbH
 VERKEHRSPLANUNG • BAUÜBERWACHUNG • UMWELT
 SIGEKO • UMWELTFACHLICHE BAUÜBERWACHUNG
 Email: Planung@technologiegmbh.de
 www.technologiegmbh.de

**Leit- und
Sicherungstechnik**

www.pintsch.net

PINTSCH
 Safety for Rail

Schienenschweißtechnik



GASTHAUS
 SCHIENENSCHWEISSTECHNIK
 Internet: www.gasthaus-gleisbau.de
 E-Mail: info@gasthaus-gleisbau.de



INROS LACKNER
 www.inros-lackner.de

VÖSSING
 INGENIEURE
 BERATUNG | PROJEKTMANAGEMENT | PLANUNG | BAUÜBERWACHUNG
 www.voessing.de

Lokabstellplätze



WECO
 Bahnhüberwege- und
 Aufhängewannenbau
 GmbH
 www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

Schweißen



Fronius
 www.fronius.de
 sales.germany@fronius.com



KREBS + KIEFER
 www.kuk.de



ZETCON
 INGENIEURE
 Beratung, Planung, Prüfung, Management.
 Seit 1973. zetcon.de

Kabelmanagement

Mobile Leckagewannen



WECO
 Bahnhüberwege- und
 Aufhängewannenbau
 GmbH
 www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

Hier könnte Ihr
Firmeneintrag stehen!

Signal- und Leittechnik



FRIEDRICH HIPPE
 www.friedrich-hippe.de
 info@friedrich-hippe.de



PJM
 PJ Messtechnik GmbH PJ Monitoring GmbH
 office@pjm.co.at www.pjm.co.at

Kabelmanagement



PFLITSCH
 Kabeleinführung. Kabel-
 durchführung. Kabelschutz.
 www.pflitsch.de



RAMBOLL
 https://de.ramboll.com
 info@ramboll.de

Hier könnte Ihr
Firmeneintrag stehen!

Prellböcke



KLOSE GmbH
 Train Stop Systems
 E-Mail: Helmut.Klose@klosegmbh.de
 Web: www.klosegmbh.de.

Hier könnte Ihr
Firmeneintrag stehen!

BPR
 Dr. Schäpertöns Consult
 Internet: www.bpr-consult.com
 E-Mail: zentrale@bpr-berlin.de

Kunststoffschwellen

SEKISUI
 FFU seit 1980
 www.sekisui-rail.com

Stellenmarkt

E-Mail: silvia.sander@dvmmedia.com
Eurail Jobs



Schübler-Plan
 www.schuessler-plan.de

Ihr kompetenter Partner
 für die Planung von
 Verkehrsanlagen
 S+P Consult GmbH
 www.spconsult.info
 office@spconsult.info

STRALWAY
 Kunststoffschwellen
 www.strail.de | Partner der Bahn.

RAWIE
 e-mail: prellbockbau@rawie.de
 Internet: www.rawie.de

Schienenfräsen



LINSINGER
 #trusttheinventor
 www.linsinger.com

Beheizbare Übergänge



WECO
 Bahnhüberwege- und
 Aufhängewannenbau
 GmbH
 www.weco-gmbh.com · info@weco-gmbh.com

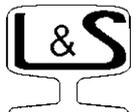


SUDOP
 DEUTSCHLAND
 www.sudop.de leipzig@sudop.de

Lärmschutz

CALENBERG
 CISILENT®
 Schallschutzlösungen
 Mail: info@calenberg-ingenieure.de
 www.calenberg-ingenieure.de

Schienenschleiftechnik



L&S
 Internet: www.l-und-s.de
 E-mail: info@l-und-s.de
 Dienstleistung,
 Beratung und Verkauf
 LUDDENHEIT UND SCHERF GMBH

**Verbände und
Organisationen**



VDEI
 Internet: www.vdei.de
 E-Mail: gs@vdei.de



SWECO
 www.sweco-gmbh.de



TEC Target-Engineering-Consults GmbH
 Planungsbüro für Leit- und Sicherungstechnik
 Projektsteuerung - Verkehrsanlagenplanung
 www.t-e-c-gmbh.de

STRALastic
 Schallschutzsysteme
 www.strail.de | Partner der Bahn.

Vermessung

VR RIEMENSCHNEIDER
Die Welt-Vermesser

VERMESSUNG/GNSS, BIM, GIS/LASERSCHANNING
3D_MODELLETTUNG/TRASSIERUNG

WWW.RIEMENSCHNEIDER.NET

Versicherung

GESAGT. GETAN. GEHOLFEN. **DEVK**

Spezielle Lösungen
Verkehrsmarkt und
VDEI Mitglieder

DEVK Lars Schudt
Tel.: 0641-9792211
lars-schudt.devk.de

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

Fragen zum Rail-Web-Weiser beantwortet Ihnen:

Silvia Sander

Tel.: +49-40-237 14-171 · Fax: +49-40-237 14-236

E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

LSW

mobile Triebfahrzeug-Instandhaltung
incl. PZB, LZB, ETCS, Funk, EbuLa

kontakt@lokservicewolf.de

www.lokservicewolf.de

INDUSTRIE-REPORT

Lüfterlose DC/DC-Wandler
von Mean Well

Schukat | Die Schukat electronic Vertriebs GmbH hat zwei neue Lüfterlose DC/DC-Wandler-Serien mit 480 W und 500 W von Mean Well ins Programm aufgenommen. Sie ermöglichen die Integration in Anwendungen mit höherer Leistung und erfüllen sowohl die Bahn- als auch die ITE-Sicherheitsstandards.

Die Serie RSD-500 an geschlossenen DC/DC-Wandlern verfügt über ein 1U-Gehäusedesign (halbvergossen mit Silikon gel) mit niedriger Profilhöhe sowie Eingangs- und Ausgangsklemmenblöcke, die eine einfache Verdrahtung ermöglichen.

Die Serie DDR-480 im schlanken Gehäusedesign mit nur 85,5 mm Breite lässt eine bequeme Installation auf TS-35/7,5 sowie 15-Standard-DIN-Schienen zu. Zudem besitzt sie eine Spitzenlastfähigkeit von 150 % und eine Parallelfunktion für bis zu 1920 W (3+1) Gesamtleistung.

