

ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU

IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN

ADVANCED DIGITAL INFRASTRUCTURE

Betriebliche Szenarien für einen robusten
Bahnbetrieb der Zukunft

BRENNER BASISTUNNEL

Erfahrungen beim Vortrieb des
Erkundungstollens in der Hochstegenzone

RILLENSCHIENENGLEISE

Untersuchungen und Feldmessungen zu Verformungen
im Straßenbahnnetz in Deutschland

DIGITALER GÜTERZUG

Digital Freight Train läutet Epochenwechsel
zum automatisierten Güterverkehr ein



20. Internationale Schienenfahrzeugtagung



18.-20. September 2024, Dresden
mit begleitender Fachausstellung

**JETZT
ANMELDEN!**

mit **internationalen
Fachvorträgen** in
vier parallelen
Tagungssektionen

Programm und Anmeldung ab sofort unter:

www.rad-schiene.de

Anmeldung Fachausstellung ab sofort bei: silke.haertel@dvvmedia.com

Veranstalter:



Offizielle Medienpartner:



Open-Access übertrifft Taktfahrplan bei der Optimierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt

Die Bundesregierung plant die Einführung von Taktfahrplänen im Fernverkehr, angeblich zur Verbesserung der Koordination der Verkehrsleistungen. Ein neuer wissenschaftlicher Bericht, der auf Modellüberlegungen und empirischen Belegen beruht, zeigt jedoch, dass eine Open-Access-Marktorganisation in Bezug auf das gesellschaftliche Wohl besser abschneidet.



Liebe Leserinnen und Leser,

auf den ersten Blick scheint die Umsetzung eines landesweit integrierten Taktfahrplans für den Fernverkehr in Deutschland attraktiv. Diese Dienste würden ähnlich wie die lokalen und regionalen organisiert werden, mit regelmäßigen Zügen zu festen Zeiten den ganzen Tag über.

Jedoch weist diese Annahme einen gravierenden Mangel auf: Die Prinzipien, die den Fernverkehr regeln, unterscheiden sich grundlegend von denen des Nah- und Regionalverkehrs. Der Fernverkehr ist im Wesentlichen ein nachfrageorientiertes Geschäft. Daher schränkt die Einführung einer starren Struktur durch Taktfahrpläne die Fähigkeit, die Kapazität an schwankende Nachfrage anzupassen, erheblich ein. Nur weil Züge fahren, bedeutet dies nicht, dass Passagiere sie auch nutzen werden.

Dies wird durch den Fall des Schweizer Taktfahrplans veranschaulicht, bei dem die durchschnittliche Auslastung des etablierten Eisenbahnunternehmens SBB im Jahr 2023 extrem niedrig war: nur 27,2%¹⁾.

Die Diskrepanz zwischen dem hohen Angebot an Zügen und der geringen Nachfrage der Passagiere bedeutet, dass die hohen Betriebskosten kaum durch Einnahmen gedeckt werden. Dies impliziert, dass entweder die Passagiere teurere Fahrkarten bezahlen müssen oder die Steuerzahler mit der Subventionierung von Bahnleistungen belastet werden, die in einer Open-Access-Marktorganisation gut hätten funktionieren können.

1) SBB.ch (2023). Facts and figures. Link: <https://reporting.sbb.ch/en/transportation?highlighted=718b5a40774512ddacc46da2d0499a93>



Dies wird durch den spanischen Fall veranschaulicht, bei dem der Hochgeschwindigkeitsfernverkehr unter einem starren Taktfahrplan organisiert ist. Dort haben nach mehreren Jahren alle drei Eisenbahnunternehmen noch keine Rentabilität erreicht. Die Situation hat sich so weit verschärft, dass der spanische Verkehrsminister dem französischen staatlichen Eisenbahnunternehmen OUIGO vorgeworfen hat, durch staatliche Beihil-

fen unterstützte Dumpingpreise zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit anzuwenden²⁾.

Professor Ehrmann von der Uni Münster hat kürzlich einen wissenschaftlichen Bericht veröffentlicht, der zeigt, wie Open-Access Taktfahrpläne übertrifft: In profitmaximierenden Monopolen fällt die Wohlfahrt hauptsächlich als Gewinn an den etablierten Bahnbetreiber, während sie in Duopolen höher ist und den Konsumenten zugutekommt. Da Taktfahrpläne stark die Abfahrtszeiten der etablierten Anbieter bündeln und sie vor Konkurrenten schützen, stellen sie ein profitmaximierendes Monopol dar. Im Gegensatz dazu schafft die Mischung benachbarter Abfahrten verschiedener Bahnunternehmen in einer Open-Access-Marktorganisation ein Duopol, das die gesellschaftliche Wohlfahrt maximiert. ●

Der vollständige Bericht von Professor Ehrmann kann hier abgerufen werden:

https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/uploads.mangoweb.org/allrail/prod/uploads/2024/06/FULL_Gutachten-ALLRAIL_Final-2.pdf

2) Preston, R. (8 April 2024). „Spain's transport minister accuses Ouigo of unfair competition“. International Railway Journal. Link: <https://www.railjournal.com/passenger/high-speed/spains-transport-minister-accuses-ouigo-of-unfair-competition/>

Salim Benkirane

Policy officer, ALLRAIL asbl, Alliance of Passenger Rail New Entrants in Europe



Eckhard Roll im Interview über Ziele und Schwerpunkte der Forschung des DZSF **10**



Quelle: bbt-set.com / Brenner-Basistunnel BBT-SE

Erfahrungen beim Vortrieb des Erkundungstollens des Brenner Basistunnel **36**



Mit seinen zahlreichen automatisierten Prozessen macht der Digitale Güterzug Fortschritte **64**

Inhalt

Gastkommentar

3

Open-Access übertrifft Taktfahrplan bei der Optimierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt

Salim Benkirane

Interview

10

Antworten auf Fragen finden

Eckhard Roll

Verkehr & Betrieb

14

Advanced Digital Infrastructure – betriebliche Szenarien für einen robusten Bahnbetrieb der Zukunft

Jens Leuteritz | Frank Schiffmann | Philipp Schneider

19

Sachgebiet 222 – Das neue Sachgebiet „Aufsicht“ im Referat 22 des Eisenbahn-Bundesamtes

Michael Tanz

24

Neue Lösungen für den Verkehr von morgen

Dirk Winkler | Walter Struckl | Maria Traunmüller

Infrastruktur & Bau

32

Parkdale-Projekt: Entfernung von schienengleichen Bahnübergängen

Oana Crisan

36

Erfahrungen beim Vortrieb des Erkundungstollens des Brenner Basistunnels in der Hochstegezone

Ulrich Burger | Matthias Hofmann | Stefan Leitner
Christof Maurer | Georg Orsi | Günter Valtingoer

45

**Measurement as a Service –
Zustandserfassung aus einer Hand**

David Buchbauer | Bernhard Antony | Christian Obexer | Benjamin Stuntner | Omar Mohamed | Elena Crespo Domingo

51

Untersuchungen zum Verformungsverhalten von Rillenschienengleisen durch Feldmessungen

David Kempf | Kazim Uzar | Jia Liu

56

Mängel bei der Zustandsfeststellung/technischen Abnahme

Magnus Hellmich | Alexander Schmackpfeffer

Fahrzeuge & Komponenten

62

Volle Fahrt voraus: Der digitale Güterzug macht große Fortschritte

Michael Gutemann | Steffen Jass

66

Servicejet: Neuartiger Rettungstriebzug für die ÖBB präsentiert

Frank Michelberger

Fünf Fragen an

74

Ingenieure müssen die Grundparadigmen der Informatik verstehen und umgekehrt

Veit Appelt

Rubriken

6

Monitor

68

Marktplatz

71

InnoTrans News

72

Kompakt

73

Impressum



Zum Titelbild

In der imposanten Baugrube für die Stadtbahnstation „Güterplatz“ in Frankfurt am Main geht es im Rahmen der Stadtbahnverlängerung U5 ins Europaviertel mit großen Schritten voran. Weitere Informationen finden Sie im Bericht auf Seite 70.

Quelle: PORR

Kontakt

Redaktion:

Ursula Hahn

T 06203/6619620 |

ursula.hahn@dvvmedia.com

Vertrieb:

Markus Kukuk

T 040/23714-291 |

markus.kukuk@dvvmedia.com

Anzeigenverkauf:

Tim Feindt

T 040/23714-220 |

tim.feindt@dvvmedia.com

Nähere Informationen

siehe **Seite 73**



Eurailpress Fachartikelarchiv

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

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

Manches beginnt, vieles ist ungeklärt



Quelle: DB/Oliver Lang

Die Generalsanierung der Riedbahn ist am 15. Juli gestartet. Sie ist das erste Projekt im Rahmen der Hochleistungskorridorsanierung, mit der bis 2030 insgesamt 41 Korridore generalsaniert werden sollen

Rahmenbedingungen | Einiges ist in den vergangenen Monaten geklärt worden, das die Branche bewegt, doch vieles ist noch offen, darunter zentrale Fragen, die alle Nutzer des Schienennetzes betreffen:

Beim Bundeschienenwegeausbaugesetz (BSWAG) wurde im Vermittlungsausschuss ein Kompromiss gefunden. Geregelt wurde, dass Empfangsgebäude von Personenbahnhöfen zu den finanzierbaren Schienenwegen zählen (sofern nicht ausschließlich kommerziell genutzt). Auch wie die Kosten des Schienenersatzverkehrs (SEV) bei der Korridorsanierung übernommen werden, steht fest: 40 % durch den Bund, 50 % durch die Länder und 10 % durch DB InfraGo. Geklärt wurde auch, dass der Bund Kosten der Ausrüstung von Fahrzeugen mit ETCS fördern kann (90 % bei First-of-Class-Fahrzeugen, 60 % bei Serienfahrzeugen). Allerdings bleiben aus Sicht der Branche einige Problemfelder. So erhält der Schienengüterverkehr (SGV) keinen Ausgleich für erhöhte Kosten, die durch Umleitungen entstehen, die die Korridorsanierung verursacht. Die ETCS-Förderung ist insofern noch ungeklärt, als der Kompromiss im BSWAG nur eine „kann“-Formulierung vorsieht – ob tatsächlich gefördert wird, ist also nicht verlässlich festgelegt. Offen ist auch noch, ob der SGV bei einer ETCS-Fahrzeug-

förderung gleich behandelt oder geringere Förderung erhalten würde.

Geklärt ist der Betriebskostenzuschuss für den Einzelwagenverkehr. Für 2024 sind die Anträge schon abgegeben. Es haben insgesamt 69 Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) einen Antrag gestellt. Von diesen haben 44 EVU einen Antrag für beide Förderlinien (Bedienungen und Anschlussfahrten), 16 EVU ausschließlich einen Antrag für Förderlinie 1 (Bedienungen) und 9 EVU ausschließlich einen Antrag für Förderlinie 2 (Anschlussfahrten) gestellt.

Ungeklärt ist die weitere Gestaltung des Trassenpreissystems (TPS). Hier gibt es ab 2025 erhebliche Preissteigerungen, die im heutigen Mechanismus des TPS begründet sind. Ein preistreibender Faktor ist die geplante Erhöhung des Eigenkapitals der Deutschen Bahn (DB) mit der entsprechend höheren Eigenkapitalverzinsung in den Trassenpreisen – dies betrifft alle Verkehrsarten. Der zweite Preisschub trifft SGV und SPFV stärker als den SPNV, weil der Anstieg der Trassenpreise beim SPNV auf 1,8 % gedeckelt ist. Da ein Auslöser der Preiserhöhungen das Einbeziehen der Kosten für die Bahnsteige (mit Gründung von DB InfraGo) in das Gesamt-TPS ist, sieht besonders der SGV hier Handlungsbedarf. (dr) ●

In Kürze

Arverio ist der neue Name für Go-Ahead

| Nach der Übernahme der Go-Ahead Verkehrsgesellschaft Deutschland durch die österreichische ÖBB Personenverkehrsgesellschaft AG heißt das Unternehmen nun Arverio Deutschland GmbH; neuer Sitz Stuttgart, mit den Tochtergesellschaften Arverio Baden-Württemberg GmbH und Arverio Bayern GmbH. (dr)

PKP Cargo beantragt vor Gericht Sanierungsverfahren

| PKP Cargo hat Ende Juni beim Gericht die Eröffnung eines Sanierungsverfahrens beantragt. Gibt das Gericht dem Antrag statt, wird ein Sachverwalter bestellt, der die Tätigkeit des Vorstands ab dem Zeitpunkt der Eröffnung des Verfahrens beaufsichtigt. Der Staatsbetrieb PKP Cargo ist von Gesetz wegen nicht konkursfähig, könnte jedoch bei einer Verschlimmerung der Liquiditätssituation ganz oder teilweise den Betrieb einstellen, was es zu verhindern gelte, begründet der Vorstand den Antrag. (in/cm)

Škoda bietet Integration von Talgo an

| Škoda Transportation soll dem Talgo-Vorstand einen Vorschlag für einen „Unternehmenszusammenschluss und eine industrielle Integration“ unterbreitet haben. Bei der Integration würde der Wert von Talgo auf rund 3,50 EUR/Aktie bewertet und die Talgo-Aktionäre würden für ihre Anteile eine entsprechende Anzahl von Škoda-Aktien erhalten. Es liegt gleichzeitig ein Übernahmeangebot des ungarischen Magyar Vagon vor, über 5 EUR/Aktie. (wkw/cm)

Investoren steigen bei Flix SE ein

| Die schwedische Beteiligungsgesellschaft EQT und die Kühne Holding des Unternehmers Klaus-Michael Kühne haben einen Anteil von 35 % an Flix SE erworben. Das Handelsblatt schreibt unter Berufung auf „Finanz- und Investorenkreise“, EQT und Kühne hätten rund 900 Mio. EUR für die Beteiligung bezahlt. (jgf)

KV bleibt

| DB Cargo und die Gewerkschaft EVG haben sich im Rahmen eines Interessenausgleichs auf den Erhalt der Produktion des Kombinierten Verkehrs (KV) in der DB Cargo AG geeinigt. Die Sicherung von Arbeit soll u.a. durch die Umsetzung von umfangreichen Maßnahmen zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität erreicht werden, hauptsächlich durch mehr Flexibilisierung beim Personaleinsatz. (cm/dr)



FFU™ Kunstholzschiene
Funktioniert. Einfach. Sicher.



EBA Zulassung bis 230 km/h
HPQ-Zertifizierung 1.925 km Gleis

INNOTRANS
24.9 – 27.9.2024
Halle 25, Stand 265b



BAHNTECHNIK
State of the Art

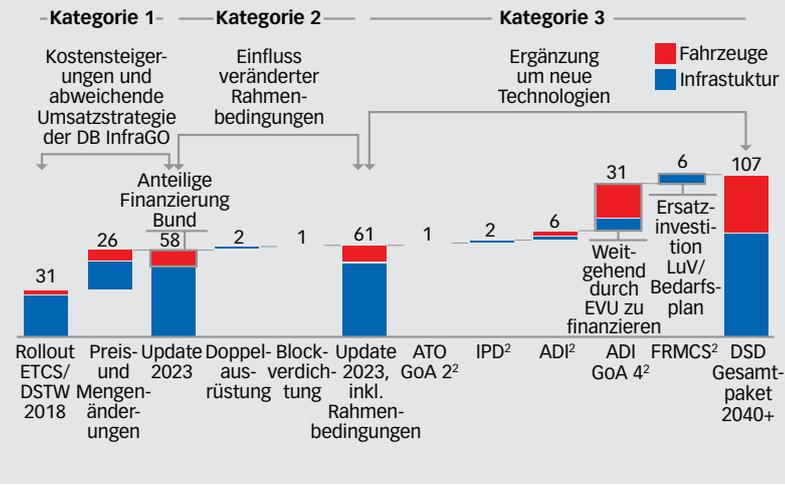


SEKISUI CHEMICAL GmbH
Roßstraße 92 • D-40476 Düsseldorf
T: +49-(0)211-36977-0
E-Mail: contact@sekisui-rail.com
www.sekisui-rail.com



*Temperaturausdehnungskoeffizient
FFU74 = 7,8x10⁻⁶/°K

Erweiterung der Kosten für den Rollout von ETCS/DSTW und DSD bis 2040/50



Quelle: Entwurf Machbarkeitsstudie DSD / Grafik: Rail Business

Rollout-Verzögerungen bei DSD

Digitalisierung | Deutschland hat noch keine optimalen Voraussetzungen für das Ausrollen der Digitalen Schiene (DSD) geschaffen. Das zeigt die neue DSD-Machbarkeitsstudie, die die DSD-Studie aus dem Jahr 2018 umfassend aktualisiert. Ein interner Entwurf des Papiers (Stand Juni 2024) des Bundesverkehrsministeriums (BMDV), das mit McKinsey, der Kanzlei Orth Kluth, Emch+Berger, ISB Rhein-Main und SMA erstellt wurde, liegt der ETR-Schwesterzeitung Rail Business vor.

Grundsätzlich hält das Papier die geplante Rollout-Variante mit ETCS L2oS (nun Baseline 4) und Digitalen Stellwerken (DSTW), ergänzt um Technologien wie Automatic Train Operation (ATO) GoA2, den Funkstandard FRMCS und die KI-basierte Kapazitäts- und Verkehrssteuerung CTMS für richtig. Die Gesamtkosten nur für den ETCS/DSTW-Rollout bis 2040/50 werden auf 61 Mrd. EUR beziffert (2018 lag die Schätzung noch bei 31 Mrd. EUR). Die weiteren neuen Technologien im DSD-Gesamtpaket sollen zusätzlich 47 Mrd. EUR kosten.

Die zeitliche Planung der DSD – 2030 TEN-V-Kernnetz-Ausstattung (gemäß EU-Vorgabe), aktuell 2038/39 im Gesamtnetz – sei laut Gutachten indes nicht zu erreichen. DB InfraGO geht in der Hochlaufphase bis 2030 von jährlich 22.000 umgerüsteten Stelleinheiten (STE) aus, umsetzbar sind laut Papier im Bestfall 12.000 STE. So könnte das Kernnetz frühestens 2036, das Gesamtnetz erst 2043 mit ETCS/DSTW ausgestattet sein. Unter

anderem gebe es „fehlenden Fokus bei bisherigen Projekten“ aus dem Starterpaket, etwa durch das zwischenzeitlich aufgelegte DSD-Schnellläuferprogramm (SLP), das Ressourcen bindet.

Die Umsetzung erprobter Prozessbeschleunigungen hakt. Vor allem fehle nach wie vor eine Gesamtsteuerung inkl. Fahrzeuge und ein Programm jenseits von Einzelprojektfinanzierung. Diese Steuerung sei durch das BMDV zu organisieren. Auch technisch bestehe Rückstand, so die Studie. Bis 2028 könnten serienmäßig nur ESTW, keine DSTW eingebaut werden. Für die zusätzlichen Technologien solle vorgerüstet werden, eine volle DSD-Ausrüstung inkl. GoA2 und CTMS etwa sei nicht vor 2031 verbaubar. Bis 2028 empfiehlt die Studie eine Doppelausrüstung mit konventioneller LST. Für den FRMCS-Rollout wird ein gesondertes Projekt empfohlen.

Bei der Fahrzeugausstattung geht das Papier von 12.600 Fahrzeugen in 200 Baureihen (First-of-Class) aus. Im eingeschwungenen Zustand seien bis zu 1500 Serienfahrzeuge pro Jahr machbar, mit zwei Wochen Umrüstzeit pro Projekt. Die Kosten für die Voll-Umrüstung (inkl. Vorrüstungen) werden mit 8,6 Mrd. EUR inkl. Nominalisierung und Risiko (ohne: 6,4 Mrd EUR) beziffert.

Für die öffentliche Hand sei laut Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der organisierte DSD-Rollout insgesamt sinnvoll: Kosten von 53,9 Mrd. EUR (ohne Diskontierung) stünden einem Nutzen von 102,5 Mrd. EUR gegenüber. (jgf) •

© 2024 DVV Media Group GmbH. Nur zum persönlichen Gebrauch, eine Weitergabe ist ohne Genehmigung des Verlags strengstens untersagt.

Köpfe & Karrieren

Pfaff folgt auf Schindler an der RWTH

Aachen | Prof. Dr. Raphael Pfaff wird zum 1. Februar 2025 Prof. Dr. Christian Schindler als



Lehrstuhlinhaber und als Leiter des Instituts für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme an der RWTH Aachen nachfolgen. Pfaff ist augenblicklich

Professor an der FH Aachen im Fachbereich 8 (Maschinenbau und Mechatronik) mit dem Lehrgebiet Schienenfahrzeugtechnik. (dr)

Zeiler folgt auf Emmelheinz | Nach 39

Jahren im Siemens-Konzern ist Johannes Emmelheinz zum 31. Mai 2024 in den Ruhestand getreten. Sein Nachfolger ist Dr. Elmar Zeiler. Emmelheinz kam 1985 zu Siemens, zunächst in den Medizinbereich. 2003 wechselte er in den Verkehrsbereich und war von 2008 bis 2012 CEO Rail Services und anschließend CEO Mobility Customer Service. Zeiler stieß 2001 zum Konzern. Seit 2010 ist er im Verkehrsbereich tätig und dort u.a. für Automatisierungen und Elektrifizierungen zuständig. Seit Sommer 2019 war Zeiler dann Leiter des Bereichs Regionalverkehrszüge. (cm)

Hoekstra folgt Välean interimistisch | Wopke

Hoekstra folgt Adina Välean als Interim-EU-Kommissar für Verkehr. Hoekstra ist Kommissar für Klimapolitik und übernimmt die Aufgabe zusätzlich bis zur Neubesetzung. Välean schied aus, um ihren Sitz im Europäischen Parlament einzunehmen. (jgf/dr)

Travaini leitet Europe's Rail | Giorgio Travaini, Head of Programme und seit 1.3.2023



Interim-Exekutivdirektor des Gemeinschaftsunternehmens Europe's Rail, ist nun offiziell Exekutivdirektor der Organisation, bei der u.a. die Koordinierung der DAK-Entwicklung angesiedelt ist.

Der Ingenieur ist seit 2004 im EU-Umfeld, seit 2006 im Bereich Verkehr tätig, unter anderem für den europäischen Verband der Bahnindustrie (Unife). (jgf)

Neue Minister in Niederlanden und Großbritannien

| Barry Madlener ist der neue niederländische Minister für Infrastruktur und Wasserwirtschaft. Er wurde von der rechtspopulistischen Partij voor de Vrijheid (PVV) benannt. Louise Haigh (Labour) ist die neue Verkehrsministerin von Großbritannien; Peter Hendy, der bisherige Chef des Infrastrukturbetreibers Network Rail, ist zum Staatssekretär ernannt worden. (jgf/cm/qv)

GBT ab 2. September wieder in Betrieb



Quelle: SBB

In der Weströhre des Gotthard-Basistunnel, bei Arbeiten am neuen Spurwechsellor (Mai 2024)

Schweiz | Die Instandsetzungsarbeiten in der Weströhre des Gotthard-Basistunnels (GBT) sind laut SBB auf Kurs. Sie rechnet damit, den uneingeschränkten Betrieb zum 2. September 2024 wieder aufzunehmen. Damit werden im Fernverkehr auch wieder die Direktzüge mit Italien verkehren.