Beide Serien verfügen über einen 2:1-Weitbereichseingang, eine 4000 VDC-Isolationsspannung, einen breiten Temperatureinsatzbereich von -40 bis +80°C und eine 5G-Anti-Vibrationsfähigkeit. Zudem sind sie nach den ITE-Normen IEC62368-1/UL62368-1/RCM AS/NZS62368.1, EN55032, EAC TP TC004 und EN50155 für die Eisenbahnsicherheit zertifiziert. *cm*

www.schukat.com



Lüfterlose DC/DC-Wandler von Mean Well

Quelle: Schukat

Neuer VR-Pflugsimulator

Plasser & Theurer | Für Schulungen und Trainings nutzt Plasser & Theurer eine neue Generation der 3D-Simulation. Wurden bei dem 2011 eingeführten stationären Simulator einer Stopfmaschine noch die relativ teuren und mit großem Platzbedarf verbundenen Rückprojektoren eingesetzt, folgten 2013 erste 3D-Simulatoren.

Um die mit hohen Kosten verbundene Entwicklung und Bau von individuellen 3D-Simulatoren wirtschaftlicher zu gestalten, wird nun eine Kombination aus Software und VR-Brille verwendet. Die erste Anwendung erfolgt nun beim VR-Pflugsimulator. Die Trainierenden setzen eine VR-Brille auf und geben die Kommandos über einen Controller ein. Pro Person genügt dafür eine freie Fläche von 3 m². *cm*

www.plassertheurer.com

Der VR-Pflugsimulator bietet sich für nahezu alle aktuellen Maschinen zur Schotterverteilung und -planung an. *Quelle: Plasser & Theurer*

Sensoren: Retrofit sichert den Weiterbetrieb

Lenord+Bauer | Fahrzeugbetreiber müssen immer wieder passive durch aktive Sensoren ersetzen, um moderne Zugsteuerungen mit zuverlässigen Rechtecksignalen zu versorgen. Sensoren mit Einschraubgewinde von Lenord+Bauer unterstützen dabei, Schienenfahrzeuge auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen, um den Weiterbetrieb zu ermöglichen. Neben den bewährten Drehzahlsensoren mit Flanschgehäuse stellt die Gewindeversion mit einem oder alternativ zwei Kanälen eine weitere Montagevariante für Gewinde- oder Durchgangslöcher dar. Diese platzsparenden Sensoren lassen sich dank gängiger Gewindetypen und Nennlängen sowie individueller Kabelkonfektionierung ohne mechanische Anpassungen einfach in bestehende Konstruktionen integrieren. Sie erfassen die Drehzahl und Drehrichtung direkt am Motor oder am Getriebe. Mit einem Messbereich von 0 Hz bis 20 kHz detektieren sie bereits kleinste Bewegungen des Antriebs.

Die robusten und zugleich hochauflösenden Sensoren wurden für den Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen entwickelt. Das wartungs- und verschleißfreie, magnetische Messsystem im dickwandigen Edelstahlgehäuse hält Schock und Vibrationen stand. Optional ist die Zertifizierung nach DNV GL, SIL, ATEX oder IECEx möglich. *cm*

www.lenord.de



Sensor mit Einschraubgewinde

Quelle: Lenord+Bauer

Antibakterielle und antivirale Textilien

Livinguard/zwissTEX | Das Schweizer Hygiene-Unternehmen Livinguard und zwissTEX, der internationale Hersteller und Veredler technischer Textilien und Verbundstoffe aus Deutschland, gehen eine Partnerschaft unter der Marke zwissCLEAN protected by Livinguard ein. Ziel ist es, die antibakterielle und antivirale Livinguard-Technologie, welche nachweislich bis zu 99,9% des SARS-CoV-2-Virus zerstört, für die Veredelung von zwissTEX Textilien zu verwenden, um so Produkte gemäß höchster hygienischer Standards zu schaffen. Zum Start fokussiert sich die Marke auf die Produktion von antiviralen und antibakteriellen Masken und Handschuhen, um Menschen während der COVID-19-Pandemie maximalen Schutz bieten zu können.

Gerade für Unternehmen aus der Mobility-Branche, in der intensiver Kundenverkehr herrscht, bedeutet der Einsatz von selbstdesinfizierenden

Produkten zwissCLEAN protected by Livinguard hygienischeres und sichereres Arbeiten. Die Livinguard-Technologie basiert darauf, eine positive Ladung auf molekularer Ebene auf textile Oberflächen aufzubringen. Wenn Mikroben mit diesen positiven Ladungen in Kontakt kommen, wird die negativ geladene Zelle beschädigt und der Mikroorganismus somit zerstört. Im Gegensatz zu alternativen Lösungen auf Metallbasis, die umwelt- und gesundheitsschädlich sein können, werden die zwissCLEAN protected by Livinguard-Textilien mit einer umweltschonenden Rezeptur veredelt und sind für Haut und Lunge unbedenklich. *cm*

www.zwissstex.com
www.livinguard.com

MessReg PTP II jetzt mit Tablet-Rechner

Vogel & Plötscher | Das Gleis- und Weicheninspektionssystem MessReg PTP II erhält eine neue Anzeige- und Bedieneinheit: Ein „MiniPad“ Outdoor-Tablet mit Windows 10 Pro-Betriebssystem löst den bisherigen Computer MPCe ab. Das Messsystem wird so an den aktuellen Stand der Technik angepasst, während die bewährte Funktionsweise und Handhabung sowie das Messprinzip unberührt bleiben.

Das für den Außeneinsatz optimierte, robuste Tablet ist auch durch den Wegfall der Kabelverbindung flexibel einsetzbar und öffnet die Daten-

bahn für neue und zukünftige Messoptionen. Das MiniPad kommuniziert via Bluetooth, WLAN oder GSM. Dies beschleunigt den Transfer der Messdaten und ermöglicht die Online-Abstimmung zwischen Gleis und Büro. Die optionale GPS-Funktion und die integrierte Kamera bieten zudem die Gelegenheit für den Nachweis des Messortes sowie der Dokumentation von besonderen Merkmalen im Gleis. *cm*

www.vogelundploetscher.de



MessReg PTP II mit Tablet-Rechner

Quelle: Vogel & Plötscher

Neue Batterielader, Wechsel- und Drehrichter



WER.H6D

Quelle: Syko

Syko | Syko hat sein Power-Management mittels Prozessor-Steuerung/Regelung der Batterie-Einphasen-Wechselrichter und Dreiphasen-Drehrichter für den normgerechten Bahneinsatz zur Serienreife gebracht. Der normgerechte Betrieb an den Batterie-/Bordnetzen 24 bis 110 V im Leistungsbereich 280 bis 4,2 kW ist gegeben. Die Komponente WER.H6D.24.230.300/420 mit 4,2 kW wurde im akkreditierten Testhaus gemäß der Sicherheitsnorm EN 62368 und mit CB-Zertifizierung und den Bahnnormen (EMV/Störgröße, Schock/Vibration, Brandschutz) zugelassen.

Das CB-Zertifikat erlaubt nun den globalen Einsatz des WER.H6D.24.230.300/420 in Europa, China, Amerika usw. Weiterhin stehen intelligente und kaskadierte Batterieladesysteme bis 1200 A sowie Einphasen- und Dreiphasen-Umrichter ab einer 650 V-Zwischenkreisspannung und dem normgerechten Betrieb am 600/750V-Fahrdraht mit 6/10 kW über alle Bahnnormen zur Verfügung.

Zurzeit hat Syko die ersten Platinenlösungen mit einer 3,3-kW-Dauerleistung und dynamisch 4 kW als Batterielader 28/126 V mit 120 A/27 A serienreif. Bei gleichem Frontend werden auch Einphasen- und Dreiphasen-Wechselrichter geliefert. Neu ist für diesen Betrieb an den UIC-Spannungen ein Wirkungsgrad bis 96 % bei DC-Eingangsspannung und 28 V-Ausgang. Geliefert werden die Nenneingangsspannungen 1000 V/16^{2/3} Hz, 1500 V/50 Hz, 1200 und 1500 V DC.

Alle Wandler sind mit kommunikativer intelligenter Schnittstellenlogik ausgestattet und können für kundenspezifische Lösungen modifiziert werden.

cm

www.syko.de

Neue Panel-PC für interaktive Anwendungen

Duagon | Die Duagon AG hat die neuen Panel-PC DC19 und DC20 vorgestellt. Im Gegensatz zu ihren Vorgängern werden diese von einem Intel-Atom-Prozessor aus der E3900-Serie angetrieben und verfügen über ein Weitbereichsnetzteil. Sowohl das DC20 mit 12,1 Zoll als auch das DC19 mit 10,4 Zoll besitzen ein robustes, stoßfestes XGA-TFT-LCD-Display mit LED-Hintergrundbeleuchtung und zusätzlichem Touchscreen. Die Spannungsversorgung kann von 24 V DC bis 110 V DC erfolgen, dabei erfüllt das interne Netzteil die EN 50155 der Klasse S2.

cm

www.duagon.com

VDEI AKADEMIE

INGENIEURKOMPETENZ IM BAHNSYSTEM

7. Fachtagung zur Sanierung von Ingenieurbauwerken

10. November 2021

Ort: Novotel Nürnberg Centre Ville
Bahnhofstraße 12
90402 Nürnberg

Die Sanierung von Ingenieurbauwerken spielt aufgrund ihrer Wichtigkeit für die Infrastruktur der Eisenbahn und der Straße eine immer größere Rolle. Volkswirtschaftlich macht die Erhaltung und Sanierung meist mehr Sinn als der Neubau von Ingenieurbauwerken.

Die gemeinsam durch VDEI, VSVI Bayern und die Bayrische Ingenieurkammer Bau initiierte Fachtagung stellt genau diese Thematik in den Mittelpunkt. Die Vorträge geben Hilfestellung und Anregungen bei der Lösung anstehender Sanierungsprobleme im Netz der Eisenbahnen und der Straßenverwaltungen.

Neben den Fachvorträgen werden in der begleitenden Ausstellung Firmen ihr Knowhow präsentieren und weitere Lösungen aufzeigen.

Auszüge aus unserem geplanten Programm: *

- Begrüßung & Eröffnung
- 100 Jahre zusätzliche Lebensdauer für Gewölbebrücken – wie geht das im Rahmen der LuFV III
- Varianten der Instandsetzung von Brückenlagern
- Kaffeepause im Ausstellungsbereich
- Grundinstandsetzung der historischen Rheinbrücke Waldshut-Koblenz
- Sanierung von Bahnsteigdächern, insbesondere Betrachtung von Gussstützen
- Mittagsimbiss im Ausstellungsbereich
- Überblick zu zerstörungsfreien Prüfverfahren: Der neue Verfahrenskatalog ZfP Bau
- Teilsanierung Elbebrücke Magdeburg unter Beachtung der besonderen Randbedingungen
- Kaffeepause im Ausstellungsbereich
- Sanierung der Hainbrücke in Bamberg
- Verstärkung der Fuldataalbrücke Bergshausen an der BAB A44
- Zusammenfassung & Schlusswort

* Änderungen vorbehalten

Mitarbeiter der Deutschen Bahn AG können sich direkt bei DB Training unter der Produktnummer Hk5013 anmelden.

Weitere Informationen und die Anmeldeunterlagen finden Sie unter: www.vdei-akademie.de

Weitere Informationen zu allen Veranstaltungen und die Anmeldeunterlagen finden Sie unter:

> www.vdei-akademie.de

21. Vermessungstechnische Fachtagung (Präsenz)

am 22. September 2021

Ort: H4 Hotel Hannover Messe, Würzburger Straße 21, 30880 Hannover/Laatzen

Inhalt: Zum wirtschaftlichen Betrieb von Eisenbahnverkehrsanlagen ist die genaue Kenntnis der Infrastrukturlage und deren Veränderung unter dem Einfluss des Eisenbahnbetriebes und anderer Einwirkungen über die Zeit von entscheidender Bedeutung. Die Beherrschung der Prozesse bei der Gewinnung, Verarbeitung, Bereitstellung und Verwaltung der Infrastrukturdaten macht eine termingerechte Instandhaltung bzw. Errichtung erst möglich. Im Mittelpunkt steht in diesem Jahr die Genauigkeit sowohl bei der Gewinnung als auch bei der Verarbeitung dieser Daten. Die Fachtagung thematisiert die neusten Vermessungsmethoden und Datenbanken und zeigt aktuelle Beispiele aus der Praxis für Kontrollmessungen im Rahmen von Infrastrukturinvestitionen. Die Fachtagung findet alle zwei Jahre während der INTERGEO statt. Alle Teilnehmer bekommen bei Bedarf ein Eintrittsticket zur INTERGEO!