Im Rahmen des Probebetriebs ab Mitte August verkehren fahrplanmäßige Züge, welche von Süden nach Norden durch den Gotthard-Basistunnel fahren, wieder durch die Weströhre. Außerdem werden einzelne Züge durch die Weströhre des Gotthard-Basistunnels umgeleitet, die gemäß Fahrplan über die Panoramastrecke verkehren.

Grund der Schließung zuerst beider Röhren und dann nur der Weströhre war eine Entgleisung im Tunnel am 10. August 2023. Der Abschlussbericht zur Unfallursache der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) steht noch aus. In einem Zwischenbericht hatte die SUST festgehalten, dass ein Radscheibenbruch zur Entgleisung führte. Nach dem Erscheinen des Zwischenberichts der SUST hat das Schweizer Bundesamt für Verkehr (BAV)

über die europäische Eisenbahnbehörde ERA alle Wagenhalter in Europa, die Güterwagen mit ähnlichen Rädern aufweisen, aufgefordert, diese zu prüfen und nötigenfalls außer Betrieb zu nehmen.

Die SBB hat den Unfall intern ebenfalls analysiert und ergreift kurz- und mittelfristig Maßnahmen, um ähnliche Ereignisse zu verhindern beziehungsweise deren Auswirkungen so stark wie möglich einzuschränken. Als unmittelbare Maßnahme reduziert die SBB temporär die Geschwindigkeit im Bereich der beiden Portal-Spurwechsel vor dem Gotthard-Basistunnel von 230 km/h auf 160 km/h. Um den Zustand der Güterwagen besser zu überwachen, sollen Zustands- und Bilddaten genutzt werden sowie vermehrt Zugkontrollenrichtungen eingesetzt werden. Mittelfristig wollen die SBB bei den Spurwechseln im und vor dem Gotthard-Basistunnel streckenseitige Entgleisungsdetektoren installieren.

Die SBB gehen aktuell von einer Sachschadenssumme, inklusive Ertragsausfällen, von rund 150 Mio. CHF aus, davon sind rund 140 Mio. CHF versichert. (cm/dr) ●

Hohe Zinsen führen zu Landesanstalt

Fahrzeuge | Seit Anfang Juli hat nun auch Schleswig-Holstein eine Gesellschaft für einen Fahrzeugpool – die „Landesanstalt Schienenfahrzeuge Schleswig-Holstein Zug.SH“. Erste Aufgabe ist die Finanzierung der 42 Coradia Max von Alstom. Die Gründung war notwendig geworden, weil in dem Vergabeverfahren zur Suche eines Fahrzeugvorhalters, der die neuen Züge finanzieren soll, keine Angebote eingegangen sind. Verkehrsstaatssekretär Tobias von

der Heide sieht hier die hohen Kreditzinsen als Grund.

Zug.SH muss für die neuen Züge ein Finanzvolumen von rund 900 Mio. EUR bereitstellen – davon rund 500 Mio. EUR für die Züge. Von der Heide rechnet über einen Zeitraum von 30 Jahren durch Zug.SH mit Einsparungen zwischen 70 und 110 Mio. EUR, u.a. wegen der günstigeren Kreditbedingungen des Landes und durch Tätigkeiten, die inhouse erfolgen. (cm) ●

Bundshaushaltsplanung 2025 im Vergleich zur Planung für 2024 [1000 EUR]

Titel	Zweck	Soll 2025	Soll 2024	+ / -
682 01-742	Beitrag an NE-Bahnen zu den Kosten für Unterhaltung und Betrieb höhengleicher Kreuzungen	2.200	3.000	-800
682 01-742	Machbarkeitsstudien für grenzüberschreitende Mobilität zur Umsetzung des Aachener Vertrags	2.500	2.500	0
682 04-742	Abgeltung übermäßiger Belastungen der Eisenbahnen des Bundes aus dem Betrieb und der Erhaltung höhengleicher Kreuzungen mit Straßen aller Baulastträger	143.009	102.000	41.009
682 07-045	Zuschuss an die DB AG für die Wahrnehmung von Aufgaben der zivilen Notfallvorsorge und des Krisenmanagements	4.100	4.100	0
831 01-742	Erhöhung des Eigenkapitals der Deutschen Bahn AG	5.878.800	5.500.000	378.800
891 01-742	Baukostenzuschüsse für Investitionen des Bedarfsplans Schiene	2.197.000	1.682.299	514.701
891 05-742	Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes	185.000	185.384	-384
891 06-742	Ausrüstung der deutschen Infrastruktur und von rollendem Material mit dem Europäischen Zugsicherungssystem ERTMS (European Rail Traffic Management System)	1.388.586	1.083.156	305.430
891 07-045	Investitionszuschüsse an die DB AG für Zwecke der zivilen Notfallvorsorge und des Krisenmanagements	2.791	2.791	0
891 09-742	Förderinitiative zur Attraktivitätssteigerung und Barrierefreiheit von Bahnhöfen	265.000	97.436	167.564
891 10-742	Kleine und Mittlere Maßnahmen der Bundesschienenwege	302.758	108.230	194.528
532 14-742	Ausgaben für Prüfungen und Gutachten LuFV/LV InfraGO	3.200	2.511	689
891 11-742	Baukostenzuschüsse für einen Infrastrukturbeitrag zur Erhaltung der Schienenwege der Eisenbahnen des Bundes	4.786.446	7.473.233	-2.686.787
745 21-722	Kostendrittel des Bundes an Kreuzungsmaßnahmen (Baulast Bund)	6.000	6.000	0
882 21-723	Kostendrittel des Bundes an Kreuzungsmaßnahmen (Baulast Länder)	15.000	15.000	0
883 21-725	Kostenhälfte des Bundes an Kreuzungsmaßnahmen (Baulast Kommunen)	91.500	91.500	0
883 23-725	Zuschüsse nach § 17 Eisenbahnkreuzungsgesetz (EKrG)	7.500	7.500	0
882 02-741	Finanzhilfen an die Länder für Vorhaben der Schieneninfrastruktur des öffentlichen Personennahverkehrs	1.177.468	588.734	588.734
891 01-741	Investitionszuschüsse für Vorhaben des öffentlichen Personennahverkehrs an die Deutsche Bahn AG und Unternehmen, die sich überwiegend in Bundeshand befinden	822.532	411.266	411.266
531 41-790	Studien und Untersuchungen für den Kombinierten Verkehr	50	50	0
892 41-790	Zuschüsse an private Unternehmen für Investitionen in den Kombinierten Verkehr	92.700	77.280	15.420
892 42-790	Investitionszuschüsse an private Unternehmen zur Förderung des Neu- und Ausbaus, der Reaktivierung und des Ersatzes von Gleisanschlüssen sowie weiterer Anlagen des Schienengüterverkehrs	30.000	30.000	0
682 51-742	Reduzierung Anlagenpreise im Schienengüterverkehr	35.000	20.000	15.000
682 52-742	Reduzierung Trassenpreise im Schienengüterverkehr	275.000	229.327	45.673
682 53-742	Reduzierung der Trassenpreise im Personenfernverkehr	105.000	145	104.855
682 54-742	Förderung des Einzelwagenverkehrs	300.000	299.340	660
683 51-742	Bundesprogramm „Zukunft Schienengüterverkehr“	20.000	25.691	-5.691
891 51-742	Baukostenzuschüsse für Investitionen in die Schienenwege der NE-Bahnen	66.000	26.994	39.006
682 03-742	Deutsch-Polnisches Jugendticket	-	5.800	-5.800
891 11-742	Aufwendungen für Eisenbahnen des Bundes zur Beseitigung von Schäden am Bundes-schienenwegenetz und für das Bundeseisenbahnvermögen	215.000	215.000	0
891 02-742	ENTFALLEN: Baukostenzuschüsse für Investitionen in die Schienenwege der Eisenbahnen des Bundes zur Beseitigung von Engpässen im Nahverkehr	-	22.000	-22.000
891 08-742	ENTFALLEN: Förderinitiative „Elektrische Güterbahn“	-	13.300	-13.300
SUMME		18.420.140	18.331.567	88.573

WEGE IN DIE ZUKUNFT.

Komplettlösungen für Verkehrswege von morgen



#DeutschlandweitVernetzt

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

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

Antworten auf Fragen finden

Das DZSF, die Ressortforschungseinrichtung des Bundes für den Verkehrsträger Schiene, ist fünf Jahre alt. Der neue Leiter Eckhard Roll stärkt die europäische Vernetzung und den Austausch mit allen Akteuren im System Bahn. Sein Ziel: relevante Forschung im eigenen Haus und die Unterstützung des Bahnsektors im Ganzen.

Eckhard Roll ist tief verwurzelt in einer Forschung, die an Politik und Praxis orientiert sowohl Gegenwarts- als auch Zukunftsfragen zu beantworten sucht. Jetzt entwickelt er das DZSF weiter.

Die Forschung des DZSF deckt ein weites Feld ab: Wirtschaftlichkeit, Umwelt, nachhaltige Mobilität und Sicherheit. Wie wählen Sie aus, welche Forschungsprojekte als nächstes in Angriff genommen werden?

Es gibt einen intensiven Prozess der Themensetzung. Unsere primäre Aufgabe ist die Politikberatung. Wir sind deshalb in engem Kontakt mit dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), um herauszufinden, welche Fragestellungen der Politik und Besorgnisse es gibt. Weiter kommen vom Eisenbahn-Bundesamt (EBA) häufig Themen aus der Aufsicht und Genehmigung, die sehr konkret und damit für uns schnell umsetzbar sind. Wir führen zudem intensive Sektorgespräche, das heißt, wir treffen uns in verschiedenen Formaten mit Verbänden, mit Fachinstituten, mit der Deutschen Bahn. Wichtig für die Entwicklung unserer Themen ist auch, dass wir nicht Industrieforschung doppelten wollen – das ist nicht unsere Aufgabe. Die Priorisierung ergibt sich aus der Gesamtsicht, die wir aus den Gesprächen gewonnen haben. Auf dieser Basis entwickeln wir ein jährliches Forschungsprogramm, typischerweise im Herbst. Dieses besprechen wir dann mit dem BMDV. Da wir normalerweise die Themen des Ministeriums weitgehend berücksichtigen, verändert sich das Pro-

gramm danach nicht mehr erheblich. Das so entwickelte Programm setzen wir im kommenden Jahr um.

Welche Schwerpunkte zeichnen sich für die kommenden Jahre ab?

Zurzeit entwickeln wir eine mittelfristige Forschungsstrategie. In diesem Zusammenhang haben wir eine umfangreiche, mehrstufige Expertenbefragung initiiert, in der wir nach den Zukunftsthemen fragen. Die erste Stufe mit Interviews ist jetzt beendet, in der zweiten Stufe folgt die Validierung und Priorisierung der Thesen der Experten durch eine große Sektorbefragung. Schon jetzt zeichnet sich sehr deutlich ab, dass wir uns viel stärker als bisher mit Künstlicher In-

telligenz (KI) beschäftigen müssen, und hier nicht nur mit der Frage von KI-Entwicklung, sondern auch damit, welche Sicherheitsfragen zu stellen und zu beantworten sind. Auch mit Blick auf Human Resources ergeben sich viele Fragen: Lässt sich mit KI der Fachkräftemangel zumindest partiell auffangen? Welche Erwartungen haben die zukünftigen Generationen an KI-gestützte Instrumente? Wie verändert KI das Gesamtsystem Bahn? Was ist ihr Nutzen, für die Gesellschaft als Ganzes, aber auch konkret für den Personenverkehr und den Güterverkehr? Kann KI Aufschluss darüber geben, was die Anwohner von Gleisanlagen bewegt und kann KI helfen, die Akzeptanz von Schieneninfrastruktur wieder zu erhöhen?



Fotos: Rainer Unkel

Lassen Sie uns am Beispiel KI abgrenzen, was Industrieforschung wäre und damit nicht die Aufgabe des DZSF, und was in die Kategorie Ressortforschung fällt.

Ein gutes Beispiel ist das automatisierte Fahren, das im Schienenverkehr angewendet werden soll. Hier interessieren uns als DZSF natürlich besonders die Frage der Verlässlichkeit und die Sicherheitseinschätzung von KI. Wir entwickeln deshalb beispielsweise Systeme, die sichtbar machen, wie die KI arbeitet, und können über diese erklärbare KI Rückschlüsse ziehen, ob man ihr ein ausreichendes und stabiles Sicherheitsniveau attestieren kann. KI ist ein System, das sich autonom selbst verändert - das ist natürlich grundsätzlich erst einmal zulassungsfeindlich. Hier erforschen wir, ob und wie KI im Eisenbahnsektor zulassungsfähig werden kann. Die Ressortforschung setzt auch Impulse für die weitere Entwicklung: Wir stellen einen annotierten Datensatz bereit, den die Wissenschaft, aber auch kleine und mittelständische Unternehmen für ihre Forschung und Entwicklung verwenden können. Unsere DZSF-Forschungsergebnisse, einschließlich der Methoden und Tools, sind grundsätzlich allgemein zugänglich. Mit Ausnahme von Ergebnissen natürlich, die Angriffsmöglichkeiten auf das System offenlegen würden.

Woher stammt der Datensatz?

Der Datensatz wurde von der Deutschen Bahn (DB) zur Verfügung gestellt und wir haben diesen Datensatz annotieren lassen.

Die Deutsche Bahn ist in der Regel zurückhaltend mit Weitergabe ihrer Daten. Haben Sie

hier als Teil des Eisenbahn-Bundesamtes besondere Zugriffsrechte?

Der Zugang zu den Daten ist tatsächlich ein Problem, wenn es inzwischen auch leichter geworden ist, weil das Vertrauen in das DZSF gewachsen ist. Wir versehen alle Daten mit Metadaten und halten dort fest, was weitergegeben werden darf und was nicht. Alles wird vertraglich geregelt. Typischerweise ist auch eine der Bedingungen der DB für die Datennutzung, dass sie bei den forschungsbegleitenden Arbeitskreisen der jeweiligen DZSF-Projekte beteiligt ist. Das BMDV will außerdem einen digitalen Zwilling des Netzes erstellen lassen. Davon versprechen wir uns einen sehr guten Datenzugriff.

Haben Sie als DZSF einen Einfluss darauf, ob und wie schnell Forschungsergebnisse umgesetzt werden? Im Juni beispielsweise gab es eine DZSF-Tagung zum Kapazitätsmanagement, bei der eine Reihe von einleuchtenden Maßnahmen vorgestellt wurden, wie die Kapazität im Netz erhöht werden könnte, meist durch Änderungen im Betrieb.

Wir sind eine Forschungseinrichtung und keine „Pressure Group“, das heißt, wir werden beauftragt, liefern Ergebnisse und machen Politikberatung, setzen diese Ergebnisse aber nicht durch. Unsere Aufgabe ist, die Forschungsergebnisse für die jeweilige Zielgruppe aufzubereiten und sie eventuell auch für Nicht-Wissenschaftler verständlich zu machen. Dies werden wir in den kommenden Jahren noch stärker vorantreiben. Die Umsetzung ist jedoch Aufgabe der Politik, Verwaltung oder des Sektors selbst.

Wir sind eine
Forschungseinrichtung
und keine „Pressure
Group“.

Welche Themen haben bisher einen breiten Anklang in der Branche gefunden?

Wir hatten im Bereich Cybersecurity Untersuchungen mit nicht erfreulichen Ergebnissen, insbesondere hinsichtlich des Bewusstseins des Sektors dafür. Die Resonanz darauf war sehr groß, es gab viele Nachfragen von Fachleuten, von Instituten, von Fachbehörden. Wir merken sehr deutlich, dass unsere Forschung wahrgenommen wurde und zum Nachdenken anregt. Ein weiteres Beispiel ist das Thema Sicherheitskultur. Hier hatten wir mit der Forschung begonnen, gleichzeitig wurde auf EU-Ebene das Thema eingeführt. Wir haben zur Task Force der Eisenbahngagentur der Europäischen Union (ERA) für dieses Thema gearbeitet; unsere Forschungsergebnisse konnten damit direkt in die Entscheidungsfindung einfließen. Unser Forschungsbericht zur Hochschulforschung, zur Frage also, ob die Hochschulforschung in der gegenwärtigen Form tatsächlich die Bedarfe der künftigen Jahre abdecken kann und unsere negative Antwort darauf ist auch breit wahrgenommen worden. Wir unterstützen laufend bei Gesetzgebungsvorhaben oder bei Strategiepapieren der Bun-

Eckhard Roll

Leiter des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF)

Eckhard Roll ist seit Februar 2024 Leiter des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF), nachdem er

die Forschungseinrichtung seit Februar 2023 kommissarisch führte.

Roll ist Diplom-Ingenieur der Fachrichtung Landschaftsplanung. Seit 1999 war er im EBA als Umweltreferent, Sachbereichsleiter Planfeststellung und zuletzt

als Leiter des Umwelt- und Forschungsreferats tätig, aus dem die Aufbauorganisation für das im Jahr 2019 gegründete DZSF folgte. Roll war zudem bis zur Amtsübernahme Leiter des Fachbereichs Klimaschutz, Umwelt und Nachhaltigkeit beim DZSF.

desregierung im Rahmen unserer wissenschaftsbasierten Politikberatung, wie zum Beispiel beim Thema Anpassung an den Klimawandel.

Macht das DZSF auch Wirksamkeitsforschung, begleitet es beispielsweise die Generalsanierung der Riedbahn als erstes Projekt der Korridorsanierung wissenschaftlich?

Wir sind dabei, verschiedene Forschungsfragen zu adressieren. Wie erfolgte die Verteilung der Verkehre auf andere Strecken? Welche Auswirkungen hat das auf den Modal Shift, das heißt, wird wieder auf die Straße verlagert? Kehren die Kunden/Fahrgäste nach der Bauphase wieder zurück? Und natürlich die Frage: Hat es was gebracht? Hat sich die Pünktlichkeit verbessert? Hat sich die Störanfälligkeit verringert? War die Bauplanung realistisch? Durch die Konzentration der Baumaßnahmen möchte man Synergieeffekte heben, doch gleichzeitig werden sehr viele Ressourcen gebunden – ist das Endergebnis positiv oder negativ zu bewerten? All diese Fragen würden wir gerne verfolgen, neutral und ergebnisoffen.

Sie nutzen den Konjunktiv. Wird die von Ihnen beschriebene Begleitforschung auch umgesetzt?

Wir arbeiten die Forschungsfragen in unseren Fachbereichen aus. Diese werden Teil unseres Forschungsprogramms, das wir mit dem BMDV abstimmen.

Wie sieht die Finanzierung des DZSF für die kommenden Jahre aus?

Die Finanzierung ist befriedigend. Wir haben für unsere Forschungsprojekte derzeit genug Geld, ebenso für die Forschungsinfrastruktur. Beim Personal wäre jedoch ein Aufwuchs wichtig; dies hat jüngst auch der Wissenschaftsrat bestätigt. Wir haben 40 feste Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und können uns als DZSF im Gegensatz zu einem universitären Institut nicht auf Teilaspekte beschränken, sondern müssen das Gesamtsystem abbilden. Ein Vergleichsmaßstab für das DZSF wären die Ressortforschungseinrichtungen für die Straße und für die Wasserstraßen, die jeweils rund 400 feste Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben. Die Wertschätzung für

einen Verkehrsträger sollte sich auch darin ausdrücken, wie seine Forschungseinrichtung ausgestattet ist.

Fachkräfte sind knapp, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch. Wie gewinnen Sie neues Personal für das DZSF?

Unsere Mitarbeitenden kommen vor allem aus Hochschulen oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Zusätzlich zu den 40 Festangestellten gibt es immer rund 30 befristet beschäftigte wissenschaftliche Mitarbeitende und Doktoranden, die bei uns arbeiten. Leider können wir nicht allen eine Perspektive auf eine dauerhafte Beschäftigung geben, doch die Arbeit beim DZSF hat in einem wissenschaftlichen Lebenslauf durchaus ein positives Gewicht. Für uns als Forschungsinstitut bedeutet dieser konstante Wechsel, dass wir immer auf dem neuesten Stand sind, was wissenschaftliche Methoden angeht. Die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können bei uns nicht nur wissenschaftlich arbeiten, sondern erhalten auch Einblick in die Arbeit des Ministeriums, des Eisenbahn-Bundesamtes und der Bundesnetzagentur.

Sie benötigen also einen stetigen Fluss an neuem wissenschaftlichen Personal. Wenn wir das noch einmal am Beispiel KI durchspielen: Wer Informatik studiert hat, kann überall auf der Welt gut bezahlte feste Stellen finden – warum dann das DZSF?

Wir können tatsächlich nicht mit den gleichen finanziellen Mitteln werben wie die Industrie. Wir sind auf Menschen angewiesen, die eine hohe intrinsische Motivation haben, zum Thema Bahn zu arbeiten. Glücklicherweise gibt es diese, auch in der Informatik. Allerdings müssen wir uns etwas breiter im Arbeitsmarkt umschauchen, also auch im nicht-deutschsprachigen Raum. Hierzu erarbeiten wir augenblicklich ein Konzept, das auch für die Verwaltung tragfähig ist. Konkret heißt dies, dass wir durchaus Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einstellen wollen, die kein Deutsch sprechen. In der Politikberatung ist dies natürlich ein Problem, weil hier ausschließlich Deutsch gesprochen wird. Dies bedeutet in der Praxis, dass wir entweder dafür sorgen müssen, dass nicht-deutschsprachige Forscherinnen und Forscher



Im Kreis der Ressortforschungseinrichtungen für den Verkehr ist das DZSF das jüngste und bei weitem kleinste Forschungszentrum. Ein Personalaufwuchs sei dringend erforderlich, meint Eckhard Roll

schnell Deutsch lernen oder dass wir im DZSF zwei Arbeitsbereiche schaffen, deutsch und international.

Bringen Nicht-Deutschsprachige auch einen anderen Blick auf die Bahn mit, der dazu führt, dass andere Lösungen gefunden werden können, also ein Wissens- und Erfahrungstransfer stattfindet?

Das ist natürlich auch ein Aspekt unserer geplanten Öffnung für nicht-deutschsprachige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. In der Praxis hat sich das jedoch bisher noch nicht bewahrheitet. Dafür ähneln sich die Systeme in vielem. Allerdings macht es dieser Personenkreis dem DZSF leichter, internationale Kontakte herzustellen. Wir sehen mit der Öffnung Chancen für das DZSF, denn mit zunehmender Digitalisierung und Automatisierung können auch andere Verkehrsträger und Branchen Lösungen für die Schiene bieten.

Das DZSF ist seit Mai Mitglied im europäischen Forschungsverband ECTRI. Welche Rolle spielt diese Art der Vernetzung für die Weiterentwicklung des Forschungszentrums?