ONLINE Workshop Grundlagen Notfallmanagement

am 24. September 2021

Ort: Internet

Inhalt: In diesem Einstiegsseminar für Jungingenieure und Quereinsteiger wird eine professionelle Sicht auf das System Bahn vermittelt und am praktischen Beispiel aufgezeigt, wie im System Bahn mit Havariesituationen und Notfällen umgegangen wird. In dem Workshop wird ein umfassender Abriss zu den Grundlagen und zu der Durchführung des Notfallmanagements bei einem Eisenbahnverkehrsunternehmen dargestellt. Erfahren Sie im Workshop Entscheidendes zur Vorbereitung des EVU auf die Eventualitäten eines Notfalls: das Entwickeln von Notfallbezirken im Territorium, Anforderungen an EVU-Notdienste, deren Ausbildung und Ausstattung. Sie lernen, wie Prozesse der Alarmierung, der Durchführung vor Ort und in der Betriebszentrale vorbereitet und umgesetzt werden. Im Seminar werden die Definitionen und gesetzliche Anforderungen und Vorgaben der Aufsichtsbehörde EBA an das EVU besprochen und auch die Prozesse der Zusammenarbeit mit der Aufsichtsbehörde und den anderen Behörden bei der Auswertung gefährlicher Ereignisse vorgestellt.

Workshop Bodenmechanische Grundlagen (Präsenz)

vom 27. – 28. September 2021

Ort: OTH – Ostbayrische Technische Hochschule Regensburg, Fakultät Bauingenieurwesen
Lehrgebiete Geotechnik + Bahnbau, Prüfeninger Straße 58, 93049 Regensburg

Inhalt: Dieser kompakte Workshop wird in enger Zusammenarbeit mit dem VDEI-Fachausschuss Geotechnik sowie in Kooperation mit ausgewählten Hochschulen, 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. Bitte beachten: Für die Teilnahmen an den Labor- und Feldversuchen ist persönliche Schutzausrüstung (Schutzbrille und Sicherheitsschuhe, ggf. FFP2-Maske) erforderlich, die der Teilnehmer mitzubringen hat. Für die Arbeiten im Labor gilt eine Sicherheitseinweisung, die wir zum Download zur Verfügung stellen.

17. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau (Präsenz) am 30. September 2021

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 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 17. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau wird wieder eine Reihe anspruchsvoller, wissenschaftlicher und baupraktischer Themen enthalten. 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. Durch den erforderlichen Mindestabstand von 1,5m zwischen den Teilnehmern ist die Anzahl streng limitiert und kann auch nicht mehr erhöht werden.

LIVESTREAM - 17. Fachtagung Konstruktiver Ingenieurbau am 30. September 2021

Ort: Internet (LIVESTREAM)

Inhalt: Momentan planen wir die Veranstaltung unter den Corona-Auflagen. Dies bedeutet, dass die verfügbare Platzanzahl streng limitiert ist. Aus diesem Grund bieten wir, für interessierte Personen, welche auch aufgrund firmeninterner Reisebeschränkungen nicht an der Veranstaltung teilnehmen können, einen LIVESTREAM an. Dieser Stream wird am 30.09.2021 von 09.00 - 17.00 Uhr abrufbar sein. Sie können die gesamte Veranstaltung LIVE verfolgen. Ebenfalls werden Sie den Kontakt zur Onlineplattform Sli.do finden, sobald Sie sich über den Link angemeldet haben. Hier haben Sie die Möglichkeit Anmerkungen zu machen bzw. Rückfragen zu den Vorträgen zu stellen.

ONLINE Seminar Grundlagen Bahnbetrieb vom 04. – 05. Oktober 2021

Ort: Internet (MS TEAMS)

Inhalt: In diesem Einstiegsseminar für Jungingenieure und Quereinsteiger wird eine professionelle Sicht auf das System Bahn umfassend vermittelt und am praktischen Beispiel aufgezeigt, welche fahrdienstlichen Vorbereitungsmaßnahmen erforderlich sind, um Züge gesetzesgemäß und entsprechend der relevanten Verordnungen und Richtlinien sicher zu fahren. Dazu werden die wichtigsten Begriffe erläutert und im Zusammenhang betrachtet. Die Eisenbahn fährt schienengebunden, warum braucht der Zug aber eine festgelegte „Fahrstraße“. Was bedeutet Flankenschutz? Was sind Blockstellen? Welche Aufgaben hat der Fahrdienstleiter, welche Verantwortung liegt beim Lokführer? Wie funktionieren Stellwerke und Signalanlagen? Aufbauend auf den Kenntnissen zu Grundlagen des Bahnbetriebes wird in dieser Weiterbildung auf betriebliche Ersatzmaßnahmen bei Störungen im Bahnbetrieb eingegangen. Darüber hinaus werden Grundlagen der Fahrplankonstruktion, des Baubetriebs sowie des Notfallmanagements vermittelt. Ausgehend von den Systemgrundlagen und den sicherungstechnischen Grundsätzen des Eisenbahnwesens nähern wir uns schrittweise dem Seminarziel, den Teilnehmern alle betrieblichen und technischen Bedingungen zur Durchführung einer sicheren Zugfahrt zu vermitteln.

**Weitere Informationen zu allen Veranstaltungen
und die Anmeldeunterlagen finden Sie unter:**

> www.vdei-akademie.de

Medienpartner:

**DER EISENBAHN
INGENIEUR**

Schirmherr:



**Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur**

VDEI Nachrichten

VERBAND DEUTSCHER EISENBAHN-INGENIEURE E. V.

AUF EIN WORT

Cyber Security – Warum sollte dieses Thema jeden von uns beschäftigen?



Dr.- Ing. Joachim Warlitz
VDEI-Vizepräsident und Leiter Safety Main Line Systems, Thales Transportation Systems

Am 19. Mai 2021 hatte ich die ehrenvolle Aufgabe, die 2. Fachtagung Cyber Security (Online) der VDEI-Akademie zu eröffnen und am Nachmittag die Podiumsdiskussion zu moderieren. Auch wenn dieses Thema mein tägliches Tun in meinem beruflichen Umfeld mehr als nur beeinflusst, so bereitet man sich natürlich auf die Eröffnung einer solch hochkarätigen Fachtagung immer noch einmal gesondert vor. Ich habe mir dazu den öffentlich zugänglichen „Cybercrime“ Report des BKA von 2020 angesehen, und der

hat es, im wahrsten Sinne des Wortes, in sich. Allein in 2020 wurden danach in Deutschland 108474 Fälle registriert, wovon 35390 Fälle aufgeklärt werden konnten. Die Dunkelziffer nicht gemeldeter Fälle ist sicher noch deutlich höher anzusetzen. Dabei erreicht die Schadenssumme bei einem einzigen Fall im Industriebereich oder bei Kritischer Infrastruktur schnell den 7-stelligen Eurobereich. Unter anderem erfreuten sich Malware-Angriffe auf Geldautomaten in den Jahren 2018 und 2019 „besonderer Beliebtheit“, wie zum Beispiel der aktuelle Fall einer erfolgreichen Cyberattacke auf das amerikanische IT-Unternehmen Kaseya aufzeigt: Hier forder(te)n die Angreifer 70 Mio. USD in Bitcoins für die Entschlüsselung der Daten! (Quelle: Handelsblatt) Doch zurück zu unserer Bahn, die wie Krankenhäuser, Wasserwerke, Energieversorger und andere öffentliche Einrichtungen zur Kritischen Infrastruktur zählt. Auch hier wurde und wird von den Tätern verstärkt sogenannte Ransomware eingesetzt, die alle auf Computern und im Netzwerk des Kunden verteilten Daten, inklusive der in der Cloud gespeicherten Daten, auf allen Speichermedien verschlüsselt und zwar so, dass die Daten erst nach einer Lösegeldzahlung an die Täter wieder freischaltbar sind, wenn überhaupt! Kommt der Erpresste der Lösegeldzahlung nicht nach, werden die oftmals

sensiblen Daten der Betroffenen Konkurrenten oder anderen „interessierten Dritten“ angeboten und ggf. so im Darknet oder anderswo zu Geld gemacht. Darüber hinaus sind in der Regel auch kritische Geschäftsprozesse nach einem erfolgreichen Angriff negativ beeinflusst bzw. nicht mehr verfügbar. Der hieraus resultierende Schaden kann im schlimmsten Fall existenzbedrohende Ausmaße für die betroffenen Unternehmen nach sich ziehen.

Ransomware-Akteure handeln mittlerweile in quasi mafiösen Strukturen gut organisiert und arbeitsteilig im Untergrund. Oft werden Kryptowährungen zur verdeckten Bezahlung der Beteiligten vom Erpresser gefordert und erschweren die Kontrolle der Geldflüsse durch die Ermittlungsbehörden. Das Darknet, als quasi geschützter Handelsplatz der Kriminellen, spielt dabei sowohl bei der Beschaffung der benötigten Tools (Soft- und Hardware) als auch bei der Vermarktung der „Beute“ eine zunehmende Rolle. Zahlreiche Angriffe laufen regelrecht nach einem militärischen Stufenplan ab und erweitern ihr Schadenspotenzial schrittweise. Sie bleiben vorerst zumeist unbemerkt und das häufig über viele Monate hinweg. Dabei sind weltweit oftmals tausende von Systemen betroffen, und das ganze Schadensausmaß zeigt sich meistens erst sehr viel später.



Die Personalzertifizierungsstelle (PZS) der UEEIV sucht Unterstützung bei:

- der Prüfung eingehender Anträge auf Zertifizierung, z.B. EURAIL-ING.
- der Durchführung von Zertifizierungsprüfungen für die Bediener von Gleisbaumaschinen.
- der Erstellung von Prüfungsfragen.

Sind Sie VDEI Mitglied und suchen eine anspruchsvolle ehrenamtliche nebenberufliche Tätigkeit, die Sie in Ihrer Persönlichkeits- und Netzwerkentwicklung weiterbringt?

Dann senden Sie Ihre Bewerbung zu o.g. Tätigkeiten per E-Mail an: certification@ueeiv.eu
Bei Fragen steht Ihnen Bernd Gruhn 0160/97428835 zur Verfügung.

Oft beginnen erfolgreiche Angriffe bei den „im guten Glauben handelnden“ Mitarbeitern: Eine „wichtig“ erscheinende E-Mail mit Anhang wird geöffnet, ein unbekannter Kontakt in sozialen Medien wie LinkedIn oder XING bestätigt, ein dubioser Link auf einer Website angeklickt. Dies sind häufig die Eintrittspunkte für Cyberkriminelle! Man spricht in diesen Fällen von „Social Engineering“.

Was kann jeder von uns vor diesem Hintergrund, quasi „im Kleinen“, tun bzw. daraus ganz persönlich für sich im privaten Umfeld ableiten, aber auch für die tägliche, berufliche Tätigkeit im Sektor Bahn mitnehmen?

- Sicherheitssoftware auf dem privaten PC/Smartphone/Tablet installieren und diese ggf. mehrmals täglich automatisch aktualisieren.
- Zum frühestmöglichen Zeitpunkt Updates zum Betriebssystem und Applikationen wie z. B. Webbrowser auf PC/Smartphone/Tablet downloaden und installieren.
- Apps nur von autorisierten App-Stores und aus vertrauenswürdigen Quellen installieren.
- Keine ungesicherten WIFI-Zugänge für die Kommunikation über das Internet nutzen. Wenn keine andere Möglichkeit besteht, unbedingt einen privaten VPN-Zugang bei der Nutzung ungesicherter WIFI-Portale (Bahnhöfe, Flughäfen, Hotels etc.) verwenden.
- Keine Speichermedien von Dritten (USB-Sticks etc.) oder Speichermedien zweifel-

hafter Herkunft (Werbegeschenke auf Messen etc.) benutzen.