In Deutschland arbeiten wir als DZSF im Expertennetzwerk mit den anderen Ressortforschungseinrichtungen des BMDV zusammen. Dies hat uns sehr befruchtet und inspiriert. Wir lernen eine Menge durch die gemeinsame Projektarbeit. Ähnliches erwarten wir von der Mitgliedschaft in ECTRI. In diesem Forschungsverband arbeiten Non-Profit-Verkehrsforschungseinrichtungen europaweit zusammen, über alle Verkehrsträger hinweg. In ECTRI sind rund 4000 Forschende vernetzt. Diese breite europäische Vernetzung ist für uns wichtig, weil sehr viele Entscheidungen, die für den Schienenverkehr relevant sind, auf europäischer Ebene getroffen werden. Außerdem sind viele Themen der Mobilität für nur einen Verkehrsträger nicht zu bewältigen; von daher ist auch in dieser Hinsicht die verkehrsträgerübergreifende Zusammenarbeit in ECTRI interessant. Nicht zuletzt gilt, dass Forschungsförderung von Seiten der EU immer mehrere Teilnehmende aus verschiedenen Mitgliedsländern erfordert - auch hier hilft uns die Vernetzung über ECTRI.

Wie bewährt sich die Aufteilung des Zentrums auf die beiden Standorte Dresden und Bonn?

Zu Anfang waren wir noch skeptisch. In den fünf Jahren seit Gründung hat sich jedoch herausgestellt, dass diese Konstellation sehr günstig für das DZSF ist, unter anderem deshalb, weil wir in der Lage sind, in zwei Regionen unser Personal zu gewinnen. Gleichzeitig hat sich etabliert, dass wir vieles in Videokonferenzen klären, weil auch bei uns viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zeitweise im Homeoffice arbeiten.

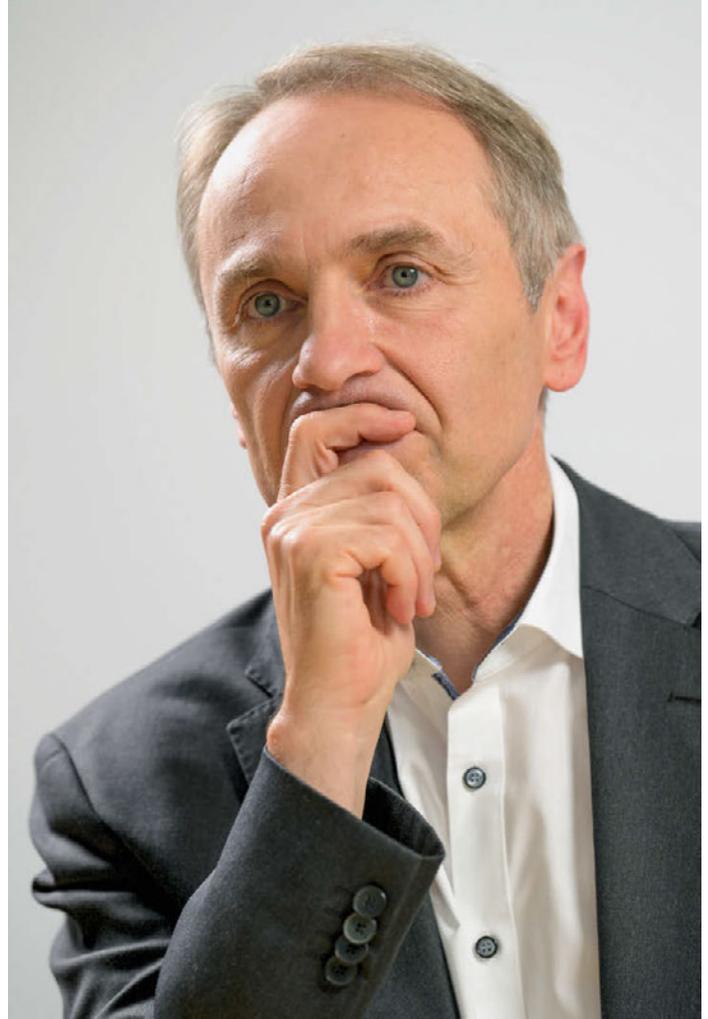
Sind jeweils die Abteilungen auf einen der beiden Standorte verteilt, oder „nur“ die Mitarbeitenden?

Die Fachbereiche sind tatsächlich an beiden Standorten angesiedelt. Dies haben

wir bewusst so organisiert, um die Standorte nicht auseinanderzureißen und um den interdisziplinären Austausch sicherzustellen. Es ist gut, wenn sich eine Eisenbahningenieurin und ein Soziologe auch einmal an der Kaffeemaschine über ihre Fachgebiete und ihre Methoden unterhalten können. An beiden Standorten sind wir natürlich in das Eisenbahn-Bundesamt eingebunden.

Eine private Frage: Wie erholen Sie sich?

Ich wandere und reise gerne. Unter der Woche erdet mich die Arbeit in unserem Kleingarten.



Das Interview führte Dagmar Rees

Advanced Digital Infrastructure – betriebliche Szenarien für einen robusten Bahnbetrieb der Zukunft

Die Digitalisierung des Bahnsektors schreitet voran. Klar ist: Auch der Betrieb der Eisenbahn wird sich dadurch verändern. Die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung des Bahnsystems müssen dabei an den betrieblichen Kernaufgaben und Anforderungen des operativen Geschäfts ausgerichtet werden. Eindeutig definierte Betriebsszenarien sind somit der Beginn einer erfolgreichen Systementwicklung.



1. Einleitung

Der Eisenbahnsektor ist bei der Integration neuer Technologien traditionell langsam. Um künftig ein attraktiveres Verkehrsangebot mit mehr Zügen in einer höheren Qualität auf dem Schienennetz bieten zu können, muss die Integration neuer, digitaler Technologien ins System Bahn deutlich beschleunigt werden. Dies ist eine zentrale Aufgabe der Sektorinitiative Digitale Schiene Deutschland [1].

Dies geschieht in mehreren Stufen: Die derzeit laufende Umrüstung der Stellwerkstechnik auf Digitale Stellwerke (DSTW) und die Einführung des European Train Control System (ETCS) kann als Basis-Digitalisierung bezeichnet werden.

Ein erheblicher Hub auf die Kapazität, Zuverlässigkeit und Demografiefestigkeit wird von den weiteren Entwicklungsschritten wie einem intelligenten Kapazitäts-

und Verkehrsmanagementsystem (Capacity and Traffic Management System – CTMS) [2], dem automatischen Fahren (Automatic Train Operation – ATO) und eines integrierten Systems der Leit- und Sicherungstechnik mit einer zugorientierten Sicherungslogik [3] als Nachfolger der bisher getrennten Komponenten Stellwerk und streckenseitige Zugsicherung erwartet.

Diese neue Sicherungslogik ist das Ergebnis umfassender Analysen, die im Schweizer Programm SmartRail 4.0 [4] ihren Anfang nahmen und in der europäischen Initiative Reference CCS Architecture (RCA) [5] ihre Fortsetzung fanden. Zuletzt wurde durch die DB InfraGO gemeinsam mit Partnern aus dem Sektor eine umfangreiche Studie zur Identifikation von Umsetzungsschwerpunkten für ein Erstinbetriebnahmeprojekt erstellt (siehe Bild 1).

Die neue Sicherungslogik wird als Advanced Protection System (APS) bezeichnet.



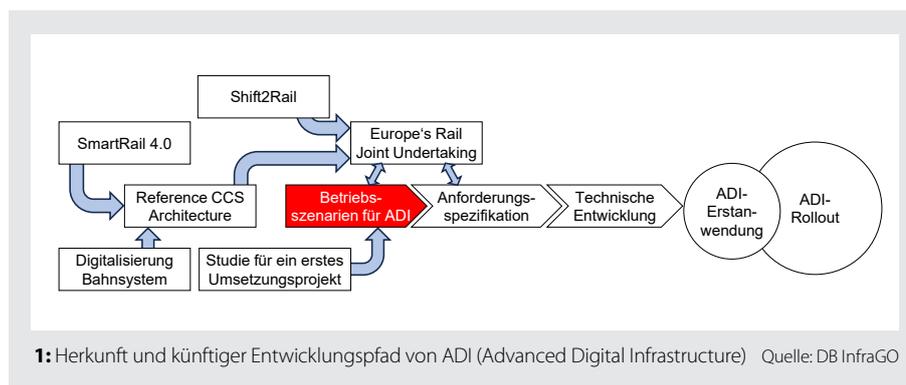
Jens Leuteritz, M. A.
 Experte Digitaler Bahnbetrieb, Digitale Schiene Deutschland, DB InfraGO AG, Berlin
 jens.leuteritz@deutschebahn.com



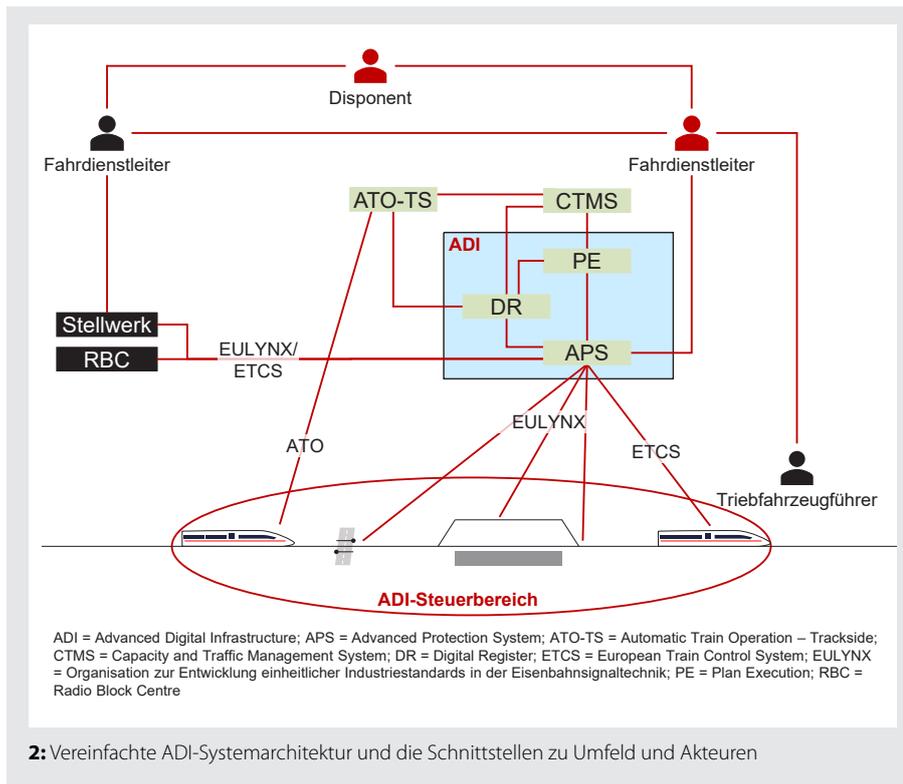
Dipl.-Ing. Frank Schiffmann
 Experte Systems und Safety Engineering LST, SIGNON Deutschland GmbH, Dresden
 frank.schiffmann@signon-group.com



Philipp Schneider, M. Sc.
 Experte Digitaler Bahnbetrieb, Digitale Schiene Deutschland, DB InfraGO AG, Berlin
 philipp.p.schneider@deutschebahn.com



net. Der Mehrwert von APS kommt aber erst im Verbund mit anderen Systemen vollends zur Geltung. Daher bündelt die Digitale Schiene Deutschland die verschiedenen Funktionen im Gesamtkonzept Advanced Digital Infrastructure (ADI). Seit 2023 werden bei der DB InfraGO die relevanten betrieblichen Szenarien für ADI definiert. Dieser Schritt bildet den Schwerpunkt des Artikels. Im Folgenden werden die Bestandteile von ADI beschrieben.



2. Advanced Digital Infrastructure (ADI)

Außer APS zählen zu ADI (siehe Bild 2): das Digitale Register (DR) als zentrale Quelle für Anwendungsdaten sowie die Plan Execution (PE) als intelligentes Ansteuerungssystem und Brücke zu CTMS. ADI nutzt dabei verschiedene standardisierte Schnittstellen zu Umsystemen wie bspw. Weichen (EULYNX-Vorgaben [6]) und macht auch die Nutzung von ATO möglich. Es stellt somit einen weiteren Schritt zur Entwicklung einer integrierten, vollständigen, standardisierten und europäisch gedachten Betriebssteuerungs- und Sicherungstechnik dar.

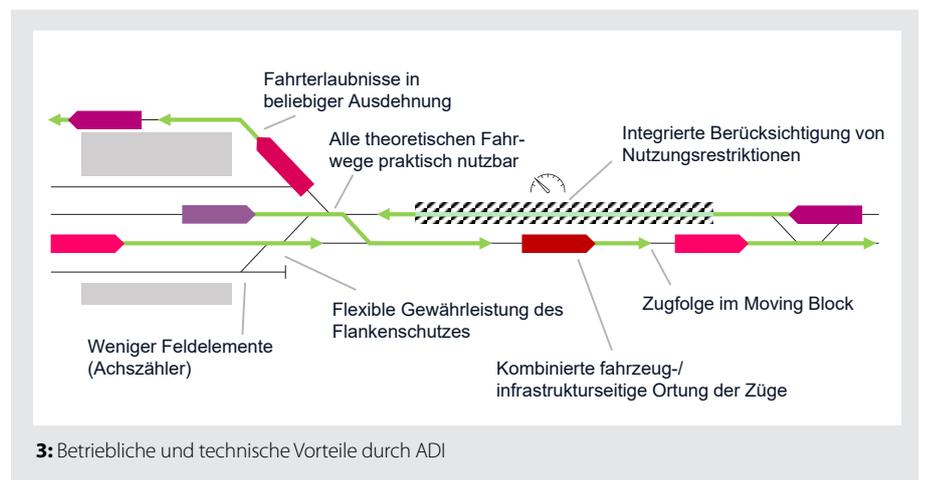
Wie in Bild 3 dargestellt, bringt ADI eine Vielzahl betrieblicher Vorteile mit sich. Ergänzend dazu ergeben sich folgende positive Merkmale aus systemischer Sicht:

- Geringere Planungsaufwände durch eine neue generische Sicherungslogik unter Anwendung von standardisierten Objektdefinitionen (z. B. für Weichen) für alle weiteren Systeme
- Schlanke und verteilte Architektur durch Trennung von Betriebssteuerungs- und Sicherungsebene
- Einfache und schnelle Anpassung bei Baumaßnahmen

3. Betriebsszenarien

Um zu einer technischen Spezifikation zu gelangen, ist die Definition der betrieblichen Anwendungsfälle – der Betriebsszenarien – eine wesentliche Grundlage. Ein erstes Ziel der Digitalen Schiene Deutschland ist zunächst die Implementierung in einem Umsetzungsprojekt.

Der Erstellung der Betriebsszenarien ging eine Analyse relevanter Prozesse sowohl aus der erwähnten Studie als auch von anderen europäischen Eisenbahninfrastrukturunternehmen voraus. So sollen



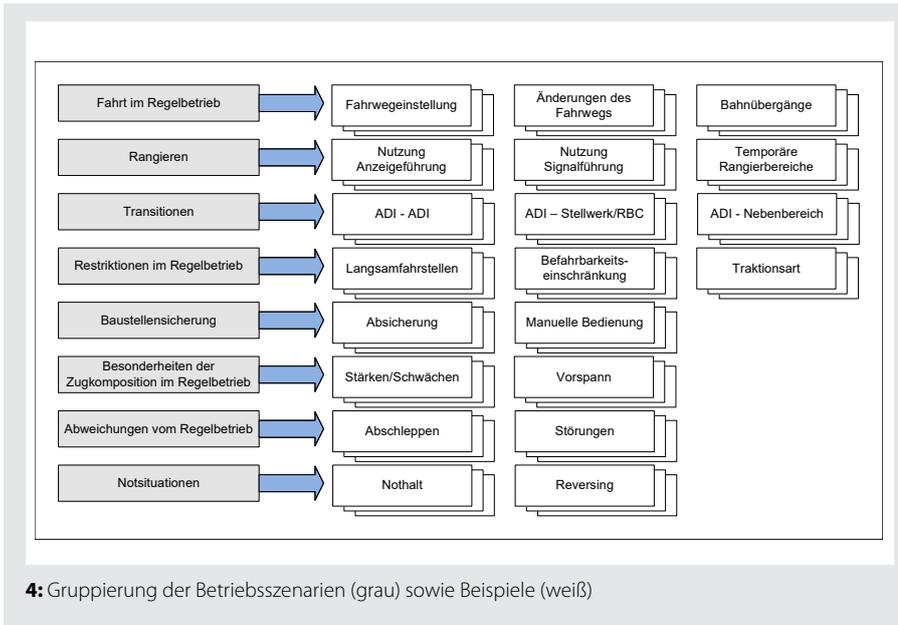
Potenziale gehoben werden, indem Betriebsweisen ermöglicht werden können, die bisher bei der DB InfraGO nicht vorhanden sind.

Im Rahmen der Studie wurde der heutige Bahnbetrieb, ohne den Anteil der Betriebsplanung und Disposition (Fokus CTMS), in einzelne bahnbetriebliche Prozesse zerlegt und in Themenbereiche gruppiert, wie Bild 4 zeigt.

In der Folge wurden insbesondere die operativen Szenarien von BaneNor und Banedanmark zur Einführung von ETCS L2 untersucht, die sich unter den Gesichtspunkten Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Ausnutzung der ETCS-Funktionen als die wertvollsten erwiesen, um auf ihrer Basis den Betrachtungshorizont um ADI-Spezifika zu erweitern. Zusätzlich wurden auch die ETCS-Szenarien der SBB und der ÖBB berücksichtigt.

Ein Beispiel für Erfahrungen aus dem Ausland, die konkret in die betrieblichen Szenarien Eingang gefunden haben, ist der Umgang mit Handheld-Terminals in Norwegen und Dänemark. Mit diesen wird eine Informationsübermittlung zwischen den Personalen am Gleis und dem Stellwerk ermöglicht; dies kann zu einem Sicherheitsgewinn führen sowie perspektivisch den Baubetrieb durch einen Zugriff auf Feldelemente für Mitarbeitende am Gleis vereinfachen.

Für das Aufsetzen erster Betriebsszenarien für ADI wurde außerdem ein Abgleich mit der Struktur der neuen Richtlinie 400 für den digitalen Bahnbetrieb [7] durchgeführt und ferner die Anforderungen aus dem Betrieblichen Zielbild (BZB) Version 1.2 [8] analysiert. Hinsichtlich des BZB konnten entweder gleich- oder höherwertige Lösungen für die Umsetzung gefunden



inhalte somit Abläufe, die schon bei der ersten Implementierung notwendig sind, aber auch Anforderungen, die im späteren generischen Roll-out erforderlich werden. Beispielsweise muss beachtet werden, dass durch den erwarteten technischen Ausrüstungsstandard der Fahrzeuge zum Zeitpunkt der Erstanwendung die Gewährleistung der Information der sicheren Zuglänge und Zugintegrität durch den Zug nicht zwingend vorausgesetzt werden können. Es muss also, wenn auch reduziert, eine Zugortung mit Achszählern vorhanden sein. Die Betriebsszenarien und das Verhalten seitens APS müssen dem Rechnung tragen.

Bei der Konzeption der Betriebsszenarien erwies sich als Vorteil, dass die notwendigen Bedienhandlungen mit erfasst wurden. So ergaben sich aus den Flussdiagrammen mitunter keine bis nur sehr wenige manuelle Mitwirkungen seitens des Fahrdienstleiters oder Triebfahrzeugführers. Gerade im Störfall wird dadurch die Betriebsqualität einen deutlichen Hub erfahren, da manuelle Eingriffe nach und nach durch (teil-)automatisierte Lösungen ersetzt werden. Grundlage hierfür bildet die Einführung eines CTMS. Dies wird in Zukunft helfen, in angespannten Betriebs-situationen den Überblick zu behalten und gleichzeitig den Betrieb effizient und betriebssicher weiterzuführen.

den werden. Aufgrund des abweichenden Systemansatzes von ADU sind jedoch nicht alle Anforderungen des BZB für die Entwicklung von ADU relevant.

Im nächsten Schritt wurde eine Mustervorlage konzipiert, nach der jedes Betriebsszenario entwickelt wird. Sie besteht aus der Definition von Zielsetzung, Anfangszustand, einem Topologie-Beispiel, einem Ablaufdiagramm sowie einem Endzustand und inhaltspezifischen Kommentaren. Über eine einheitliche Zeichenbibliothek erhalten die Ablaufdiagramme und Grafiken ein stringentes Muster. Somit können aus ihnen im Rahmen der Anforderungsspezifikation, dem nächsten Arbeitsschritt der ADU-Entwicklung, einfacher funktionale Systemanforderungen an die ADU-Systeme hergeleitet werden.

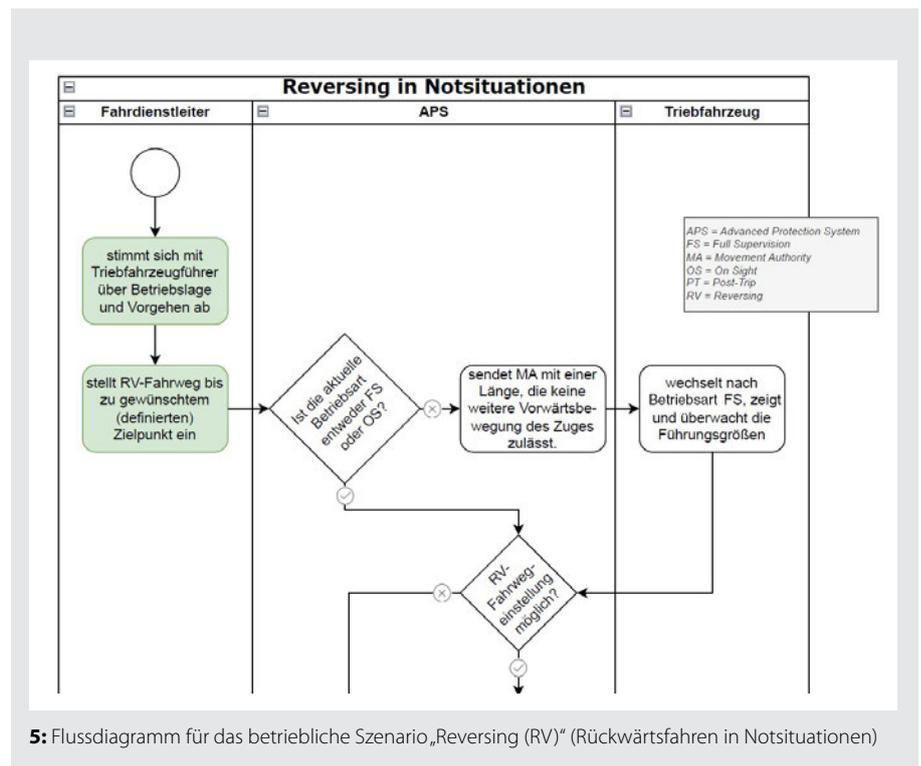
Bild 5 und Bild 6 veranschaulichen ausschnittsweise die Darstellung eines betrieblichen Szenarios am Beispiel des Rückwärtsfahrens ohne Führerstandswechsel in Notsituationen mit der ETCS-Betriebsart „Reversing“.

Während der Szenarienerstellung erfolgte regelmäßig ein internes Review durch Experten, die die Entwicklung bspw. im RCA-Rahmen schon lange vorantreiben sowie durch Mitarbeiter des zentralen Betriebes der DB InfraGO.