- Keine E-Mails und Anhänge von fragwürdigen Absendern (s. a. E-Mails zu einer angeblichen Notlage) öffnen. Im Zweifelsfall bei Bekannten, Freunden und Kollegen vorher telefonisch nachfragen, ob diese E-Mail wirklich von ihnen gesendet oder ob ihr Account nicht ggf. gehackt wurde.
- Mindestens eine Sicherungskopie der Systeme anfertigen. Dafür sorgen, dass diese nicht mit dem jeweiligen System oder dem Internet ständig verbunden sind (die Sicherung über eine verschlüsselte Cloud ist ebenfalls möglich).
- Passwörter regelmäßig ändern und dabei die gültigen Regeln zur Komplexität der verwendeten Passwörter beachten.
- Niemals ein und dasselbe Passwort für mehrere unterschiedliche Zugänge gleichzeitig verwenden und möglichst 2-Faktor-Authentifizierung (z. B. per SMS oder Dongle) nutzen. Gängige Websites wie Amazon, eBay oder PayPal bieten mittlerweile diese Option kostenfrei an.
- Passwortlisten nur in hochverschlüsselten, speziell dafür geeigneten Tools speichern.
- Niemals Passwörter und Zugangs-PIN's auf Unterlagen notieren, die man bei sich führt oder die sie am Arbeitsplatz befinden.
- Am besten automatisch informieren lassen, ob die genutzten E-Mail-Accounts oder So-

cial-Media-Zugänge gehackt wurden und die Zugangsdaten damit ggf. bereits im Darknet angeboten werden.

- Konkrete Kompetenzen/Rechte/Befugnisse/Erfahrungen mit IT-Tools in der Firma und die Zugehörigkeit zu konkreten Strukturen/Stellenkurzzeichen etc. im Unternehmen auf Social Media-Kanälen eher zurückhaltend preisgeben (Vermeidung des Missbrauchs der Daten für einen Angriff auf die Firma).
- Den Rechner niemals längere Zeit unbeaufsichtigt im eingeschalteten Zustand lassen und immer den Bildschirmschoner mit entsprechendem Zugangsschutz nutzen.
- Während einer Pause ggf. das zur Verschlüsselung des Computers verwendete Zubehör (Chipkarte etc.) entfernen.

Diese Liste ist und kann schon allein wegen des hier begrenzt zur Verfügung stehenden Platzes nicht vollständig sein. Dennoch, selbst wenn viele Dinge wirklich banal klingen, geben sie Ihnen/euch, dem Verband und dem Unternehmen, für das Sie/Ihr tätig sind/seid, zusammen mit einer gesunden Portion Menschenverstand eine Art „einfache Handlungsempfehlung“ zum effektiven Schutz vor möglichen Schäden bedingt durch Cyberkriminalität.

Ich freue mich schon auf die zahlreichen Fachgespräche mit Ihnen/Euch – auch zu diesem Thema! ■

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 Dürnhofer	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:	Stefan Stach	02104/305122
Hamburg:	Michael Wortmann	040/23908371
Hannover:	Martin Rinnerberger	+43 664/8280719
Hessen/Rheinland-Pfalz:	Bodo Sallmann	0152/31922414
Köln:	Ralph Bolte	0241/4005703
Mecklenburg-Vorpommern/ Nordbrandenburg:	Torsten Habicht	0385/5906412
Nordbayern:	Hendrik Möbius	0911/2195191
Saarland/Rheinland-Pfalz:	Gerhard Erbel	06861/75179
Sachsen-Anhalt:	Oliver Lange	0391/6353110
Sachsen:	Thomas Schaller	0160/97476143
Stuttgart:	Thomas Silbermann	0152/37558342
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 26493772
FA Sicherheitstechnik, 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	030/22605790 Fax: 030/22605791

verantwortlich für VDEI-Nachrichten

Sylvia Kuhlmann	069/236171
E-Mail: sylvia.kuhlmann@vdei.de	

Bahnhöfe in Deutschland

Bahnhöfe sind mehr als Drehscheiben für den öffentlichen Verkehr. Sie sind Visitenkarten einer Stadt und ein Aushängeschild für den umweltfreundlichen und sicheren Verkehrsträger Schiene. Einige davon stellen wir Ihnen in Zusammenarbeit mit der Allianz pro Schiene vor:

Bahnhof Altötting, Bayern



Bahnhof mit 220 Meter langem „Pilgerbahnsteig“ für extra lange Pilgersonderzüge



Quelle: ApS/Gabriel Büchelmeier

Als „das Herz Bayerns und eines der Herzen Europas“ bezeichnete der emeritierte Papst Benedikt XVI das in seiner bayerischen Heimat gelegene Altötting. Der Bahnhof Altötting hat als internationales, kulturelles Reiseziel Bedeutung erlangt und empfängt jährlich weit mehr als eine Million Ausflugs-, Urlaubs- und Pilgergäste. Er wurde 1897 von der Königlich Bayerischen Staatseisenbahn in Betrieb genommen und das denkmalgeschützte Bahnhofsgebäude sowie der Vorplatz zuletzt 2019 umfassend modernisiert. Das Bahnhofsgebäude ist in allen Bereichen barrierefrei gestaltet.

Auch das Bahnhofsumfeld wurde neugestaltet. Kostenlose Park+Ride-Parkplätze sowie eine Bike+Ride-Anlage samt Ladestation für E-Bikes gehören dazu. Dabei ist es in Altötting gelungen, Tradition und Moderne zu einem harmonischen Ganzen zu verbinden. Die großzügige, offene Warterhalle, einst für die vielen Wallfahrer gebaut und noch heute Pilger- oder Bethalle genannt, lädt durch die gelungene Sanierung heute wieder zum Verweilen ein.

Eine Besonderheit stellt der sogenannte „Pilgerbahnsteig“ dar, der mit einer Länge von 220 m für extra lange Pilgersonderzüge zur Verfügung steht. 2020 verlieh die Allianz pro Schiene dem Bahnhof des rund 13 000 Einwohner großen Wallfahrtsortes Altötting den Titel „Bahnhof des Jahres“.

Die Kreisstadt Altötting im Regierungsbezirk Oberbayern erlangte in seiner über 1250-jährigen Geschichte große Bedeutung als Pilger- und Wallfahrtsort und ist bis heute geistliches Zentrum Bayerns. Historische Pilgerwege kreuzen die Region. Eine Etappe des berühmten Jakobsweges führt durch Altötting. Eine regionale Besonderheit ist zudem der „Benediktweg“. Auf einer Länge von 250 km führt der Rundweg an den Stätten der Kindheit und Jugend des emeritierten Papstes Benedikt XVI. entlang – durch die schönsten Voralpenlandschaften im Südosten Oberbayerns.