Parallel zur Ausarbeitung der einzelnen Themengebiete arbeiten die Ersteller außerdem im Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU) System Pillar an der europäischen Harmonisierung betrieblicher Szenarien mit. Aufgrund dieser Zusammenarbeit können

ADU-Themen somit auch parallel in Europa gespiegelt werden und Harmonisierungsvorschläge bzgl. Digitalisierung der LST aus dem ADU-Themenfeld eingebracht werden [9].

Eine besondere Herausforderung bei der Berücksichtigung der Betriebsfälle stellte der Umstand dar, dass zunächst ein Erstinbetriebnahmeprojekt im Fokus steht, aber die Szenarien bereits den vollen Funktionsumfang beschreiben sollen. Dies be-





**INNOVATIV.
INFORMIERT.
INSPIRIEREND.**

Schalten Sie jetzt durch – bringen Sie Ihre Botschaft auf die Schiene!

Unsere Messeausgaben:

- ETR 9/2024 deutschsprachig, Anzeigenschluss: 13.8.2024
- ETR international edition englischsprachig, Anzeigenschluss: 12.8.2024

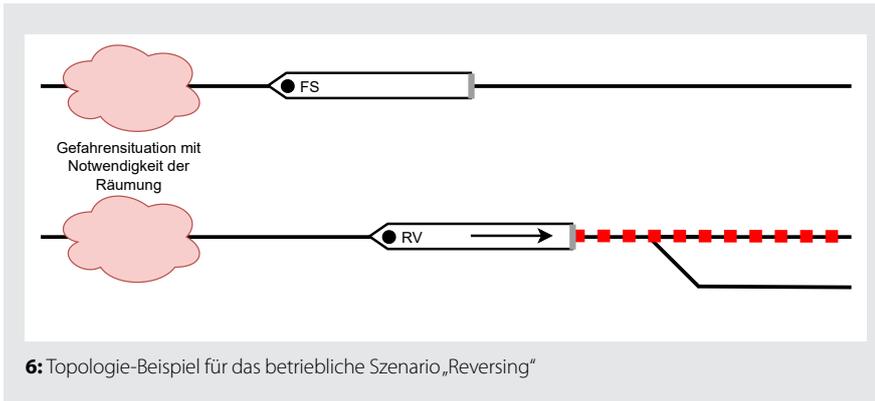
Besuchen Sie uns in Halle 4.2 | 115

Ihr Ansprechpartner:

Tim Feindt

tim.feindt@dvvmedia.com

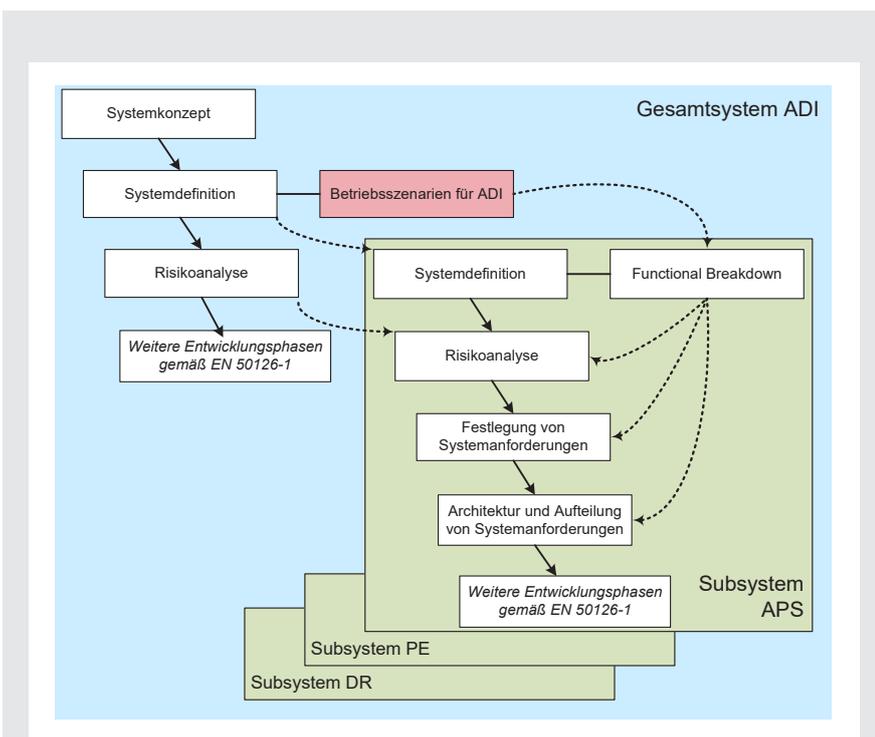
+49 40 237 14 220



4. Einbettung der Betriebsszenarien in die Systementwicklung von ADI

Die Betriebsszenarien sind eine wichtige Grundlage zur Detaillierung der Anforderungen für die Entwicklung von ADI. Bild 7 zeigt, dass zur Abdeckung der Anforderungen aus den Lebenszyklusphasen 1 und 2 gemäß EN 50126-1 [10] für ADI die Erstellung eines Systemkonzepts mit Beschreibung des betrieblichen Kontexts und einer Systemdefinition erfolgte. Die Betriebsszenarien bilden dabei eine Ergänzung der Systemdefinition, um hier die Betriebsanforderungen und -verfahren hinreichend genau in den ersten Systementwicklungsschritten zu skizzieren.

Die Betriebsszenarien ermöglichen folgend die Zuordnung von Funktionsanforderungen an die einzelnen Sub- und Umsysteme von ADI. Als Zwischenschritt zur Festlegung dieser Anforderungen werden „Functional Breakdowns“ erstellt. Diese sind Ableitungen von Funktionen unmittelbar aus den Betriebsszenarien, die dann in einem hohen Detailgrad die Systemdefinitionen der einzelnen Subsysteme ergänzen. Dieser Schritt wird zunächst für APS pilotiert, um insbesondere durch die Summe aus diesen Funktionen und den Betriebsszenarien eine Grundlage für regelmäßige Abstimmungen mit allen Beteiligten im Rahmen der frühen Systementwicklungsphase zu ermöglichen.



Eine wesentliche Grundlage der Entwicklung bilden die Erkenntnisse aus dem RCA-Konsortium [5]. Die Betriebs Szenarien sind dabei die Klammer für ADI und werden in der Zukunft schrittweise durch die Erkenntnisse der Systementwicklung ergänzt.

Resultierend werden damit auch neue bzw. geänderte betriebliche Regelungen für Infrastrukturbetreiber und Verkehrsunternehmen im Kontext von ADI ermöglicht.

5. Verknüpfung mit anderen Aktivitäten

Die Erstellung der Betriebs Szenarien erfordert die Verknüpfung mit weiteren Aktivitäten auf nationaler und internationaler Ebene, um von bewährten Implementierungen zu lernen und keine betrieblichen Sonderwege einzuschlagen.

Um zu einer möglichst weit harmonisierten und standardisierten europäischen Lösung zu kommen, werden technische Konzepte im Rahmen des ERJU erarbeitet. Da ADI zunächst in einem bestehenden Umfeld bei der DB InfraGO realisiert werden soll und daher Bestandssysteme angeschlossen werden müssen, existieren noch Differenzen zu einem Zielsystem. Dennoch sind alle Funktionen und die Betriebsweisen auf diesen Zielzustand auszulegen, um spätere Anpassungen zu vermeiden.

Wesentliche Aspekte im Rahmen von ERJU als Grundlage für integrierte Systemansätze wie ADI sind:

- Europäische Nutzbarkeit des „Baukastens“ ETCS
- Erweiterung der Basisharmonisierung der Betriebsweisen gemäß den verbindlichen Vorgaben der TSI OPE [11] als Schnittstelle zwischen Technik und den beteiligten Rollen und Gewährleistung einer universellen Umsetzung in den Mitgliedsstaaten
- Ableitung von Bedarfen zur Weiterentwicklung bestehender Systeme wie ETCS

Wie bereits oben erwähnt, bestehen auf nationaler Ebene weitere Verknüpfungspunkte mit der Ausgestaltung und Umsetzung der Betrieblichen Vision und des Betrieblichen Zielbilds der DB InfraGO. Die darin enthaltenen Vorgaben müssen bei der Entwicklung von ADI berücksichtigt werden.

Zudem können auch die Ergebnisse von ADI direkt in der Ausgestaltung und Umsetzung dieser Vorgaben einfließen. Zur Umsetzung neuer Regelungen der Betriebsführung für den Digitalen Bahnbe-

trieb wird die Erstellung und Umsetzung der Richtlinie 400 als neue Fahrdienstvorschrift verfolgt. Neben der Realisierung der ersten Versionen der Richtlinie wird die Betriebsweise in Workshops (Serious Gaming) auch mit anderen europäischen Bahnen erprobt. Für ADI sind die so gewonnenen Informationen eine weitere Datenbasis für die Systementwicklung.

6. Herausforderungen und Ausblick

Auch in Zeiten knapper Ressourcen finden umfangreiche, parallel laufende Entwicklungsleistungen im Rahmen der Digitalen Leit- und Sicherheitstechnik statt. Die Festlegung der Prioritäten und die schrittweise, aber effiziente Erreichung eines wirklichen Zielbilds mit gesamthafte neuen Anforderungen bleibt dabei eine Herausforderung. So müssen heute für Pilotierungen hinreichend einfache Implementierungen zur Adaption vorhandener Umsysteme stattfinden, obwohl diese in der finalen Zielarchitektur am Ende keine Rolle mehr spielen.

Für die Grundlage des vorgesehenen Betriebs sind hier umfangreiche Abstimmungen unter Beachtung verschiedener Entwicklungsstufen der einzelnen Projekte erforderlich. Dies umfasst auch die sinnvolle Festlegung des Funktionsumfangs von ADI für eine erstmalige Umsetzung. Allein der Ersatz der Systeme Stellwerk und streckenseitige Zugsicherung reicht nicht, um sinnvolle betriebliche Effekte zu erreichen. Daher müssen die betrieblichen Szenarien ganzheitlich gedacht werden, um messbare Verbesserungen zu erzielen.

Ausgehend von den Betriebs Szenarien muss während der Systementwicklung der Detailgrad der technischen Prozesse erhöht werden. Dies dient dann auch als Grundlage für spätere Systemtests und die Prozesse und Regeln der Betriebsführung. Parallel findet der Abgleich mit den Arbeitsergebnissen auf europäischer Ebene statt. Dabei dürfen keine Denkverbote bestehen und keine Lösungen manifestiert werden, die eine einfache Mikrooptimierung von Sachverhalten in der heutigen Systemwelt darstellen.

Das Ziel seitens ADI besteht darin, bis Ende 2024 das erste Set der Betriebs Szenarien verfügbar zu haben. Dies umfasst ebenfalls eine initiale Festlegung der relevanten Betriebs Szenarien für erste Implementierungsprojekte als Systementwicklungsgrundlage. ●

Literatur

[1] Fiack, Achim; Weller, Franziska; Heimes, Moritz; Laux, Thomas: Digitale Schiene Deutschland – Zukunftstechnologien für das Bahnsystem. In: Eisenbahn Ingenieur Kompendium 2024, S. 198-208. https://www.digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/189_208_Fiack_et_al.pdf

[2] Küpper, Michael: Das Capacity & Traffic Management System für die Digitale Schiene. In: Der Eisenbahn ingenieur 10/2023, S. 60-64. https://www.digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/2310_El_Artikel_CTMS_K%C3%BCpper.pdf

[3] Skowron, Frank; Treydel, Roman: Blöcke waren gestern – Chancen einer zugzentrischen LST. In: Der Eisenbahningenieur 11/2022, S. 34-37. https://www.digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/34_39_Skowron_Treydel_neu.pdf

[4] Schmidt, Steffen; Grabowski, David: Das „ETCS-Stellwerk“. In: Signal+Draht 10/2018, S. 29-39.

[5] Reference CCS Architecture (an initiative of the ERTMS Users Group and EULYNX Consortium), Baseline 1 Release 0, Zugriff über <https://3.basecamp.com/4168621/buckets/10801981/vaults/5370714746>

[6] EULYNX Initiative: EULYNX Concept, Baseline Set 4 Release 2, Zugriff über <https://eulynx.eu/resource-hub-documents/?ee=1&eeFolder=General-Documents%2FBaseline-set-4-Release-2&eeListID=1>

[7] Altmann, Stephan; Cichos, Moritz; Kopitzki, Matthias: Anwendung der Fahrdienstvorschrift für den digitalen Bahnbetrieb. In: Deine Bahn 10/2023, S. 18-25.

[8] Menne, Dirk; Kopitzki, Matthias; Nenne, Thomas; Möller, Phillip; Braun, Wolfgang: Das Betriebliche Zielbild als Basis für ein modernes und anwenderfreundliches Regelwerk. In: Deine Bahn 10/2021, S. 6-11. <https://www.digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/DeiBa-10-2021-Online-06-5B.pdf>

[9] Ried, Werner: Harmonisch durch Europa. In: Deine Bahn 3/2024, S. 6-13. <https://www.digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/HarmonischDurchEuropa-RiedDeiBa-03-2024-6-5B.pdf>

[10] Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess; Deutsche Fassung EN 50126-1:2017.

[11] Durchführungsverordnung (EU) 2019/773 der Kommission vom 16. Mai 2019 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union.

Summary

Advanced Digital Infrastructure - operational scenarios for robust railway operations of the future

With the ADI system development, Digitale Schiene Deutschland is planning a revolutionary development step in control and safety technology. The technical development goes hand in hand with a change in operational processes. To this end, operational scenarios are being defined, which are an essential starting point for system development and will be coordinated with European harmonisation efforts from the outset. The aim is to finalise the first set of scenarios by the end of 2024.

Sachgebiet 222 – Das neue Sachgebiet „Aufsicht“ im Referat 22 des Eisenbahn-Bundesamtes

Mit der Fortschreibung der gemeinsamen Sicherheitsmethoden DVO (EU) 2018/761 (im Weiteren: CSM Supervision) [2] und DVO (EU) 2018/762 (CSM Safety Management System, im Weiteren: CSM SMS) [3] ergaben sich neue Anforderungen an die nationalen Sicherheitsbehörden (NSB) hinsichtlich ihrer Aufsichtspflichten gegenüber den Eisenbahnunternehmen. Um diesen gerecht zu werden, gründete die deutsche NSB, das Eisenbahn-Bundesamt, das neue Sachgebiet 222 (Sg 222) innerhalb des Referats 22.



Neue Anforderungen an die Aufsicht durch das 4. Eisenbahnpaket

Mit Inkrafttreten des vierten Eisenbahnpaketes, insbesondere durch die Delegierten EU-Verordnungen CSM Supervision [2] und CSM SMS [3], welche die Vorgaben der Artikel 9, 10, 12, 16 und 17 der Richtlinie (EU) 2016/798 über die Eisenbahnsicherheit [1] präzisieren, rückt der Fokus der Aufsicht durch die NSB weiter in Richtung der Prüfung der Sicherheitsmanagementsysteme (SMS). Dies beinhaltet vermehrt risikobasierte Prüfungen (z.B. Audits) bezüglich der Wirksamkeit der Verfahren des SMS eines Eisenbahnverkehrsunternehmens (EVU) oder Eisenbahninfrastrukturbetreibers (EIU) zur fortlaufenden Erfüllung der Kriterien der Anhänge I und II der CSM SMS [3]. Der grundsätzliche Aufbau eines SMS kann der graphischen Darstellung der sogenannten „High-Level-Structure“ in Bild 1 entnommen werden.

Nationale Anforderungen an die Aufsicht des Eisenbahn-Bundesamtes

Die Eisenbahnaufsicht, inklusive ihres Teilgebiets Bauaufsicht gemäß § 5 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG), zielt in erster Näherung auf die Einhaltung der in § 4 Abs. (3) AEG verankerten Betreiberverantwortung, nämlich das sichere Bauen, Betreiben und Instandhalten von Eisenbahninfrastrukturen ab, und weist somit in der Regel die Charakteristik einer anlagenbezogenen Aufsicht auf.

Eine wichtige Erkenntnis der letzten Verfahren zur Verlängerung von Sicherheitsgenehmigungen (SiGe) war, dass die Eisenbahnaufsicht dem Eisenbahn-Bundesamt gemäß § 5 AEG einen sehr guten Überblick über die Sicherheitsleistung des SMS eines EIU im Bereich der Kriterien 5.2. „Verwalten von Sachanlagen“ aus Anhang II der CSM SMS [3] lieferte, diese in Summe aber nicht hinreichend aussagekräftig war, um die Wirksamkeit und die damit verbundene Sicherheitsleistung des SMS in allen Bereichen der High-Level-Structure bewerten zu können. In Verbindung mit den Vorgaben des Anhangs I der CSM Supervision [2] ergab sich somit ein entsprechender Anpassungsbedarf an die Aufsichtsstrategie des EBA.

Anpassung der Aufsichtsstrategie des EBA

Die CSM Supervision [2] fordert von den NSB im Artikel 3 i. V. m. Anhang I die Anwendung eines Aufsichtsverfahrens, welches basierend auf einem PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) kontinuierlich zu verbessern ist. Aufsichtsstrategie und -pläne sind somit fortlaufend auf deren Wirksamkeit zu prüfen. Sollte hierbei Verbesserungsbedarf festgestellt werden, so ist die Wirksamkeit der Aufsichtsstrategie mittels geeigneter Korrekturmaßnahmen wiederherzustellen.

Aufgrund der Erkenntnisse der vorangegangenen Verfahren zur Verlängerung von SiGe und zur besseren Umsetzung der



Dipl.-Ing. Michael Tanz

Stellvertretender Leiter des Sg 222 im Referat 22 des Eisenbahn-Bundesamtes
tanzm@eba.bund.de

Vorgaben aus dem 4. Eisenbahnpaket optimierte das EBA seine Aufsichtsstrategie im Jahr 2023.

Zum einen wurde ein abteilungsübergreifendes Schnittstellenpapier erstellt, welches unter anderem folgende Inhalte regelt:

1. eine inhaltliche Schnittstelle zwischen dem Verfahren zur Genehmigung der SiGe- und der behördlichen Aufsicht über das SMS (Wie werden Kriterien, die mit verbleibenden Bedenken für die Aufsicht bewertet wurden, in die SMS-Aufsicht eingebunden?),
2. eine inhaltliche Schnittstelle zwischen der SMS-Aufsicht und dem Verfahren zur Verlängerung der SiGe (Wie werden die Erkenntnisse der SMS-Aufsicht im anschließenden Verlängerungsverfahren eingebunden?),
3. die Zusammenarbeit und Kommunikationskanäle der an der Aufsicht beteiligten Organisationseinheiten des EBAs, insbesondere die Referate 21, 22, 33.



1: Sicherheitsmanagementsystem gemäß Anhang I und II CSM SMS [3] aus [5]

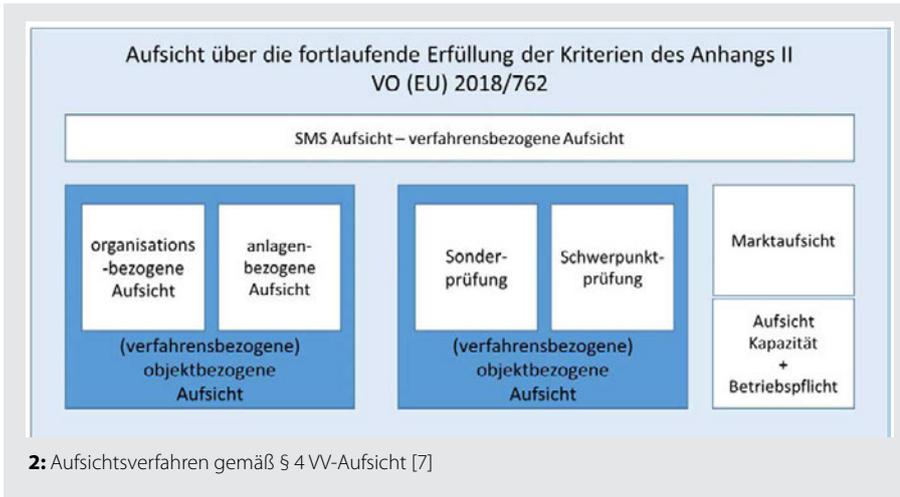
Zum anderen wurden mit der Fortschreibung der Verwaltungsvorschrift VV Aufsicht (ehemals VV Überwachung) [7] die Grundsätze der Aufsicht der Abteilung 2 „Infrastruktur“ an die Vorgaben der CSM Supervision [2] angepasst. Eine zentrale Änderung hierbei ist, dass nun die Aufsicht über die fortlaufende Erfüllung der Kriterien des Anhangs II der CSM SMS [3] übergeordnet dargestellt wird (siehe Bild 2). Die klassischen und etablierten Arten der Eisenbahnaufsicht des EBA (inkl. Bauaufsicht)

gemäß § 5 AEG stellen somit, wie bereits erläutert, eine Teildisziplin der SMS-Aufsicht dar und liefern Bottom-up-Aufsichtserkenntnisse, die im Rahmen der Reifegradbewertung der SMS berücksichtigt werden.

Auswertung der SMS-Aufsicht mittels Reifegradmodell

Die fortlaufende Bewertung der Sicherheitsleistung der SMS der EIU erfolgt durch das von der Eisenbahagentur der

Europäischen Union bereitgestellte Reifegradmodell anhand der Vorgaben des zugehörigen Leitfadens „Das Management-Maturity-Modell“ [6]. Hierbei werden die jährlichen Aufsichtsergebnisse der an der SMS Aufsicht beteiligten Organisationseinheiten des EBA gebündelt und hierbei den einzelnen Kapiteln der Anforderungen der CSM SMS zugeordnet. Ein exemplarisches Ergebnis einer Reifegradbewertung ist in Bild 3 dargestellt. Unterschieden werden hierbei fünf Leistungsstufen (von Stufe 1



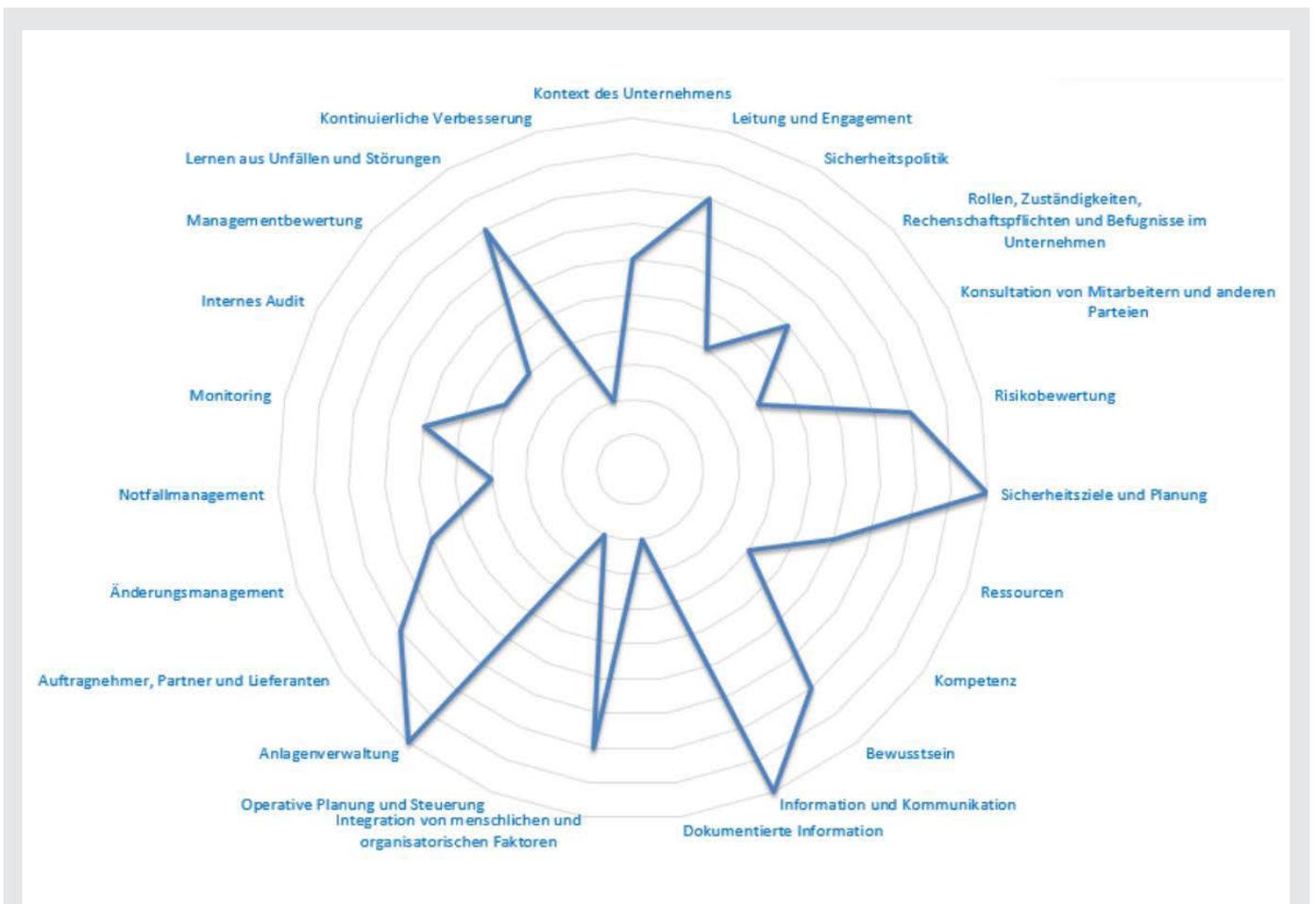
cherheitsleistung zu berücksichtigen (siehe Kriterium 7.1.2. a. Anhang II CSM SMS [3]). Ferner bieten die Aufsichtsergebnisse der NSB die Möglichkeit, ihre Aufsichtspläne risikobasiert zu gestalten und Themenbereiche mit geringer Reife in den Fokus zu rücken, um die begrenzten Aufsichtsressourcen mit einer möglichst großen Wirkung auf die Steigerung der Sicherheitsleistung einzusetzen. Über mehrere Aufsichtszyklen hinweg entsteht somit ein aussagekräftiges Bild, wie sich die Sicherheitsleistungen in den einzelnen Teilgebieten eines SMS entwickeln. Diese Erkenntnisse fließen dann wiederum als Entscheidungsgrundlage der NSB in die nächsten Verfahren zur Verlängerung der SiGe ein.

Gründung des Sachgebiets Sg 222

Um den zuvor beschriebenen Anforderungen im Referat 22 optimal gerecht zu werden und die zugehörigen Verfahren praxisnah umsetzen zu können, bedurfte es einer entsprechenden organisatorischen Um-

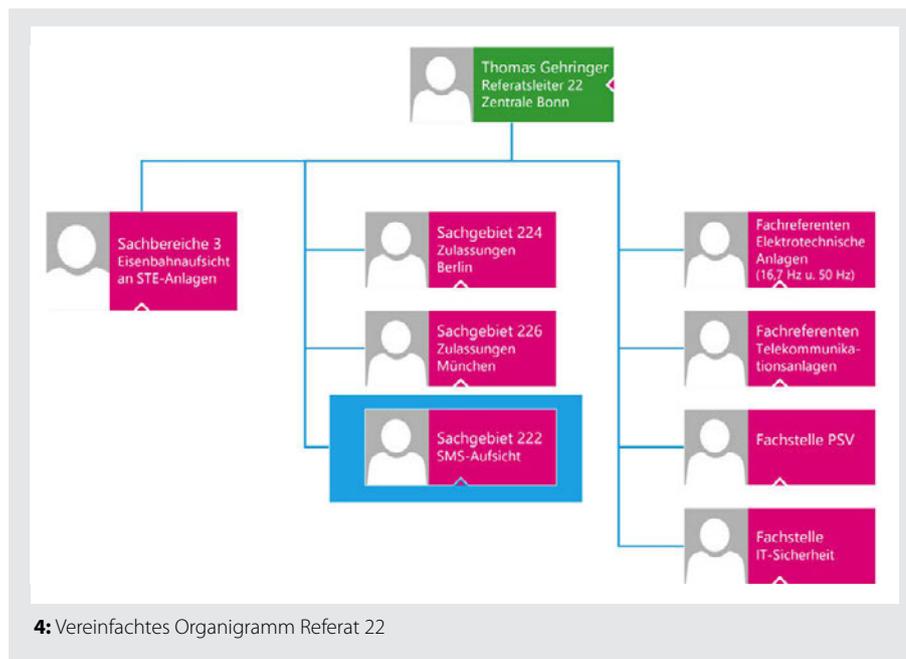
„unzureichend“ bis Stufe 5 „exzellent“). Verbesserungswürdige Anforderungen mit einer geringen Reife sind im Zentrum des Radardiagramms zu finden. Kriterien, die eine hohe Reife aufweisen, sind am Rande des Radardiagramms verortet.

Somit werden den EIU jährliche Einschätzungen der NSB bezüglich der Reife ihrer SMS zur Verfügung gestellt. Diese Aufsichtsergebnisse sind durch die EIU im Rahmen der Fortschreibung ihrer SMS im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung der Si-



3: Beispielhaftes Radardiagramm zur Reifebewertung eines SMS

© 2024 DVV Media Group GmbH. Nur zum persönlichen Gebrauch, eine Weitergabe ist ohne Genehmigung des Verlags strengstens untersagt.



4: Vereinfachtes Organigramm Referat 22

strukturierung, aus welcher die Gründung des Sg 222 resultierte.

Strukturelle Eingliederung des Sg 222 ins Eisenbahn-Bundesamt

Im Folgenden soll zunächst die Organisationsstruktur des Eisenbahn-Bundesamtes bezüglich der Aufsichtspflichten gegenüber den Eisenbahnunternehmen im Sinne der CSM Supervision [2] überblicksartig dargestellt werden.

Die Umsetzung der Aufsichtspflichten obliegt im Eisenbahn-Bundesamt den Abteilungen 2 „Infrastruktur“ und 3 „Fahrzeuge und Betrieb“. Der Fokus der Abteilung 3 umfasst die Schwerpunkte Eisenbahnfahrzeuge, Gefahrguttransport, Arbeitsschutz sowie den Bahnbetrieb im Allgemeinen (eben auch im Bereich der EIU). Bezüglich der Eisenbahninfrastruktur unterteilt das Eisenbahn-Bundesamt seine Organisation innerhalb der Abteilung 2 wie folgt:

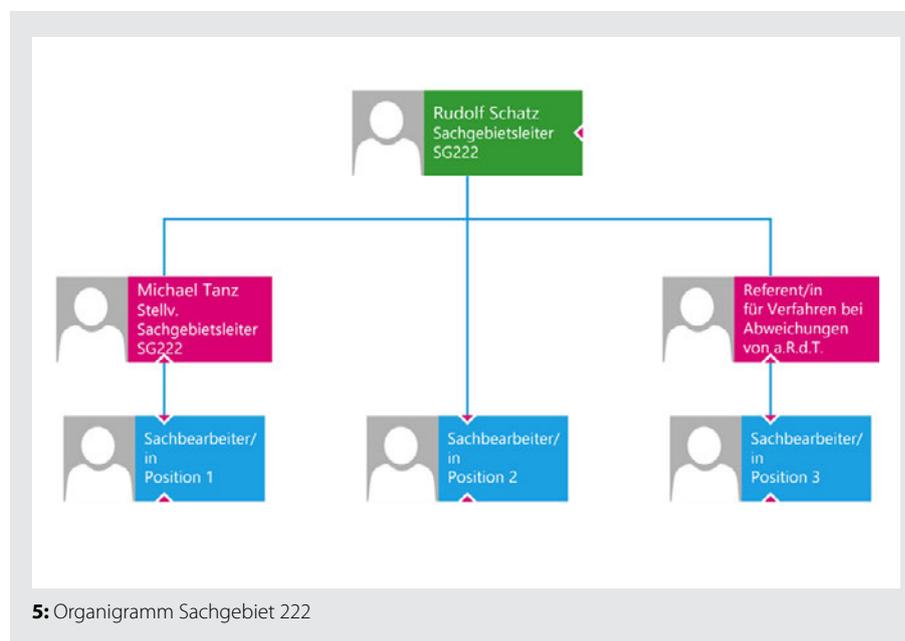
1. Referat 21 – Ingenieurbau, Oberbau, Hochbau (IOH-Anlagen)
2. Referat 22 – Signal-, Telekommunikations- und elektrotechnische Anlagen (STE-Anlagen)
3. Referat 23 – Aktive Kapazitätsüberwachung

Das Sg 222 ist aufgrund des fachlichen Bezuges zu den STE-Anlagen im Referat 22 angesiedelt (siehe Bild 4) und arbeitet im Rahmen seiner Aufgabenwahrnehmung insbesondere im Bereich der SMS-Aufsicht

inklusive der Aufsicht über Bau-, Betrieb- und Instandhaltung von STE-Anlagen eng mit den anderen Unterorganisationseinheiten des Referats 22 zusammen.

Organisatorisch setzt sich das Sg 222 aus den folgenden Rollen/Funktionen zusammen (siehe Bild 5):

1. ein/e Sachgebietsleiter/in Sg 222
2. ein/e stellv. Sachgebietsleiter/in Sg 222
3. Referent/in für Verfahren bei Abweichungen von den anerkannten Regeln der Technik
4. drei Sachbearbeitende im Sachgebiet 222



5: Organigramm Sachgebiet 222

Anforderungen an die Kompetenzen des Personals

Die Kompetenzanforderungen für die Ausübung der einzelnen Rollen/Funktionen ergeben sich direkt aus den Vorgaben des Artikels 6 der CSM Supervision [2]. So sind neben der fachtechnischen Ausbildung im Bereich der STE-Anlagen auch Kompetenzen in den Bereichen „Funktionsweise des Eisenbahnsystems“ und „Bewertung von Managementsystemen“ notwendig.

Aufgaben des Sg 222

Die Aufgaben des Sg 222 sind im Geschäftsverteilungsplan des EBA wie folgt festgeschrieben und umfassen somit folgende Themen (nicht abschließend):

1. Unterstützung des federführenden Referats 21 im Zusammenhang mit der Erteilung von SiGe (Anerkennung, Verlängerung, Einschränkung etc.) gemäß der Empfehlung (EU) 2019/780 [4]
2. Koordinierung der SMS-Aufsicht und Auswertung der Aufsichtsergebnisse des Referats 22 unter Einbeziehung sämtlicher Unterorganisationseinheiten (Sachbereich 3, Sachgebiet 224/226, Fachstellen des Referats 22 TK/E/IT-Sec)
3. Koordinierung und Auswertung der Ergebnisse der Teildisziplinen Bau- und Eisenbahnaufsicht (Bottom-up-Ergebnisse, insbesondere für die Kriterien 5.2 „Verwenden von Sachanlagen“ aus dem Anhang II der CSM SMS [3])

4. Beteiligung an der Fortschreibung im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses bei
 - a. der Aufsichtsstrategie des EBA im Sinne des Anhang I CSM Supervision [2]
 - b. den Verwaltungsvorschriften des Referats 22 bzw. der Abteilung 2
5. Bearbeiten von Anträgen bei Abweichungen von den anerkannten Regeln der Technik (§ 2 Abs. 2 EBO) über Anlagen des Fachgebietes (z. B. Zustimmungen im Einzelfall)

Ausblick

Mit der Gründung des Sg 222 stellte sich das Referat 22 bzgl. seiner Aufsichtstätigkeit neu auf. Das erklärte Ziel hierbei ist, die Aufsicht über die Wirksamkeit der SMS der EIU zu stärken, ohne die Teildisziplinen Bau- und Eisenbahnaufsicht im Sinne des AEG zu schwächen.

Durch die zentrale Koordinierung der Aufsicht werden erstmals sämtliche Aufsichtstätigkeiten des Referats 22 inkl. Unterorganisationseinheiten zur Reifebewertung des SMS der EIU herangezogen. Die Aufsichtserkenntnisse sind durch die EIU im Sinne des Kriteriums 7.1.2 a) des Anhangs II CSM SMS [3] zu berücksichtigen. Die Aufsichtsergebnisse der SMS-Aufsicht sind somit wichtige Inputgrößen für die kontinuierliche Verbesserung und der damit verbundenen sukzessiven Erhöhung der Sicherheitsleistung der SMS der EIU.

Durch die konsequente Anwendung des Reifegradmodells zur fortlaufenden Bewertung der Sicherheitsleistung der SMS ergeben sich Synergieeffekte im Rahmen von Verfahren zu Verlängerung der SiGe, da sich die Genehmigungsbehörde im Rahmen der Entscheidungsfindung vermehrt auf Aufsichtsergebnissen stützen kann, womit auch eine deutliche Beschleunigung dieser Verfahren einhergehen sollte.

Das Hauptaugenmerk des Wirkens des Sg 222 liegt aktuell darin, die angestrebten Aufsichtsverfahren innerhalb des Referats 22 zu etablieren. Diese werden zukünftig bezüglich ihrer Wirksamkeit fortlaufend geprüft und bei Bedarf fortgeschrieben. Ein erster wichtiger Schritt in Richtung einer Aufsicht, welche die Wirksamkeit des SMS eines EIU in den Mittelpunkt rückt, ist somit im Referat 22 erfolgt.

Diese Art der Aufsicht gibt sowohl den EIU als auch den NSB die Möglichkeit, die Entwicklung der SMS in Bezug auf die sukzessive Erhöhung der Sicherheitsleistung aktiv voranzutreiben und somit zukünftig

einen weiteren wichtigen Beitrag zur Sicherheit des Bahnbetriebs zu leisten.

Zusammenfassung

Mit der technischen Säule des 4. Eisenbahnpakets wurden die gemeinsamen Sicherheitsmethoden „CSM Supervision“ [2] sowie „CSM SMS“ [3] seitens der europäischen Kommission fortgeschrieben. Im Zusammenwirken dieser beiden CSM ergaben sich neue Anforderungen an die Aufsicht der nationalen Sicherheitsbehörden (NSB).

So ist nach der CSM Supervision [2], die zentrale Anforderung an die NSB, bei den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) sowie den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) fortlaufend die Einhaltung der Kriterien der Anhänge I und II der CSM SMS [3] zu überprüfen. Diese Anhänge regeln die Inhalte der jeweils in den Unternehmen zu etablierenden Sicherheitsmanagementsysteme (SMS). Im Falle von festgestellten Nichtkonformitäten hat die NSB geeignete Maßnahmen zur Verbesserung des SMS mit den EVU/EIU abzustimmen oder gegebenenfalls behördlich anzuordnen.

In Deutschland obliegt die Aufgabe der Aufsicht über die Eisenbahnunternehmen, die in den Anwendungsbereich des 4. Eisenbahnpakets fallen, dem Eisenbahn-Bundesamt. Um den neuen Anforderungen an die Aufsicht gerecht zu werden, gründete das Referat 22 das Sachgebiet 222 (Sg 222).

Das Tätigkeitsspektrum des Sg 222 bündelt hierbei die etablierten und zumeist anlagenbezogenen Teildisziplinen der Beaufsichtigung von Bau, Betrieb und Instandhaltung von Signal-, Telekommunikations- und elektrotechnischen Sachanlagen mit der Beaufsichtigung der Wirksamkeit der SMS der EIU ganzheitlich zur SMS-Aufsicht.

Somit rückt der Fokus der Aufsicht vermehrt in Richtung der SMS der EIU, ohne die Beaufsichtigung der Sachanlagen als Teildisziplin zu vernachlässigen. Mit dem neuen Sg 222 ist das Referat 22 zukünftig organisatorisch bestmöglich aufgestellt, um seiner Aufgabe der SMS-Aufsicht im Rahmen der ganzheitlichen Aufsichtsstrategie des Eisenbahn-Bundesamtes im Sinne des Anhangs I der CSM Supervision [2] nachzukommen. •

Literatur

[1] Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11.05.2016 über Eisenbahnsicherheit.

[2] Delegierte Verordnung (EU) 2018/761 der Kommission vom 16.02.2018 zur Festlegung gemeinsamer

Sicherheitsmethoden für die Aufsicht durch die nationalen Sicherheitsbehörden nach Ausstellung einer einheitlichen Sicherheitsbescheinigung oder Erteilung einer Sicherheitsgenehmigung (CSM Supervision).

[3] Delegierte Verordnung (EU) 2018/762 der Kommission vom 08.03.2018 über gemeinsame Sicherheitsmethoden bezüglich der Anforderungen an Sicherheitsmanagementsysteme (CSM SMS).

[4] Empfehlung (EU) 2019/780 der Kommission vom 16.05.2019 über praktische Festlegungen für die Ausstellung von Sicherheitsgenehmigungen für Infrastrukturbetreiber.

[5] Leitfaden: „Anforderungen an das Sicherheitsmanagementsystem für die Sicherheitsbescheinigung oder die Sicherheitsgenehmigung – Version 1.3“; S. D'Albertanson, C. Lagaize Davoine, A. Patacchini; European Union, Agency for Railways; 26.04.2021.

[6] Leitfaden: „Das Management-Maturity-Modell - Version 1.0“; S. D'Albertanson, European Union, Agency for Railways; 29.06.2018.

[7] VV Aufsicht - Verwaltungsvorschrift über die Aufsicht von Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen, Version 1.1: Eisenbahn-Bundesamt Bonn den 01.09.2023.

Summary

Subject area 222 – the new subject area “supervision” in department 22 of the Federal Railway Authority

When applying the technical pillar of the 4. Railway Package, the common safety methods “CSM Supervision” [2] as well as “CSM SMS” [3] were updated by the European Commission. In cooperation with these two CSM, new requirements on the national safety authority (NSB) occurred. According to CSM Supervision, the central requirement for the NSB is to continuously verify compliance with the Annex II and 2 of CSM SMS at the railroad undertakings (EVU) as well as the railroad infrastructure undertakings (EIU). These annexes regulate the content of the safety managements systems (SMS) to be established in each company. In case of any non-conformities, NSB has to coordinate suitable measures to improve the SMS with EVU/EIU or if necessary, order them from the authorities. In Germany, the Federal Railway Authority is responsible for the supervision of the railroad undertakings which belong to the application field of the 4th Railway Package. In order to meet the new requirements for supervision, the department 22 founded the subject area 222 (Sg. 222). The range of activities of the subject area 222 bundles the established and mostly system-related sub-disciplines of supervision such as construction, operation and maintenance of signaling, telecommunication and electrotechnical assets including the control of the effectiveness of the SMS of the EIU holistically to SMS control. So, the focus of the authority is increasingly shifting towards the EIU SMS without neglecting the supervision of property, plant and equipment.

Neue Lösungen für den Verkehr von morgen

Als umweltfreundlichstes Verkehrsmittel wird das System Bahn auch in Zukunft eine führende Rolle beim Transport von Personen und Gütern spielen. Bei der Gestaltung zukünftiger Lösungen spielt der Aspekt „Mobility as a Service“ insbesondere über die Möglichkeiten neuer Kommunikationstechnologien und globaler digitaler Vernetzung hinaus eine bedeutende Rolle, da zunehmend „Tür-zu-Tür“-Lösungen von Reisenden und Logistikkunden gefordert werden. Insbesondere die Reduzierung des individuellen Straßenverkehrs, aber auch die weitere Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene muss im intermodalen „Tür-zu-Tür“-Verkehr weiter vorangetrieben und nach neuen Lösungsansätzen gesucht werden.



Dies hat sich das von der EU im Rahmen des ERJU-Programms geförderte Projekt Pods4Rail zum Ziel gesetzt, in dem die seit Jahren von verschiedenen Akteuren initiierte Idee darin besteht, neue Verkehrsmittel für einen digitalisierten, autonomen Mobilitätsservice und eine durchgängige Transportkette von „Tür zu Tür“ für den Bereich des Schienenverkehrs einzusetzen und eine Lösung für den intermodalen Transport sowohl für Passagiere als auch für Güter zu schaffen und so zur notwendigen Transformation des europäischen Schienenverkehrs beizutragen. 15 Partner aus sieben europäischen Ländern forschen an diesem im September 2023 gestarteten und 30 Monate laufenden Projekt.

Wichtigstes Ziel des Projektes ist es, das bestehende Schienenverkehrsnetz zu nutzen und mit anderen Verkehrsmitteln für den intermodalen Verkehr sinnvoll zu verknüpfen. Die Herausforderungen, die unter den heutigen Gegebenheiten an den Verkehr gestellt werden, sind vielfältig und einem starken Wandel unterzogen. Insbesondere die Forderung nach nachhaltigen Lösungen zum Transport von Personen und Gütern zwingt zum Umdenken und dem Entwickeln von neuen Ansätzen und Ideen für den Verkehr der Zukunft.

Vor allem die globalen Megatrends wie Umweltschutz und Klimawandel, De-

mografischer Wandel, Urbanisierung, Digitalisierung und Konnektivität zeigen Auswirkungen auf die Gestaltung des Verkehrs der Zukunft. Das Verkehrsmittel Eisenbahn nimmt hierbei für den Massentransport von Menschen und Gütern wie auch im Bereich des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) und individuellen Güterverkehrs eine exponierte Rolle ein. Die Eisenbahn gilt als wichtiger Treiber bei der Verfolgung des strategischen europäischen Ziels eines intelligenten, umweltfreundlichen und nachhaltigen Wachstums und soll als Rückgrat des gesamten europäischen Verkehrssystems dienen, da sie für weniger als 2% des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor verantwortlich ist [1]. Mit rund 200.000 km Schienennetz in der EU ist die Eisenbahn eines der wichtigsten und umweltfreundlichsten Verkehrsmittel, dessen Bedeutung weiter wächst und zu einem leistungsstarken, flexiblen, multimodalen und zuverlässigen, integrierten europäischen Eisenbahnnetz (TEN-V) ausgebaut wird.

Um diesen Mobilitätswandel zu bewältigen, kommt der Bahn die Aufgabe zu, in den nächsten Jahrzehnten einen größeren Anteil der Verkehrsnachfrage zu übernehmen und nachhaltige und intelligente Mobilitätskonzepte einzuführen, bei denen die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen



Dipl.-Ing. Dirk Winkler

Seit 2007 im Chief Technology Office von Siemens Mobility im Bereich Innovationsstrategie tätig. Seit September 2023 Projektkoordinator und Projektleiter des EU-geförderten Projekts Pods4Rail

dirk.winkler@siemens.com



Dr. Walter Struckl

Seit 2022 bei CTO Office von Siemens Mobility im Bereich innovative Lösungen und alternative Antriebsformen für die Mobilitätsanforderungen der Zukunft. Seit 2012 auch Lehrbeauftragter für Schienenfahrzeugtechnik an der Technischen Universität Wien und Gastdozent für digitale Themen im Bahnbereich

walter.struckl@siemens.com



Maria Traunmüller

Director Strategy and Innovation, moodley strategy & design group GmbH

maria.traunmueller@moodley.com

im Mittelpunkt stehen. Digitalisierung und Automatisierung werden dabei zu zentralen Themen für die Modernisierung des Gesamtsystems.