Große Wallfahrten, Gottesdienste und Lichterprozessionen prägen das Stadtbild zwischen Mai und Oktober. Altötting ge-

hört zu den „Shrines of Europe“, den sieben wichtigsten Marienwallfahrtsorten Europas. Insbesondere Ostern und Weihnachten werden begleitet von christlicher Festlichkeit. Ziel der Marienwallfahrt Altöttings ist die „Schwarze Madonna“ in der Gnadenkapelle auf dem von Barockgebäuden gesäumten Kapellplatz. Sie begrüßt jährlich rund 1,3 Mio. Pilger und Besucher. Die Gnadenkapelle ist die wohl bekannteste Kirche Altöttings. Sie hat wie durch ein Wunder 1300 Jahre überlebt und ist vermutlich das älteste Zentralbauwerk Deutschlands. Das Oktogon ist um 700 n. Chr. entstanden. Um 1330 n. Chr. kam das Bild der „Schwarzen Madonna“ hierher. Nur wenige Schritte vom Kapellplatz in Altötting entfernt können Interessierte das Panorama Kreuzigung Christi auf 1200 m² Leinwandfläche bewundern, ein Rundgemälde des Künstlers Gebhard Fugel aus den Jahren 1902/1903. Es entführt die Besucher in das antike Jerusalem um das Jahr 30 n. Chr.

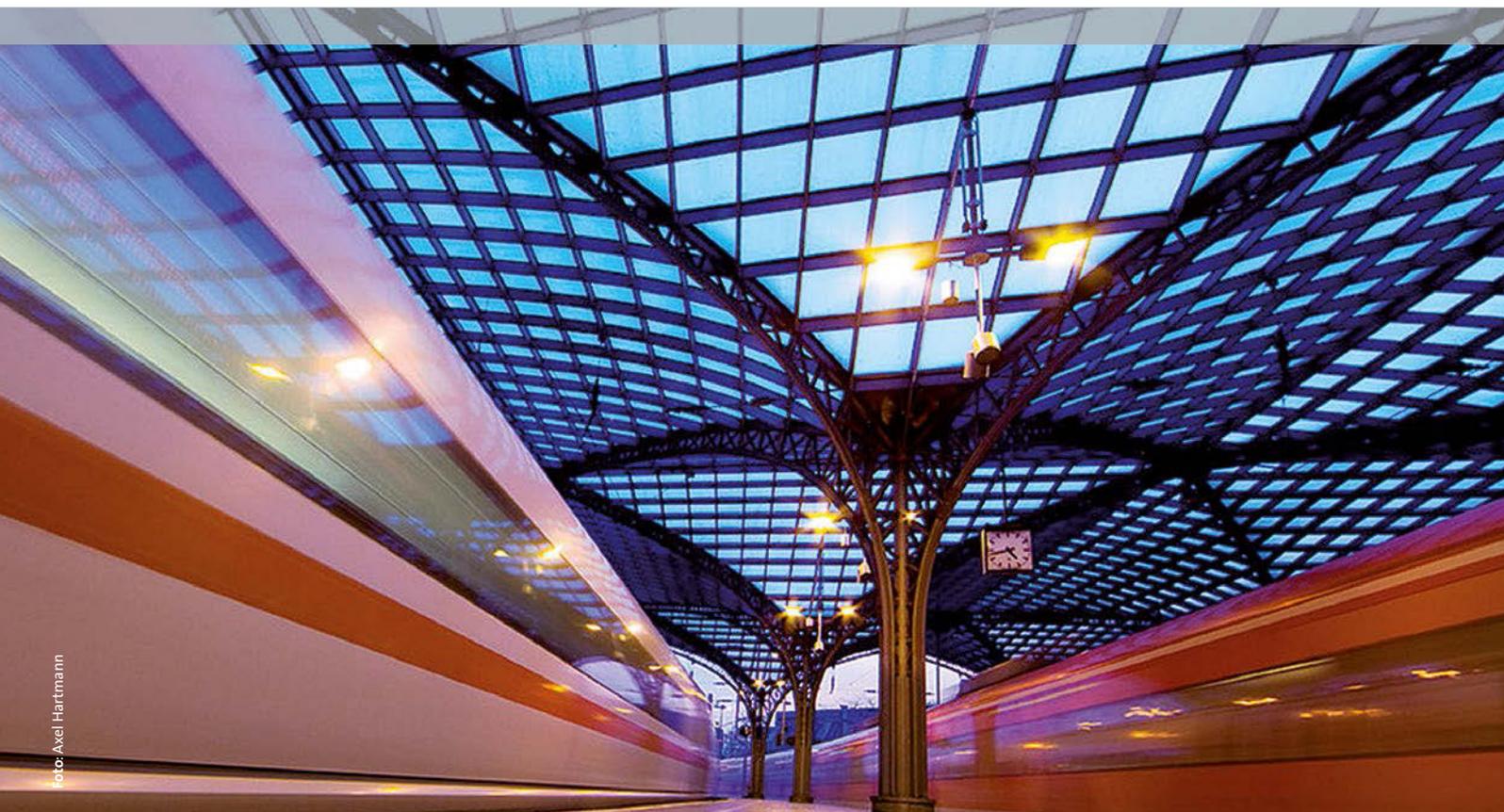


Foto: Axel Hartmann

Expertise auf Spur

DER VDEI

Im Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V. – VDEI – haben sich rund 4.000 Fachleute aus verschiedenen Bereichen der Bahnbranche zusammengeschlossen, um ein Netzwerk aus Kompetenz und Wissen zu schaffen. Hierdurch stärken wir das moderne Berufsbild des Eisenbahn-Ingenieurs in der Gesellschaft und innerhalb der Unternehmen.

PROFITIEREN SIE VON UNSEREM NETZWERK

Treffen Sie sich zum Austausch auf Augenhöhe:
Unsere Mitglieder sind bei namhaften Unternehmen der Bahnbranche, bei Behörden, bei Bildungs- und Forschungsträgern tätig. Wir sind außerdem Mitglied beim Zentralverband der Ingenieurvereine e.V. und bei der Union Europäischer Eisenbahn-Ingenieur-Verbände, wo wir die Internationalität durch die Zertifizierung zum **EURAIL-ING** fördern.