Herausforderungen an den Verkehr der Zukunft

Verkehr und hier auch der Eisenbahnverkehr sind stark von gesellschaftlichen Entwicklungen bzw. Trends abhängig. Ein seit Jahrzehnten prognostizierter Trend, der sich stark auf die Gestaltung des Verkehrswesens auswirkt, ist die zunehmende Urbanisierung, dem Wandern der Bevölkerung von ländlichen in städtische Gebiete. Seit Beginn der 2010er-Jahre stagniert allerdings in einigen Regionen Europas der Urbanisierungsgrad. Ursache für diese Stagnation sind steigende Kosten für das Wohnen in Städten, was dazu führt, dass vor allem Familien immer häufiger sich dafür entscheiden, teure Großstädte mit ihrer oft überlasteten Infrastruktur zu verlassen und ins ländliche Umland zu ziehen [2-7]. Gleichzeitig ist in weiten Teilen Europas weiterhin ein Niedergang ländlicher Gebiete zu beobachten, der mit einem demografischen Rückgang und Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur verbunden ist, z.B. der Abwanderung von Menschen und Unternehmen aus der ländlichen Peripherie. Dieser demografische Rückgang in ländlichen Gebieten wiederum führt zu generellen Problemen für die ländliche Gesellschaft. So nimmt die Zahl öffentlicher Dienste und Einrichtungen (z.B. Gesundheits-, Sozialdienste) ab, ebenso die Versorgung mit alltäglichen Bedarfsgütern und der öffentliche Nahverkehr [8]. Diese Entwicklung schlägt sich nicht zuletzt darin nieder, dass der Anteil älterer Menschen in ländlichen Regionen Europas weit höher ist als der jüngerer [9]. Dies korreliert mit dem

anhaltenden Trend einer älter werdenden Bevölkerung in Europa [10].

Beide Trends, Urbanisierung und Desurbanisierung, sowie demografischer Wandel, werden flankiert durch Herausforderungen, die sich aus den Bedürfnissen des Umweltschutzes ergeben. Das Reduzieren von Emissionen sowie des Energieverbrauchs bleiben zentrale Forderungen von Gesellschaft und Politik mit Auswirkungen auf den Verkehrsbereich. So beinhaltet der European Green Deal die Verpflichtung, die EU bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Im Verkehrsbereich fordert der European Green Deal eine Reduzierung um 90% Treibhausgasemissionen [11]. Zugleich zeichnet sich die Eisenbahn als Verkehrsmittel dadurch aus, dass sie aufgrund ihrer hohen Effizienz mehr fossile Energieträger einspart, als sie erzeugt. Als umweltfreundlichstes Verkehrsmittel ist die Eisenbahn für etwa 0,3% der direkten CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und für den gleichen Anteil (0,3%) der energiebedingten Feinstaubemissionen verantwortlich [12]. Neue Technik zum energieoptimierten Fahren, neue Energieversorgungs- und Antriebstechnik sowie im Bereich der Betriebsleittechnik werden dabei helfen, diese Werte weiter zu verbessern. Neben dem Reduzieren von Emissionen und dem Senken des Energieverbrauchs steht zunehmend auch der Landverbrauch bzw. die Versiegelung von Flächen im Fokus gesellschaftlicher Interessen. So schlägt die Bodenstrategie der EU vor, die Versiegelung landwirtschaftlicher und unbebauter Flächen möglichst zu vermeiden, und in erster Linie Flächen zu bebauen, die bereits versiegelt sind [13]. Gleiches ist auch für den Verkehr anzustreben. Zudem gibt es zunehmend Bestrebungen, den

motorisierten Individualverkehr in großen Städten einzuschränken und neue Modelle für das Leben in großen Städten zu entwickeln, die einer „Zero-Emission“ Strategie folgen [14-16].

Ein weiterer Aspekt, der das Nutzungsverhalten im Personenverkehr und hier im motorisierten Individualverkehr (MIV) wie auch dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) vor allem in Ballungsräumen beeinflusst, ist die ökonomische Situation der Bevölkerung, besonders der jungen Generation. Die im EU-Raum seit Jahren vorhandene hohe Jugendarbeitslosigkeit, die hohe Zahl prekärer Arbeitsverhältnisse und ein dadurch beschränkter finanzieller Rahmen, schlagen sich in der Nutzung von MIV und ÖPNV vor allem in der jungen Generation nieder [17-20]. So steht der Pkw als Eigentum zunehmend nicht mehr im Fokus junger Menschen in Großstädten [21, 22]. Auf der anderen Seite gibt es ein wachsendes Potenzial für Car Sharing-Angebote, die vor allem in Ballungsräumen genutzt werden [23]. Der Markt für „Shared-Mobility“-Angebote in Europa, der neben Mietfahrzeugen auch Taxis und gleichartige Fahrdienste umfasst, wurde in 2022 auf rund 70 Mrd. Euro geschätzt und könnte eine Größe bis 2030 von 150 bis 200 Mrd. Euro erreichen [24].

Nicht zuletzt wirken sich die beschränkten finanziellen Mittel im öffentlichen Raum auf den verfügbaren ÖPNV aus, so dass ein Erweitern des bestehenden Angebots gehemmt wird [25-28]. Erschwerend machen sich in den letzten Jahren drastisch steigende Energiekosten bemerkbar, die sich auf den Verkehrssektor auswirken. Demgegenüber stehen in Europa zunehmend Maßnahmen, vor allem das Angebot im Bereich der Eisenbahn als umweltfreundlichstes Transportmittel mit hoher Kapazität zu verbessern, etwa durch einen höheren Komfort,



**Jetzt
anmelden!**
[www.eurailpress.de/
anmeldung](http://www.eurailpress.de/anmeldung)

**Bleiben
Sie in der Spur!**
Mit dem Newsletter von
**Eurail
press**

ein an die Feinerschließungslinien (Nebenstrecken) angepasstes Angebot oder eine höhere Frequenz des Zugangebots [29].

Weiterhin spielt die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung von technischen Systemen und das Nutzen sogenannter „mobiler Dienste“ eine wesentliche Rolle bei der Gestaltung von Mobilitätsangeboten. Studien zeigen, dass der On-Demand-Verkehr, bei dem die Fahrgäste den Transportwunsch über eine App anfordern können, eine Schlüsselrolle spielen kann, den ÖPNV künftig attraktiver zu machen [30]. Bereits heute sind zahlreiche mobile Dienste (Apps) für den Nutzer des ÖPNV nicht mehr wegzudenken. Die weiterführende Digitalisierung im Bereich der Eisenbahn bietet ein hohes Potenzial, die Effizienz des Systems zu verbessern. Es wird prognostiziert, dass autonom fahrende Fahrzeuge die Betriebskosten im Güterverkehr um etwa 50% verringern würden. Generell wird geschätzt, dass die Digitalisierung, z.B. durch das Einführen fahrerloser Triebfahrzeuge, durch Real-Time-Operation-Zentren oder vollautomatische Fahrplangestaltung, die Betriebskosten der Bahnbetreiber um mindestens 15% senken könnte [31]. Diese technisch getriebenen Trends zur Verbesserung des Systems Eisenbahn werden zudem dabei helfen, den Mangel an Fachkräften in der EU, hier im Besonderen ausreichend qualifiziertes Personal zum Betrieb der Eisenbahnen, zu entschärfen [32]. So ist der Bahnsektor derzeit mit einem Mangel an Lokführern konfrontiert und ein großer Teil der Belegschaft wird voraussichtlich in den nächsten zehn Jahren in den Ruhestand gehen [33].

Neben einigen der genannten sieht sich der Güterverkehr mit weiteren Herausforderungen konfrontiert. Veränderte und zunehmend wachsende Warenströme im Lieferverkehr infolge des geänderten Konsumverhaltens der Gesellschaft werden in Zukunft die Anzahl der Verkehre mit kleinen und kleinsten Liefereinheiten weiter ansteigen lassen [34-36]. Dies äußert sich bisher ausschließlich in Straßentransporten. Der heutige Modal Split mit 75% Straßengüterverkehr, 18% Schienengüterverkehr und 7% Güterverkehr mit der Binnenschifffahrt muss sich generell zugunsten eines umweltfreundlicheren Eisenbahngüterverkehrs wandeln. Bis 2030 wird bereits jetzt angestrebt, den Anteil des Eisenbahngüterverkehrs in der EU auf 30% anzuheben [37]. Eine weitere Steigerung des Anteils des Eisenbahngüterverkehrs und hier besonders im Bereich der letzten

Meile kann nur mit neuen, innovativen Konzepten erfolgen. Insbesondere eine Verbesserung intermodaler Angebote ist hier notwendig. [38].

Der Weg zu einem neuen Schienenverkehr

Alle diese Aspekte stellen den Personenverkehr wie auch den Güterverkehr vor anspruchsvolle Herausforderungen. Dementsprechend gilt es, neue Angebote im Bereich Verkehr zu entwickeln, die auf die Bedürfnisse der Bevölkerung wie auch der Wirtschaft eingehen und unter ökologischen Aspekten ausgestaltet sind. Durch optimale Nutzung bestehender Verkehrssysteme oder Reduzierung von Neubauten auf ein Minimum können der Flächenverbrauch eingedämmt und Ökosysteme für zukünftige Generationen geschützt werden. Unter Berücksichtigung des Schaffens nachhaltiger Verkehrssysteme, die Ressourcen schonen und Emissionen minimieren, können neue Ansätze helfen, den Verkehr der Zukunft zu gestalten. Aus verkehrsökonomischer Sicht ist es von Bedeutung, dass sich die Vorteile der unterschiedlichen Verkehrsträger entfalten können und dort eingesetzt werden sollten, wo sie am besten geeignet sind. Den schienengebundenen Systemen kommen aufgrund ihrer Massenleistungsfähigkeit für eine nachhaltige Mobilität eine besondere Bedeutung zu.

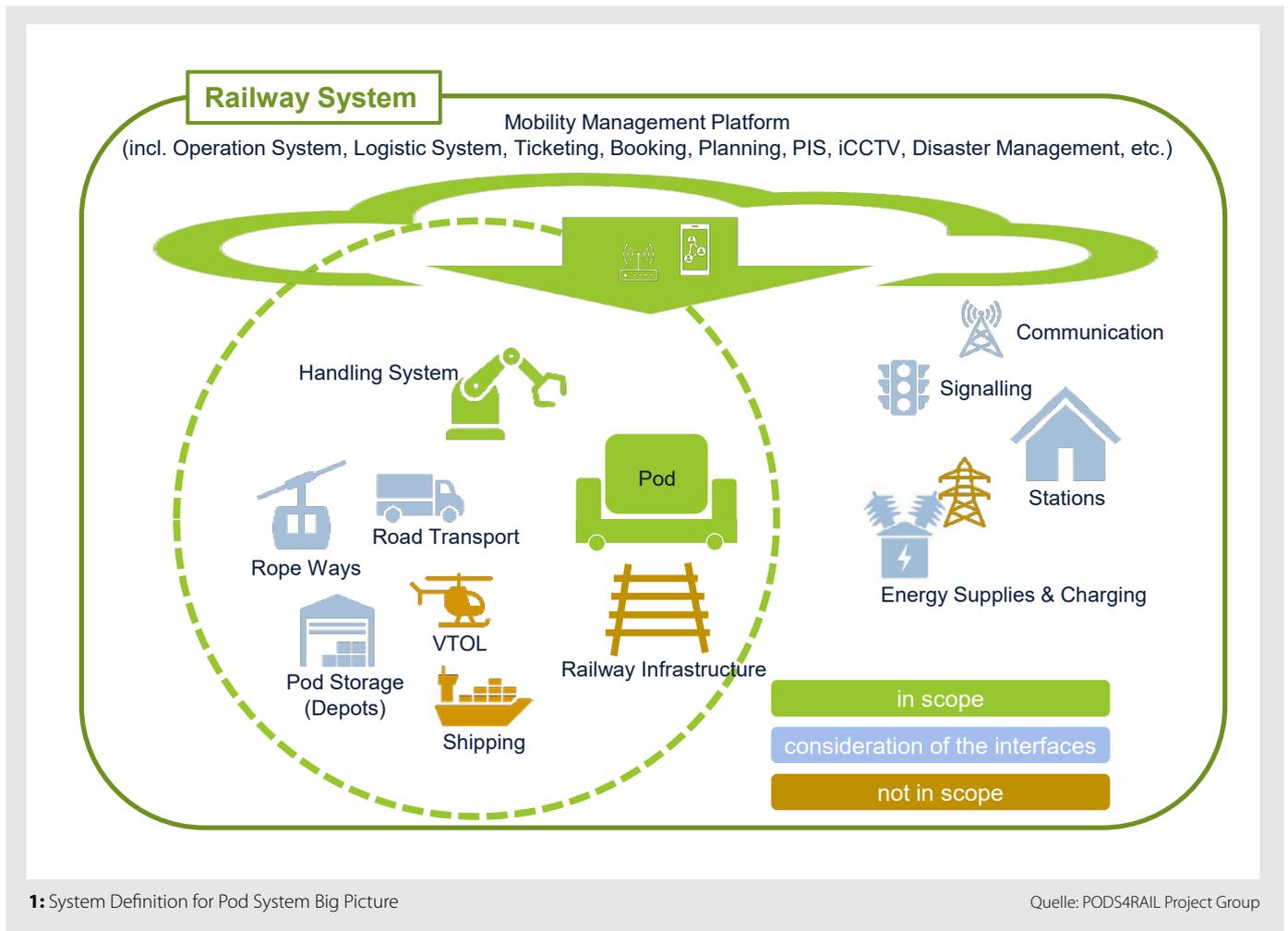
Aus diesem Grund entstand die Idee, ein System zu schaffen, das einerseits den vorhandenen Verkehrsträger Eisenbahn stärkt sowie andere Verkehrsträger, z.B. die Straße oder Seilbahnen nutzt, diese jedoch auf einem weiterentwickelten und auch neuen Weg verknüpft [39, 40]. Die Lösung hierfür könnte ein Pod-System für den Bahnbetrieb sein, wie es in der Rail Strategic Research and Innovation Agenda 2020 des European Rail Research Advisory Council (ERRAC) vorgeschlagen wird [41]. Das Konzept der nachhaltigen und intelligenten Mobilität kann zwischen den Verkehrsträgern eine Brücke bauen, weil es ein vorteilhafteres Gesamtsystem für alle schafft und zunächst die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen in den Mittelpunkt stellt (und nicht nur einzelne Verkehrsmittel optimiert). Das System besteht aus einer autonom operierenden, elektrisch angetriebenen Fahrzeugplattform und spezifischen Transporteinheiten für Personen oder Güter, welche voneinander trennbar sind, aber während des Transportes in einer Einheit (dem Pod) gekoppelt werden. Die Steuerung des Systems übernimmt das

Mobility Management System (MMS), das alle Aspekte für Betrieb und Logistik sowie des Mobility-on-Demand-Angebots für den autonomen, operativen Betrieb sicherstellt. Diese Systemarchitektur stellt damit eine neue Form des Mobilitätsangebotes dar und könnte das Verkehrskonzept der Zukunft sein. Pods könnten dazu genutzt werden, den Schienenverkehr durch höhere Flexibilität und Effizienz besser an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen und bei gleichbleibender Nutzung der bestehenden oder zu reaktivierenden Schieneninfrastruktur einen bedarfsgerechten Schienenverkehr umzusetzen.

Mit diesem Ansatz soll eine nachhaltige Lösung geschaffen werden, die dazu beitragen kann, Ressourcen zu schonen, indem das Transportmittel vom Transportbehälter einerseits getrennt wird, andererseits ein Mobility Management System (MMS) dabei hilft, den Transport von Personen oder Gütern „On-Demand“ zu gewährleisten bei gleichzeitig optimierter Nutzung von Transportmittel und Transportbehälter. Zugleich soll das MMS dazu beitragen, den Verkehr attraktiver und bequemer zu gestalten, indem z.B. Personen während ihrer Reise vom Ausgangs- zum Endpunkt das Transportmittel nicht mehr wechseln müssen.

Bei der angestrebten Lösung liegt das Augenmerk sowohl auf dem Individualverkehr wie auch dem öffentlich genutzten Verkehr im Bereich des Personenverkehrs, sowie dem Güterverkehr in seinen unterschiedlichen Ausprägungen. Das Schaffen eines vollständig autonom agierenden Transportsystems kann zudem dazu beitragen, die Kostenposition im Bereich Eisenbahn zu verbessern und dem Mangel an ausreichend ausgebildetem Personal zu begegnen. Die Schlüsselrolle von Digitalisierung und Lösungen mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (KI), um Mobilität effizienter, nachhaltiger und erschwinglicher zu gestalten, wurde bereits erkannt. Aber auch die Sicherheit und Barrierefreiheit kann durch die Einführung von digitalen Technologien erheblich verbessert werden.

Ziel des Projektes ist es, bis 2026 zu untersuchen, ob ein solches System umsetzbar ist und konkrete Grundlagen für einen digitalisierten, automatisierten Mobilitätsservice und eine durchgängige „Tür-zu-Tür“-Transportkette auf Basis des Schienenverkehrs zu schaffen und so zur notwendigen Transformation der europäischen Eisenbahnsysteme beizutragen. Neben der Untersuchung möglicher An-



wendungsfälle und der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit werden Grundlagen für die Entwicklung eines solchen Systems geschaffen, die eine spätere Umsetzung und den Aufbau eines Demonstrators ermöglichen sollen. Grundlage hierfür ist ein interdisziplinärer Ansatz im Rahmen des von der EU geförderten Projektes Pods4Rail innerhalb des Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU), an dem 15 Partner aus den Bereichen Verkehrswissenschaft, Logistik, Digitalisierung, Schienenfahrzeugtechnik und Bahnbetrieb beteiligt sind.

Ein disruptives Konzept

Die Entwicklung eines solchen neuartigen intermodalen oder „supermodalen“ Systems erfordert einen teilweise disruptiven Ansatz, um es für bestehende Infrastrukturen und Transportmittel nutzen zu können. Die Idee eines autonom fahrenden Fahrzeugs (Pod), bestehend aus der Antriebseinheit (Carrier) und den Transportbehältern (Transport Unit), die jeweils

für die unterschiedlichen Transportanforderungen ausgelegt sein müssen, der uneingeschränkte Wechsel dieser von einem Transportmittel auf ein anderes, mittels Umladevorrichtung, sowie der Betrieb und die notwendige Logistik können nur durch neue Lösungen erreicht werden. Der autonome Betrieb von Fahrzeugen erfordert ein neuartiges Betriebssystem, das einerseits die technischen Lösungen für das autonome Fahren enthält und andererseits eine intelligente Steuerung und Disposition von Fahrzeugen ermöglicht, die miteinander kommunizieren und bei Bedarf virtuell gekoppelt sind. Für den Betrieb und die Logistik ist ein hochkomplexes Mobilitätsmanagementsystem erforderlich, das einerseits die Disposition und den Betrieb steuert, die Logistik von Wechselbehältern und angetriebenen Transporteinheiten sowie alle Aspekte des Buchens und Bezahlers der Transporte, das Abrechnen von Logistikkosten sowie Sicherheitsaspekte und Notfalleinsätze gewährleistet. Das hohe Sicherheitslevel des Systems wird

vor allem durch aktive Sicherheitsmaßnahmen erreicht. Dadurch könnte die passive Sicherheit, die sich im Wesentlichen im Crash-tauglichen Design des Fahrzeugs widerspiegelt, reduziert werden und Fahrzeuge leichter gebaut werden.

Bild 1 verdeutlicht den Systemansatz und die im Rahmen des Projektes zu berücksichtigenden Abhängigkeiten. Ausgehend von der Idee, die vorhandene Schieneninfrastruktur zu nutzen, müssen zahlreiche Schnittstellen berücksichtigt werden, wie beispielsweise die Art der Energieversorgung, vorhandene Kommunikationstechnologien, aber auch die Gestaltung von Bahnhöfen, Lagermöglichkeiten und die technischen Schnittstellen weiterer in das Konzept einzubeziehender Verkehrsmittel. Andere Verkehrsmittel wie beispielsweise Hyperspeed-Systeme, Magnetschwebebahnssysteme, Überseeschifffahrt, Binnenschifffahrt, Luftverkehr oder Schwebbahnen werden vorerst nicht berücksichtigt. Diese Verkehrsmittel sind wesentlicher Bestandteil des Transportsystems und können

in einer späteren Entwicklungsphase eines Pod-Systems einbezogen werden.

Vordergründig zielt der Ansatz darauf ab, kostengünstige und effiziente Transportdienstleistungen bereitzustellen, ohne die bestehende Schieneninfrastruktur zu beeinträchtigen. Die Entwicklung des Pod-Systems wird auf die europäische Topologie der Verkehrsnetze zugeschnitten und soll den Transportbedürfnissen der europäischen Mitgliedsländer gerecht werden. Grundlegende Annahmen und Ergebnisse können auch auf den breiteren globalen Transportmarkt angewendet werden. Das Hauptziel besteht darin, zu untersuchen, wie ein solches System für den Schienenverkehr umgesetzt werden kann, wobei die intermodalen Wechselmöglichkeiten auf den Straßentransport oder Seilbahnsysteme berücksichtigt werden.

Zukunft oder Science Fiction

Das Einführen eines solchen disruptiven Konzepts, das Schaffen von Konnektivität, also einer stärkeren Verknüpfung der einzelnen Verkehrsmittel, erfordert eine Verhaltensänderung der Mobilitätsnutzer. Die Idee einer individuell buchbaren und nutzbaren Fahrgastkabine, die einen direkt vor der Haustür abholt und ohne Umsteigen an das gewünschte Ziel bringt, ist ein deutlicher Komfortgewinn. Ein solches System würde die Nutzung individueller Verkehrssysteme wesentlich reduzieren und die Nutzung des ÖPNV im Rahmen des Pod-Systems steigern. Aus dieser Perspektive lassen sich weitere integrative Modelle entwickeln, wie etwa das Einbinden der Transporteinheit in die persönliche Wohnumgebung, also als Teil eines modernen Hauses. Ein solches Konzept würde es zudem ermöglichen, Stellplätze für Autos zu reduzieren und dadurch die Raumnutzung nachhaltiger zu gestalten. Im Güterverkehr, der bereits teilweise intermodal ist, könnte das Pod-System neue Impulse im On-Demand-Verkehr, insbesondere in der Stückgut- oder Paketlogistik, setzen. Ein weiteres Ziel des Systems ist es, den Betrieb kostengünstiger und effektiver zu gestalten, zum einen durch autonomen, also fahrerlosen Betrieb, leichtere Fahrzeuge und die Anpassung der Signaltechnik, insbesondere auf Nebenstrecken, die nur von diesem System bedient werden. Die Herausforderung für das Projekt liegt darin, die entsprechenden Lösungen zu entwickeln, aber auch im Umgang mit den bestehenden Vorschriften für den Eisenbahnbetrieb. ●



Förderhinweis

Gefördert durch die Europäische Union. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die des Autors bzw. der Autoren und spiegeln nicht notwendigerweise die Ansichten der Europäischen Union oder des Gemeinsamen Unternehmens für europäische Eisenbahnen wider. Weder die Europäische Union noch die Bewilligungsbehörde können für diese Ansichten verantwortlich gemacht werden.

Literatur

[1] CER/UIC: Rail Transport and Environment, Facts & Figures. Paris, 2015, pp. 11.
 [2] Lia Karsten: Counterurbanisation: why settled families move out of the city again. *Journal of Housing and the Built Environment* (2020) 35:429 - 442. <https://doi.org/10.1007/s10901-020-09739-3>.
 [3] Erika Sandow, Emma Lundholm: Leaving the City: Counterurbanisation and Internal Return Migration in Sweden. *European Journal of Population* (2023) 39:7. <https://doi.org/10.1007/s10680-023-09649-4>.
 [4] Hannah Ritchie, Max Roser: Urbanization. (2018). Published online. <https://ourworldindata.org/urbanization>
 [5] Michael Fabricius: Die Familien verlassen die Städte. in: *Welt.de*, 13. 3.2019. <https://www.welt.de/finanzen/immobilien/article190209511/IW-Studie-Die-Familien-verlassen-die-Staedte.html>, eingesehen: 29-09-2023.
 [6] Henger, Ralph; Christian Oberst: Immer mehr Menschen verlassen die Großstädte wegen Wohnungsknappheit. *IW-Kurzbericht* 20/2019. Institut der deutschen Wirtschaft, 2019.
 [7] Sabine Kinkartz: Germany: More people moving from cities to rural areas. *Deutsche Welle Online*, 09/14/2023; <https://www.dw.com/en/germany-more-people-moving-from-cities-to-rural-areas/a-66813375>, eingesehen: 29.09.2023.
 [8] Ahlmeyer, Florian; Kati Volgmann: What Can We Expect for the Development of Rural Areas in Europe? -Trends of the Last Decade and Their Opportunities for Rural Regeneration. In: *Sustainability* 2023, 15, 5485. <https://doi.org/10.3390/su15065485>.
 [9] Demography of Europe — statistics visualised. Eurostat, 2021, pp. 20.
 [10] Rural 3.0. A Framework For Rural Development. OECD, 2018, pp. 5.
 [11] Frederic Rudolph, Thorsten Koska, Clemens Schneider: *Verkehrswende für Deutschland*. Wuppertal, 2017.

[12] *The Future of Rail Opportunities for energy and the environment*. IEA, 2019, pp. 15.
 [13] *Questions and Answers on the EU Soil Strategy*. European Commission, Brussels, 17 November 2021.
 [14] Winkler, L., Pearce, D., Nelson, J. et al. The effect of sustainable mobility transition policies on cumulative urban transport emissions and energy demand. *Nat Commun* 14, 2357 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37728-x>.
 [15] Pozoukidou, Georgia; Angelidou, Margarita (2022). „Urban Planning in the 15-Minute City: Revisited under Sustainable and Smart City Developments until 2030“. *Smart Cities*. 5 (4): 1356–1375. doi:10.3390/smartcities5040069. ISSN 2624-6511.
 [16] Pozoukidou, Georgia; Chatziyiannaki, Zoi (18 January 2021). „15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia“. *Sustainability*. 13 (2): 928. doi:10.3390/su13020928. ISSN 2071-1050.
 [17] *Arbeitslosenquote im Euroraum bei 6,5 %*. Eurostat, euroindikatoren, 73/2023 – 30.6.2023.
 [18] Schulze Buschoff, Karin: *Atypische Beschäftigung in Europa*. WSI Study, Nr. 1. 2016.
 [19] Daniel Römer; Johannes Salzgeber: *Verkehrswende in Deutschland braucht differenzierte Ansätze in Stadt und Land*. *KfW Research*, Nr. 363, 11.1.2022 <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-363-Januar-2022-Verkehrswende.pdf>
 [20] Caroline Rozynek, Stefanie Schwerdtfeger, Martin Lanzendorf: The influence of limited financial resources on daily travel practices. A case study of low-income households with children in the Hanover Region (Germany). *Journal of Transport Geography* 100 (2022) 103329, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103329>.
 [21] Dender, Kurt van; Martin Clever: *Recent Trends in Car Usage in Advanced Economies – Slower Growth Ahead?* OECD. Paris, 2013.
 [22] *Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher*. Institut für Mobilitätsforschung. München. 2011.
 [23] [Emnid-Umfrage Elektroauto und Carsharing] Könnten Sie sich vorstellen, als nächstes Auto ... *Focus*. 2016, H. 16, S. 19.
 [24] Kersten Heineke, Benedikt Kloss, Timo Möller, Darius Scurtu: *Snapshot of the European car-sharing market*. McKinsey on Urban Mobility, 2022; <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/mckinsey-on-urban-mobility/snapshot-of-the-european-car-sharing-market>; eingesehen: 29.09.2023.
 [25] UITP / ADL: *The Future of Urban Mobility 2.0*. (Brussels) 2014.
 [26] *Financing public transport*. UITP. Geneve, 2013.
 [27] Claudia Nobis, Angelika Schulz, Katja Köhler, Fabian Bergk, Frank Dünnebel: *Studie Alltagsmobilität: Verlagerungspotenziale auf nichtmotorisierte und öffentliche Verkehrsmittel im Personenverkehr*. Berlin 2016, pp. 63 - 64.
 [28] María Luisa Delgado Jalon, Miguel Angel Sanchez de Lara, Vera Gelashvili: *Explanatory Factors for Public Transportation Financing Needs in Spain*. *Journal of Advanced Transport*. Volume 2019 | Article ID 1837628 | <https://doi.org/10.1155/2019/1837628>.
 [29] *Decarboner le Transport en France: La Voix du Ferroviaire*. [FIF, SNCF, Paris] 2023.
 [30] Svenja Polst, Patrick Mennig, Anna Schmitt, Katrin Scholz: *„Mobilitätswende 2030“ - Vom Linienbus zur öffentlichen Mobilität der Zukunft*. Fraunhofer IESE, Kaiserslautern 2022.
 [31] Henning Schierholz, Michael Rüßmann, Peter Ullrich, Rich Davey: *Why the Future of Rail Operations Is Digital*. The Boston Consulting Group, 2018.

[32] European Union: Employment and Social Developments in Europe (ESDE) report 2023. Luxembourg, 2023, pp. 14-15.

[33] European Union: Revision of Directive 2007/59/EC on the certification of train drivers operating locomotives and trains. 2023, pp. 3.

[34] Johan Visser, Toshinori Nemetob, Michael Browne: Home Delivery and the Impacts on Urban Freight Transport: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 125 (2014) 15 - 27, doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.1452.

[35] Jakub Doński-Lesiuk, Dagmara Skurpel: The Growing Importance of E-Commerce as a New Trend Factor Shaping in Rail Transport between Asia and Europe. *European Research Studies Journal*, Volume XXIII, Special Issue 2, 2020, pp. 68-78.

[36] Adam Sadowski, Karolina Lewandowska-Gwarda, Renata Pisarek-Bartoszewska, Per Engelseh: A longitudinal study of e-commerce diversity in Europe. *Electronic Commerce Research* (2021) 21:169–194, https://doi.org/10.1007/s10660-021-09466-z.

[37] 30 by 2030 – how rail freight achieves its goals. Joint Position Paper of CER and Rail Freight Forward, Brussels, 2020.

[38] Special report - Intermodal freight transport - EU still far from getting freight off the road. Luxembourg, 2023, pp. 6-9.

[39] Schlaht, Jürgen (2020). Future of multi-modal mobility. In: Bargende, M., Reuss, HC., Wagner, A. (eds) 20. Internationales Stuttgarter Symposium. Proceedings. Springer Vieweg, Wiesbaden. 2020, pp. 57-65; https://doi.org/10.1007/978-3-658-29943-9_6.

[40] Schlaht, Jürgen; Daniel Huber: Future of multi-modal mobility: One4All pod system. xmobility event, 2019.

[41] ERRAC, Rail Strategic Research and Innovation Agend, Brussels, 2020 see: https://errac.org/wp-content/uploads/2020/12/RAIL-Strategic-Research-and-Innovation-Agenda-2020_FINAL_dec2020.pdf

significant role, especially beyond the possibilities offered by new communication technology and global digital networking, as “door-to-door” solutions are increasingly required for travellers and logistics customers to offer and not only be able to plan and book end-to-end travel and transport chains. In particular, the reduction of individual road traffic, but also the further shift of freight transport from road to rail, must be further promoted in intermodal “door-to-door” transport and new approaches to solutions must be sought. This is what the Pods4Rail project, funded by the EU as part of the ERJU program, has set itself the goal of, in which the idea, which has been initiated by various actors for years, is to use new means of transport for a digitized, autonomous mobility service and a continuous transport chain from “door to door” for the area of rail transport and to create a solution for intermodal transport for both passengers and goods and thus contribute to the necessary transformation of European rail transport. 15 partners from seven European countries are researching this project that started on September 2023 and will run for 30 months.

Summary

Pods for the railway - New solutions for tomorrow's rail transport

As the most environmentally friendly means of transport, the railway system will continue to play a leading role in the transport of people and goods in the future. When designing future solutions, the aspect of “Mobility as a Service” plays a

© 2024 DW Media Group GmbH. Nur zum persönlichen Gebrauch, eine Weitergabe ist ohne Genehmigung des Verlags strengstens untersagt.

100 Jahre Fachwissen zu Technik und Management moderner Bahnen



HERAUSGEBER: VERBAND DEUTSCHER EISENBAHN INGENIEURE E.V. **VDEI**
EIK
EISENBAHN INGENIEUR KOMPENDIUM
2025



Anzeigenschluss:
16.10.2024

Bewerben Sie Ihre Dienstleistungen oder Ihre Produkte in den Rubriken

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

Buchен Sie jetzt

➔ Ihren Firmeneintrag

➔ Ihr Businessprofil

➔ Ihre Anzeige



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





24. SIGNAL+DRAHT-Kongress

 7. – 8. November 2024,
Maritim Hotel, Fulda

**Jetzt
anmelden**

Das Schlagwort der Komplexitätsreduktion rückt in den Debatten um die Digitalisierung des Schienenverkehrs immer mehr in den Vordergrund. Doch was bedeutet Vereinfachung tatsächlich, an welchen Stellen kann angesetzt werden und wie gelingt sie in der praktischen Umsetzung?

Der 24. Signal+Draht-Kongress greift diese Fragen auf. Konkrete Erfahrungen aus der Sanierung der Hochleistungskorridore und dem Digitalen Knoten Stuttgart sowie aus den Niederlanden und Österreich zeigen Möglichkeiten und Grenzen. Neben der Infrastruktur wird auch die ETCS-Fahrzeugausrüstung mit der Perspektive hin zu automatisiertem Betrieb beleuchtet. Inwieweit Ansätze Künstlicher Intelligenz bei der Bewältigung der Komplexität helfen können, wird in einem eigenen Themenblock behandelt.

Cyber Security, das künftige Bahnfunksystem FRMCS, Funktionalitäten des Traffic Management Systems und Aspekte von Bahnübergängen unter ETCS sind weitere Themenfelder des diesjährigen Kongressprogramms, das damit einen umfassenden Überblick über aktuelle Entwicklungen im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik bietet.

Zum Kongress gehört erneut die Verleihung des Signal+Draht-Lebenswerkpreises an eine herausragende Persönlichkeit der LST-Branche. Neben der Präsenzteilnahme vor Ort in Fulda mit der Gelegenheit zum Austausch und persönlichen Gesprächen mit den rund 300 Teilnehmenden ist alternativ auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich.

Jetzt anmelden unter: www.eurailpress.de/sdk2024

Organisation

Laura Budziszewski
Tel.: +49/(0)40/237 14 - 261
E-Mail: laura.budziszewski@dvvmedia.com

Ausstellung

Silvia Sander
Tel.: +49/(0)40/237 14 - 171
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com

Veranstalter

**Eurail
press**

24. SIGNAL+DRAHT-Kongress Vereinfachung als Erfolgsfaktor der Digitalisierung

Donnerstag, 07. November 2024		Referent
10:30	Begrüßung	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:40	Komplexitätsreduktion als Schlüssel zum Erfolg	Philipp Nagl, DB InfraGO
11:00	Komplexitätsreduktion konkret: Das Beispiel Riedbahn und die Hochleistungskorridore	Gerd-Dietrich Bolte, DB InfraGO / Matthias Hauptmann, Siemens
11:30	Neue Erkenntnisse aus der Realisierung des Digitalen Knoten Stuttgart	Christian Lammerskitten, DB PSU / Bernd Lück, GTS
12:00	Anpassung von Gleislayouts als Grundlage der ETCS-Projektierung	Klaas Hofstra, ProRail
12:30	Mittagessen	
13:50	Erfahrungen aus der Inbetriebnahme der Koralmbahn mit ETCS only	Jürgen Egger, ÖBB Infrastruktur
14:20	Ansatz und Status des Sofortprogramms ETCS-Fahrzeugausrüstung	Thomas Bayrhopf, DB Systemtechnik
14:50	Remote Train Operation	Benjamin Wyss, SBB / Thorsten Bomke, Alstom
15:20	Diskussion: Wie schaffen wir Komplexitätsreduktion wirklich?	
15:40	Kaffeepause	
16:20	Anwendung Künstlicher Intelligenz in der Betriebsführung	Gerald Schinagl, ÖBB Infrastruktur
16:40	Anwendung Künstlicher Intelligenz in der Projektdurchführung	Dr. Volkmar Bachmann, DB InfraGO / Maik Roggisch, Siemens Mobility
17:00	Diskussion: Sind wir bereit für den Einsatz von KI bei der Bahn?	
17:20	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2024	Bosch / Hundt / Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:30	Abend der Kommunikation	
Freitag, 08. November 2024		Referent
9:00	Ansatz und Umsetzung des Partnerschaftsmodells	Michael Pradel, DB PSU
9:30	System Pillar Security: Status der TSI-Standardisierung	Markus Wischy, Siemens
10:00	FRMCS - Stand und Perspektive der Spezifikation	n.n. (angefragt)
10:30	Kaffeepause	
11:00	Bahnübergänge unter ETCS: Herausforderungen und Möglichkeiten	Klaus Finken, Scheidt & Bachmann
11:25	Optimierung von Betriebsabläufen mittels des Traffic Management Systems	Marc Reber, SBB
11:55	DSD-Rolloutstrategie für Baden-Württemberg	Philipp Bührsch, DB InfraGO – DSD / Thomas Vogel, VM BW
12:20	Abschluss	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
12:30	Ende der Veranstaltung	

Parkdale-Projekt: Entfernung von schienengleichen Bahnübergängen

WSP treibt in Australien Victorias transformative und nachhaltige Verkehrsinitiativen mit der Entfernung von schienengleichen Bahnübergängen in Parkdale voran. Die Technologie für digitale Zwillinge von Bentley optimiert dabei den Materialverbrauch und reduziert die Anzahl der Arbeitsstunden sowie den CO₂-Fußabdruck.



Das Projekt zur Entfernung von schienengleichen Bahnübergängen (Level Crossing Removal Project – LXR) in Victoria (Australien) zielt darauf ab, bis zum Jahr 2030 110 Bahnübergänge in ganz Melbourne zu entfernen. Es ist eines der bedeutendsten Vorhaben im Bereich Schienenverkehrsinfrastruktur in der Geschichte des Bundesstaates.

Durch LXR werden nicht nur Risiken und Verspätungen für Pendler ausgeräumt, sondern es bieten sich auch Möglichkeiten zur Modernisierung von Bahnhöfen und zur Schaffung von Freiflächen und gemeinsam genutzten Geh- und Radwegen. Die

Southern Program Alliance (SPA) ist eine der vier Allianzen, die für die Umsetzung eines Teils des Vorhabens gegründet wurde. Dazu gehört auch die Entfernung des Bahnübergangs in Parkdale, die sich auf die Verbesserung der Sicherheit und Anbindung durch nachhaltige Infrastrukturlösungen konzentriert.

Das Parkdale-Projekt umfasst die Entfernung von straßen- und schienengleichen Bahnübergängen sowie den Bau eines Viadukts und einer neuen Station entlang der Frankston-Bahnlinie. Als SPA-Partner und leitender Berater für den Ent-



Oana Crisan
Product Marketing Managerin mit Schwerpunkt auf Lösungen und Anwendungen für das Bauingenieurwesen bei Bentley Systems
oana.crisan@bentley.com

wurf des Projekts verpflichtete sich WSP zur Untersuchung verschiedener innovativer und zukunftsweisender Entwurfslösungen, um gemeinschaftsorientierte Räume zu schaffen, die sich nahtlos in die Verkehrsanbindung einfügen und gleichzeitig die Umweltbelastung und den Materialverbrauch minimieren.

„Die Entfernung des schienengleichen Bahnübergangs wird den Zugang zu lokalen Geschäften und Einrichtungen verbessern, die lokale Wirtschaft unterstützen und die Lebensqualität in der Gemeinde erhöhen. Das Projekt wird sich außerdem positiv auf die Umwelt auswirken, da es die Emissionen von Autos im Leerlauf reduziert und die Luftqualität in der Gemeinde verbessert“, sagte Jaimin Patel, Senior Structural Technologist bei WSP.

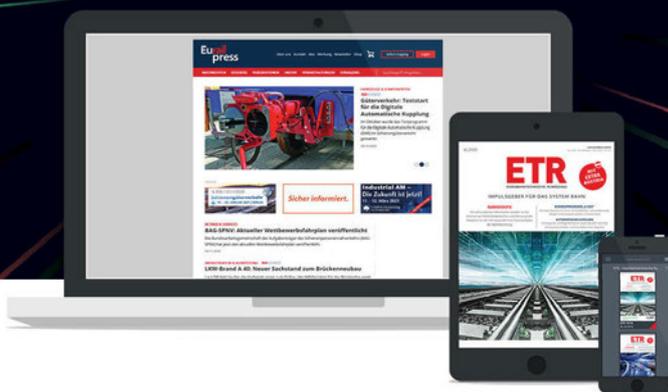
Standortbeschränkungen, Datenmanagement und Herausforderungen

Der schmale Schienenkorridor und die nahegelegenen Kulturdenkmäler führten zu baulichen Einschränkungen. Hinzu kam, dass die Entfernung der schienengleichen Bahnübergänge mit dem gleichzeitigen Bau des neuen Parkdale-Bahnhofs, von Fußgängerübergängen, Parkplätzen und Freiflächen wie Spielplätzen, Treffpunkten

Projektübersicht
Unternehmen: WSP Australia Pty. Ltd.
Lösung: Brücken und Tunnel
Standort: Melbourne, Victoria (Australien)
Projektziele:
<ul style="list-style-type: none"> Entfernung gefährlicher schienengleicher Bahnübergänge, Bau eines Viadukts und eines neuen Bahnhofs an der Frankston-Bahnlinie in Melbourne. Verbesserung der Sicherheit in der Gemeinde, Verringerung von Verkehrsstaus und Förderung einer nachhaltigen Verkehrsanbindung.
Projektspezifisches Playbook: iTwin, iTwin Capture, LumenRT, MicroStation, OpenBridge, OpenBuildings, OpenRail, OpenRoads, ProjectWise, ProStructures, SYNCHRO
Kurzinformation:
<ul style="list-style-type: none"> Das Parkdale-Projekt ist Teil der Maßnahmen des australischen Bundesstaates Victoria zur Entfernung von schienengleichen Bahnübergängen in Melbourne, um die Sicherheit, Reisezeiten und Verkehrsanbindung zu verbessern. Das Projekt umfasste die Entfernung von Straßen- und Bahnübergängen sowie die Entwicklung von Entwürfen für neue Brücken und Schieneninfrastruktur, um gemeinschaftsorientierte Orte zu schaffen. Als leitender Berater für den Entwurf wählte WSP die Technologie von Bentley zur Erstellung eines digitalen Zwillings.
ROI
<ul style="list-style-type: none"> Durch die Arbeit in einer vernetzten Datenumgebung konnten etwa 300 Arbeitsstunden eingespart werden. Der integrierte digitale Ansatz optimierte die Datenverwaltung und straffte die Arbeitsabläufe, wodurch die benötigte Modellierungszeit um 60 % reduziert werden konnte. Die Anwendungen unterstützten die Optimierung des Materialverbrauchs und die Senkung des CO₂-Fußabdrucks um 30 %.

DIGITAL

IST EINFACH SCHNELLER



Nutzen Sie Ihre digitalen ETR-Services und -Leistungen und lesen Sie bereits am Vortag die Neuigkeiten von morgen.

JETZT FREISCHALTEN

www.eurailpress.de/etr-digital

ETR
EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU



1: Das Parkdale-Projekt ist Teil des staatlichen Programms von Victoria zur Entfernung von schienen-
gleichen Bahnübergängen in Melbourne, um die Sicherheit, Reisezeiten und Verkehrsanbindung zu
verbessern
Quelle/Bildgenehmigung durch WSP Australia Pty. Ltd.

und Sportanlagen im Freien koordiniert werden musste. Angesichts dieser Herausforderungen und der Verwaltung großer Mengen an Projektdaten in einem multidisziplinären Team suchte WSP nach digitalen Lösungen, um Daten und Arbeitsabläufe zu optimieren und intelligente, schnelle Entscheidungen zu erleichtern.

Da es sich um ein gemeindebasiertes Projekt handelte, bei dem sich der Großteil des Entwurfs und der Bauarbeiten auf das Gebiet und die Bevölkerung vor Ort konzentrierte, erkannte WSP, dass die Einbeziehung und Kommunikation mit der Öffentlichkeit der Schlüssel zur Sicherstellung der Akzeptanz durch die Interessengruppen waren. WSP musste nicht nur die Entwurfs- und Bauarbeiten digitalisieren und rationalisieren, sondern benötigte auch eine visuelle, digitale Plattform, um der Öffentlichkeit die Entwurfsabsicht präzise zu vermitteln. WSP waren zwar verschiedene Softwareanwendungen bekannt, die für den gemeinsamen Entwurf, die Datenverwaltung und die Kommunikation eingesetzt wurden, aber das Unternehmen

erkannte, dass diese Anwendungen nicht über die fortschrittlichen Automatisierungs- und Verarbeitungsfunktionen, die Konnektivität, die Modellierungsgenauigkeit und die Visualisierung verfügten, die für eine effiziente Umsetzung des Projekts erforderlich waren. WSP benötigte eine vielseitige, dynamische und integrierte digitale Lösung, um Entwurfsänderungen zu bearbeiten, den Fortschritt zu optimieren und eine funktionale und klare Planung und Kommunikation in einer digitalen visuellen Umgebung sicherzustellen.