NUTZEN SIE UNSERE WEITERBILDUNGSANGEBOTE

Die **VDEI-Akademie für Bahnsysteme** bietet Ihnen attraktive Fachtagungen, Seminare und Workshops zu aktuellen Themen. Der VDEI veranstaltet außerdem die weltweit größte **internationale Ausstellung für Fahrwegtechnik (iaf)** und den **iaf Kongress BahnBau** in Münster.

ERHALTEN SIE KOSTENLOS UNSERE FACHLITERATUR

Als VDEI-Mitglied erhalten Sie monatlich unsere Fachzeitschrift „DER EISENBAHNINGENIEUR“ (EI) sowie das Jahrbuch „EISENBAHN INGENIEUR KOMPENDIUM“ (EIK).

Weitere Informationen zum VDEI erhalten Sie unter www.vdei.de oder über die Geschäftsstelle **Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V.** unter Tel: +49 (0 69)-23 61 71 oder E-Mail: gs@vdei.de



Smarte Infrastruktur. Nachhaltiger Schienenverkehr.

Als einer der weltweit führenden Anbieter im Bereich Bahninfrastruktur leistet Vossloh einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung der Mobilität von morgen. Unsere über 130-jährige Erfahrung gepaart mit hoher Innovationskraft und einer guten Portion Leidenschaft helfen, die Verlagerung von mehr Verkehr auf die Schiene zu ermöglichen.

Besuchen Sie uns:

TRAKO | Danzig, Polen,
Halle A, 21. – 24. Sept. 2021

vossloh.com

vossloh
enabling green mobility

Rail Bücher & Reports

GEBÜNDELTES WISSEN – ÜBERSICHTLICH UND AKTUELL

www.eurailpress.de/buecher-reports

**Jetzt
bestellen!**



WISSEN, WAS BAHNEN BEWEGT



Jetzt
testen!

Rail
BUSINESS



Fachinformationen für Top-Manager der Bahnbranche

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR



Aktuelles Wissen für alle Ingenieure und Führungskräfte

ETR
EISENBAHNTECHNISCHE BUNDESSCHAFT



Informationen rund um Technik, Betrieb, Wissenschaft
und Forschung im Bahnsektor

Signal + Draht
SIGNAL + DRAHT



Das weltweit führende Fachmedium für Führungskräfte
der Bereiche Signal-, Leit- und Sicherungstechnik

Eurailpress
Archiv



Übergreifendes Fachwissen für den gesamten
Schienenverkehr aus allen Eurailpress-Titel

bahn manager



Das Wirtschaftsmagazin für den Schienensektor

Jetzt testen!



EI – DER EISENBAHNINGENIEUR

- Ihr Marktführer im deutschsprachigen Raum für bahntechnisches Fachwissen
- Fachautoren aus Redaktionen und Branche sichern die hohe fachliche Qualität

MEDIENPAKET

- **Print:** 12x jährlich auf Ihrem Schreibtisch
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Archiv:** Zugriff auf alle EI-Inhalte ab dem Jahr 2000 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► Jahresabo: EUR 238,- zzgl. MwSt. inkl. Porto



ETR – Eisenbahntechnische Rundschau

- seit über 60 Jahren der Impulsgeber für das System Bahn
- fundierte Fachbeiträge aus Wissenschaft und Praxis – ergänzt um Aktuelles und Meinungen aus Politik und Branche

MEDIENPAKET

- **Print:** 10x jährlich auf Ihrem Schreibtisch
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Archiv:** Zugriff auf alle ETR-Inhalte ab dem Jahr 2000 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► Jahresabo: EUR 304,- zzgl. MwSt. inkl. Porto



SIGNAL+DRAHT

- das einzige Fachmedium weltweit speziell für Leit- und Sicherungstechnik in Deutsch und Englisch
- Fachautoren liefern klare Fokussierung auf LST und Datenkommunikation

MEDIENPAKET

- **Print:** 10x jährlich in Deutsch und Englisch auf Ihrem Schreibtisch
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Archiv:** Zugriff auf alle SIGNAL+DRAHT-Inhalte ab dem Jahr 2000 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► Jahresabo: EUR 238,- zzgl. MwSt. inkl. Porto



Rail Business

- wöchentlicher Branchenreport mit Hintergründen und Analysen
- tagesaktuelle Informationen fachkundig recherchiert und aufbereitet

MEDIENPAKET

- **E-Paper:** wöchentlich freitags informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Online:** Zugriff auf erweiterte Rail Business-Inhalte auf www.eurailpress.de
- **Rail Business Daily:** der tägliche Nachrichtenservice per E-Mail
- **Archiv:** Zugriff auf alle Rail Business-Inhalte ab dem Jahr 2008 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► Jahresabo: EUR 598,- zzgl. MwSt.



Bahn Manager

- das Wirtschaftsmagazin für den Schienensektor
- exklusive Berichte, Interviews und Analysen aus dem Schienensektor

MEDIENPAKET

- **Print:** 6x jährlich auf Ihrem Schreibtisch
- 120 bis 140 Seiten geballte Branchen-Insights pro Ausgabe
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe und zusätzlichen Multimedialen-Inhalten (Videos, interaktive Grafiken u.a.)
- **Archiv:** Zugriff auf alle bahn manager Ausgaben + Meldungen im Eurailpress-Archiv

► Jahresabo: EUR 160,- zzgl. MwSt. inkl. Porto



EURAILPRESS-ARCHIV

- Fachartikelarchiv mit über 35.000 Beiträgen aus dem gesamten Bahnsektor
- bietet Ihnen eine einfache Volltextsuche über verschiedene Publikationen und Jahrgänge hinweg
- Sofort-Download aller Beiträge im Originallayout und mit fester URL möglich

- Jahresabo: **Basic-Zugang: EUR 411,84 zzgl. MwSt.**
Premium-Zugang: EUR 598,- zzgl. MwSt.
- **30 Tage Premium-Zugang: 95,- inkl. MwSt.**

@ kundenservice@dvvmedia.com | ☎ 040 237 14 240

✉ DVV Media Group GmbH, Heidenkampsweg 73–79, 20097 Hamburg