Nutzung integrierter webbasierter Technologie

Zu den Initiativen von WSP im Bereich Digital Engineering gehörte die Entwicklung eines föderierten Modells eines digitalen Zwillings zur 3D-Koordinierung und Kollisionserkennung sowie der Einsatz von Spielecontrollern, mit denen die Interessengruppen und die Öffentlichkeit die neuen Bahnhöfe, die Zugänglichkeit, die Sicherheit und die Anbindung der

Stadtviertel durchfahren konnten. WSP nutzte die offenen 3D- und Reality-Modelling-Anwendungen von Bentley zusammen mit ProjectWise zur Erstellung eines digitalen Zwillings und Optimierung der Arbeitsabläufe, um die Projektziele umzusetzen. Mit iTwin Capture Modeler wurde ein Reality Mesh des umfangreichen Projekts erstellt, das eine genaue digitale Darstellung des Projektgeländes lieferte. Die Modellierungsfunktionen von OpenBridge Modeler ermöglichten es, 3D-Modelle verschiedener Anordnungen von Brücken zu erstellen und diese einfach zu ändern, um eine optimale Entwurfslösung zu bestimmen. „Die Möglichkeit der Software, Entwurfsänderungen zu verarbeiten und den Fortschritt der Arbeiten zu optimieren, war entscheidend für die Bewältigung der Herausforderungen des Projekts“, so Patel. Die integrierte digitale Lösung verwaltete die große Menge an Projektdaten und erleichterte die koordinierte Modellierung und Zusammenarbeit, sodass alle beteiligten Parteien auf dem gleichen Stand waren.

Die Arbeit mit der offenen Modellierungstechnologie von Bentley und die Verwendung von iTwin als föderierte Plattform erleichterten und beschleunigten den Austausch von Daten und Modellen. Wöchentlich synchronisierte WSP die Projektmodelle und erstellte einen digitalen Zwillings. So wurde sichergestellt, dass die Interessensvertreter Zugriff auf aktuelle Informationen und eine zentrale Informationsquelle hatten, um fundierte und zeitnahe Entscheidungen treffen zu können. Die Interoperabilität, die fortschrittlichen Modellierungsfunktionen und der webbasierte Zugriff auf die Software von Bentley förderten die Einbindung der Gemeinschaft, was für die erfolgreiche Projektentwicklung entscheidend war. Dank der Verwendung von LumenRT zur Erstellung realistischer Animationen aus den 3D-Modellen auf einer



2a und b: Der integrierte digitale Ansatz optimierte die Datenverwaltung und straffte die Arbeitsabläufe

Quelle/Bildgenehmigung durch WSP Australia Pty. Ltd.

offenen Plattform konnte die Öffentlichkeit die Entwurfsabsicht besser nachvollziehen. „Die größte Hilfe bei der Einbeziehung der Gemeinschaft war die Einrichtung der digitalen Modelle, mit denen das Team den Anwohnern zeigen konnte, wie die neue Infrastruktur aussehen würde und dass es zu keinen größeren Auswirkungen auf ihre Häuser oder Geschäfte kommen würde“, sagte Patel.

Digitale Zusammenarbeit und Visualisierung

Die Arbeit in einer kollaborativen digitalen Plattform mit OpenBridge Modeler minimierte die Nacharbeit und verbesserte die Effizienz durch die automatische Erfassung aller nachträglichen Änderungen an der Ausrichtung nach der Erstellung des ersten Modells. „Die Nutzung von OpenBridge Modeler steigerte die Kapitalrendite des Projekts durch eine erhebliche Senkung des Zeitaufwands für die Erstellung von

3D-Modellen der Brücke“, so Patel. Mithilfe der Software von Bentley wurden die Arbeitsabläufe und die Produktivität verbessert, die Modellierungszeit um 60% verkürzt und 15 Stunden bei der Ausarbeitung des Entwurfs eingespart.

WSP reduzierte zudem die Umweltauswirkungen des Projekts durch die Untersuchung verschiedener Entwurfsoptionen und die Festlegung einer optimalen und nachhaltigen Lösung zur Einsparung einer beträchtlichen Menge an Material, einschließlich Beton und Stahl, die einen hohen CO₂-Fußabdruck haben. Durch die Optimierung der Länge und Anzahl der Spannweiten sowie den Wegfall von Stahlträgern konnte das Team den Materialverbrauch der Brücke um 7% senken und den CO₂-Fußabdruck des Projekts insgesamt um 30% reduzieren.

Schließlich ermöglichte die Schaffung eines webbasierten digitalen Kontexts eine realistische Visualisierung des Projekts in seiner realen Umgebung. Dadurch wurde

zudem der Bedarf an physischen Besichtigungen vor Ort reduziert, eine fundierte Entscheidungsfindung erleichtert und die Akzeptanz durch die Gemeinde für das Projekt erreicht. Die kollaborativen digitalen Arbeitsabläufe von WSP stellten den rechtzeitigen Zugriff auf genaue Informationen sicher und minimierten das Risiko der Verwendung veralteter oder falscher Daten. Die für das Parkdale-Projekt erstellten digitalen Vorlagen und Modellkomponenten können für zukünftige Projekte wiederverwendet werden. •

Summary

Parkdale-Projekt: removing level crossings

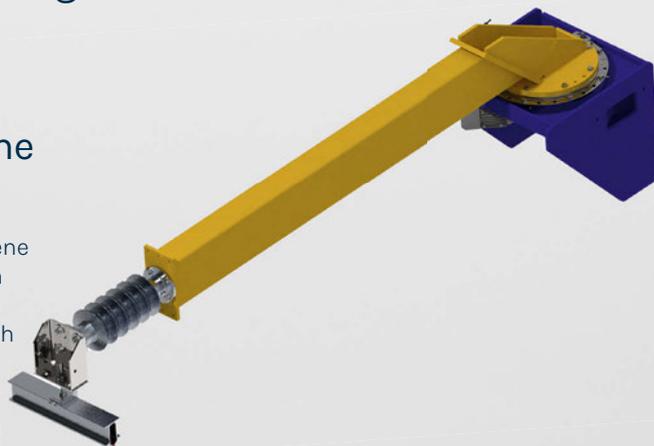
In Australia, WSP pushes Victoria's transformative and sustainable transport initiatives with removing level crossings in Parkdale. The technology for digital twins by Bentley optimizes material resources and reduced the number of working hours as well as the CO₂ footprint.

RPS Produktneuheit für Wartungshallen:

TracFeed® SAM

Ein Schwenkarm für die Oberleitungsstromschiene

Der TracFeed® SAM Schwenkarm für TracFeed® OSS ermöglicht es, die Oberleitungsstromschiene zur Seite zu schwenken, sodass Wartungsarbeiten – auch auf dem Dach des Zuges – problemlos durchgeführt werden können. Zudem wird durch die geringe Bauhöhe der Schwenkarme der Einsatz von Kränen in der Halle erleichtert.



Kontaktieren Sie uns für mehr Informationen:
vertrieb.komponenten@rail-ps.com
sales.international@rail-ps.com

Planen. Beraten. Produzieren. Liefern. Realisieren. Instandhalten.

Als Komplettanbieter für schwenkbare Oberleitungsstromschienen in Wartungshallen bieten wir nicht nur die notwendigen Komponenten (Oberleitungsstromschiene, Schwenkarm, Steuerschrank), sondern auch umfangreiche Konstruktionsdienstleistungen und Beratung bei der Projektumsetzung an. Darüber hinaus umfasst das Angebot der Rail Power Systems GmbH das gesamte Spektrum von der ersten Fragestellung bis zur Umsetzung von Komplettlösungen in den Bereichen systemtechnische Auslegung, Fahrleitung, Bahnenergieversorgung, 50 Hz-Anlagen und Großgeräte.

Rail Power Systems GmbH
 Garmischer Straße 35 | 81373 München | Deutschland
 T + 49 89 41999-0 | F +49 89 41999-270
www.rail-ps.com



Erfahrungen beim Vortrieb des Erkundungsstollens des Brenner Basistunnels in der Hochstegenzone

Das Hauptziel von Vorausbohrungen, welche im Abschnitt Hochstegenzone beim Bau des Brenner Basistunnels durchgeführt werden, ist die Festlegung von injektionswürdigen Abschnitten. Anhand dieser werden die hydraulischen Gegebenheiten im Gebirge mehrere Zehnermeter vor der Ortsbrust erkundet. Insbesondere die Eigenschaften der Bohrlochabflüsse aber auch die Reaktion der Wasserspiegel in Grundwassermessstellen, die von der Oberfläche aus an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Tiefen errichtet wurden, sind ausschlaggebend für die Einstufung der Injektionswürdigkeit des Gebirges. Falls diese gegeben ist, sind vor Vortrieb gebirgsverbessernde Maßnahmen zu setzen. Dabei sind die hydraulischen Durchlässigkeiten des die Tunnelröhren umgebenden Gebirges dermaßen zu reduzieren, dass es bei Auffahren der Tunnel zu keinen Änderungen der Wasserspiegelhöhen seichter Grundwasserkörper kommt. Erfahrungen aus hydrogeologischer Sicht bei Durchführung der Vorauserkundungen und Vortrieb im Erkundungsstollen durch die Hochstegenzone werden aufgezeigt.



1. Die Hochstegenzone aus geologischer Sicht

1.1. Genereller geologischer Überblick

Beim Projekt Brenner Basistunnel (BBT), einem sich im Bau befindenden Eisenbahn-Tunnelsystem zwischen Innsbruck (Österreich) im Norden und Franzensfeste (Italien) im Süden verwendet man den Begriff „Hochstegenzone“ für jene lithologischen Einheiten, die in der Brennerregion (nördlich und südlich der Staatsgrenze) den Zentralgneis-Kern umrahmen und von hydrogeologischer Bedeutung sind [1]. Die wesentlichen Lithologien sind dahingehend:

- eine heterogene, lithologische Abfolge der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke
- der jurassische Hochstegenmarmor.



Ulrich Burger
Brenner Basistunnel BBT SE
ulrich.burger@bbt-se.com



Christof Maurer
ILF Consulting Engineers
Austria GMBH
christof.maurer@ifl.com



Matthias Hofmann
Brenner Basistunnel BBT SE
matthias.hofmann@bbt-se.com



Georg Orsi
Brenner Basistunnel BBT SE
georg.orsi@bbt-se.com



Stefan Leitner
ÖBA Brenner
stefan.leitner
@bernard-gruppe.com



Günter Valtingojer
Ingenieurbüro für Geologie und
Hydrogeologie Valtingojer
office@valtingojer.at

Gemäß dem geologischen Längsschnitt (Bild 1) für den Teilabschnitt des BBT von Projektkilometer PK 26 und PK 32 (Stand Ausschreibungsplanung 2019) fallen die lithologischen Einheiten am Westrand des Tauernfensters generell in Richtung Nordwesten ein. Von Süden nach Norden betrachtet folgt dem Zentralgneis der Hochstegenmarmor, der von der lithologisch heterogenen Abfolge der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke überlagert wird. Diese weist aus hydrogeologischer Sicht potenziell lösungsfähige Lithologien auf, die sich bei Tiefbohrungen in Form von rauhwackoiden Gesteinen und Lösungsresidual mit Lockergesteinscharakter zeigen (Bild 2).

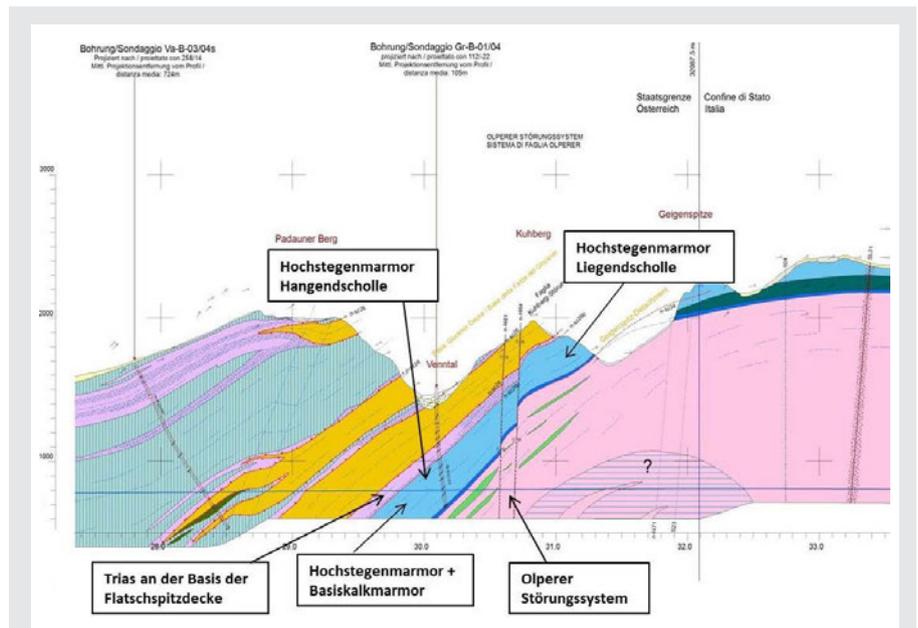
Die Trias erstreckt sich weiter in Richtung Norden, weist dort aber keine Lösungserscheinungen mehr auf. Nördlich der Trias schließt die Kaserer Formation an, welche eine hydrogeologische Grenze in Richtung Norden bildet. Tektonisch quert die Olperer Störung mit vorwiegend NE-SW Streichen den Projektraum, wobei der nördlich der Störung gelegene Block als Hangendscholle, der südliche Block als Liegendenscholle bezeichnet wird.

1.2. Geologie der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke

Die Trias an der Basis der Flatschspitzdecke ist aufgrund von Tunnelbau-relevanten Lösungserscheinungen in einen nördlichen und einen südlichen Abschnitt zu unterteilen. Im nördlichen Abschnitt tritt eine bunte Abfolge an Lithologien ohne Lösungserscheinungen auf, die gering hydraulisch durchlässig ist. Der südliche Abschnitt der Trias zeigt im Nahbereich zum Hochstegenmarmor Lösungserscheinungen. Aus geologischer Sicht dominieren Chloritglimmerschiefern, Serizitphylliten und Dolomitmarmoren. Es treten aber auch geringmächtige Lithologien mit Lösungserscheinungen auf (Rauhwacken), welche unregelmäßig verteilt sind. Lagenweise liegen auch geringmächtig Residualgesteine vor, welche Lockergesteinscharakter haben und siltig-feinsandiger Natur sind. Die Länge des Abschnittes mit Lösungserscheinungen auf Tunnelniveau beträgt beim Erkundungsstollen 33 m (östliche Ulm) bis 46 m (westliche Ulm).

1.3. Geologie des Hochstegenmarmors

Beim Hochstegenmarmor handelt es sich um einen jurassischen Kalkmarmor, der



1: Geologischer Längsschnitt Baulos „H52 Hochstegen“ Quelle: BBT SE



2: Trias an der Basis der Flatschspitzdecke: Rauhwacke sowie rauhwackoid angelöster Dolomitmarmor (gelb) und Chloritphyllit (grünlich) an der Basis der Triasabfolge in der Bohrung Gr-B-01/04 (473-478m Bohrteufe) Quelle: BBT SE

gut gebankt bis hin zu massiv ist. Oft ist das Erscheinungsbild auch plattig und abschnittsweise, aufgrund von Einlagerungen von glimmerreichen Lagen, ist die Schieferung des Marmors deutlich erkennbar [4].

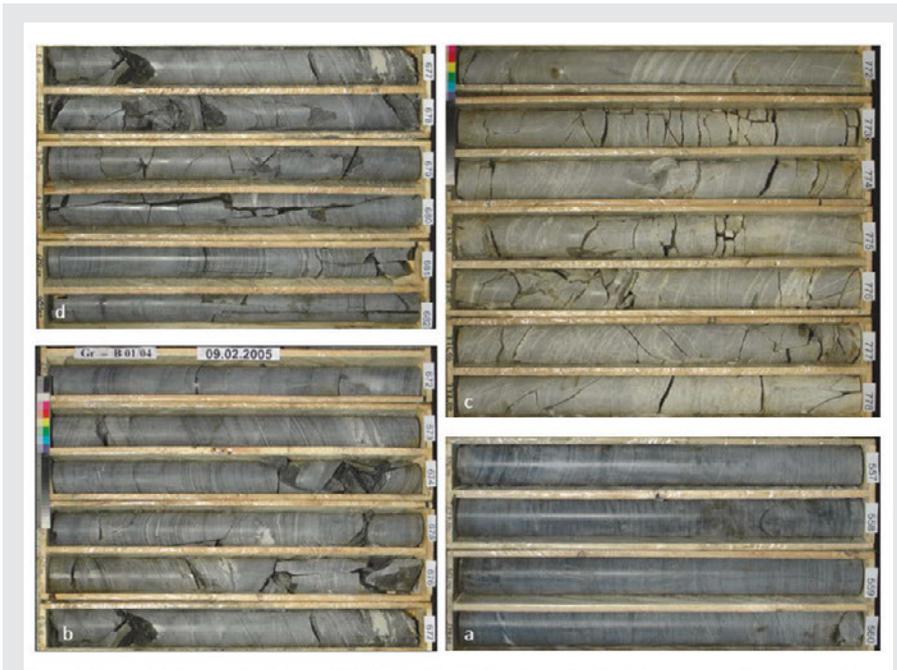
Im Untersuchungsgebiet hat der Hochstegenmarmor eine regionale Verbreitung an der Oberfläche. In verschiedenen Erkundungsbohrungen wurde der Hochstegenmarmor auch bis zu einer maximalen Bohrtiefe von knapp 800m aufgeschlossen. Dabei zeigt der Marmor auch ein unterschiedliches Erscheinungsbild, wobei auch Abschnitte mit starkem Tektonisierungs-

grad sowie Lösungserscheinungen an Diskontinuitäten vorkommen (siehe Bild 3).

2. Hydrogeologische Prognose Ausschreibungsplanung und Bescheidauflagen

2.1. Hydrogeologische Prognose

Im Zuge der Ausschreibungsplanung wurden die beiden geologischen Formationen den hydrogeologischen Homogenbereichen (HB) HB4 Hochstegenmarmor, HB5.1 Trias ohne Lösungserscheinungen, HB5.2 Trias mit Lösungserscheinungen zugeord-



3: Fototafel von Bohrkernen der Bohrung Gr-B-01/15, Venntal (zunehmender Durchtrennungsgrad von a nach d):
 a: Bohrkern aus der Hochstegenformation mit RQD gleich 100 %, keinen Lösungserscheinungen und auffälligen Diskontinuitäten (geringer Durchtrennungsgrad)
 b: Bohrkern aus der Hochstegen-Formation mit einzelnen Diskontinuitäten, mäßiger Durchtrennungsgrad
 c: Kalkmarmor mit zum Teil lösungserweiterten Klüften, z.B. 772,3 bis 772,8 m
 d: Hochstegenmarmor mit Diskontinuitäten mit erhöhtem Durchtrennungsgrad; die Klüfte sind dahingehend steil stehend (ca. parallel zum vertikalen Bohrloch)
 Quelle: BBT SE

net und zusammenfassend wie folgt beschrieben: Die hydraulischen Durchlässigkeiten der Metakarbonate der Hochstegen Formation (HB4) sind als „dual“ einzustufen: einerseits ein gering durchlässiges Gebirge mit geringer Porosität, andererseits lokal offene Klüfte, sowie lösungserweiterte Diskontinuitäten und Mikrokarsterscheinungen, die zu einer lokalen hohen sekundären Porosität führen und damit dort zur Erhöhung der hydraulischen Durchlässigkeiten. Im Zusammenhang mit den offenen bzw. lösungserweiterten Diskontinuitäten können die hydraulischen Durchlässigkeiten auch abschnittsweise hohe Werte von $10^{-6} \text{ m/s} < K < 10^{-4} \text{ m/s}$ erreichen, für Festgesteine also als hoch einzustufende Werte.

Im Zuge der Genehmigungsplanung wurde bei der geologischen Prognose davon ausgegangen, dass die Trias an der Basis der Flatschspitzdecke am Kontakt zum Hochstegenmarmor auch auf Tunnelniveau Lösungserscheinungen (HB5.2) aufweist. Diese lithologische Abfolge bestimmt auf ca. 20m den Tunnelvortrieb. Am Kontakt zum Hochstegenmarmor hin können die Lösungserscheinungen dermaßen sein, dass nur mehr eine Rauhwa-

vorliegt aus einem Gerüst aus nicht lösba- ren, porösen Festgesteinen und einem Lösungsresidual mit siltig-feinsandiger Zusammensetzung. Gerade aufgrund der Feinkörnigkeit wurde einem Großteil dieser Feinkorn-dominierten Abfolge eine geringe hydraulische Durchlässigkeit zugeordnet. Rauhwa-ckoide Lithologien mit erhöhter Lösungs- porosität und fehlendem Feinkornanteil können jedoch auch hohe hydraulische Durchlässigkeiten haben, welche in der Größenordnung von $10^{-6} \text{ m/s} < K < 10^{-4} \text{ m/s}$ liegen können.

Richtung Norden nimmt im hydrogeologischen Homogenbereich HB5.1 der Anteil an Lithologien mit Lösungspotenzial ab. Die hydraulischen Durchlässigkeiten sind als gering ($K < 10^{-8} \text{ m/s}$) einzustufen.

Generell ist in der Hochstegenzone auf Basis von gemessenen Wasserspiegelhöhen in verschiedenen Grundwassermessstellen von hohen, hydraulischen Drucken auf Tunnelniveau auszugehen, die je nach topografischen Gegebenheiten zwischen 75 und 85 bar schwanken können.

Wesentlich für die Projektentwicklung ist die Einstufung der instationären und stationären Zutritte aus dem Hochstegenmar-

mor. Laut Prognose sind neben langen trockenen Abschnitten lokal beim Auffahren der Metakarbonate, im Bereich des Venntals, auch sogenannte Flush Flows (plötzliche und kurz anhaltende Wasserzutritte) möglich, die sehr lokal und mit großen Wassermengen auftreten und ca. 150 l/s an Abflussmenge erreichen können. Unter der Annahme einer weiten Erstreckung dieser hydraulisch aktiven Strukturen sind in diesem Abschnitt HB4 auch große stationäre Abflüsse zu erwarten (ca. 80 l/s).

Aufgrund der zu erwartenden hohen stationären Zutritte sind die Absenkungen der Wasserspiegelhöhen schlussendlich auch als relevant einzustufen und weisen regionalen Charakter auf. Numerische hydrogeologische Modelle zeigen, dass diese Absenkungen bis in das benachbarte Valsertal reichen können, wo streng geschützte Feucht-Biotope (Natura 2000 Gebiet) vorkommen. Zudem können Wasserressourcen in Form von Quellen und Gerinnen im Venntal betroffen sein. Diese sind von ökologischer Bedeutung, da sie die Hauptspender für das Biotop Brenner See sind. Zum anderen haben einzelne Quellen im Venntal auch eine hohe wasserwirtschaftliche Bedeutung.

2.2. Bescheidauflagen

Aufgrund der hydrogeologischen Prognose und der zu erwartenden Auswirkungen auf die ökologisch und wasserwirtschaftlich bedeutenden Wasserressourcen wurden folgende Bescheidauflagen spezifisch für die Hochstegenzone im Wasserrechtsbescheid vom 16.04.2009 verfasst: „In den Teilabschnitten mit „sehr hoher quantitativer Restbelastung“ sind von der Ortsbrust oder aus Nischen überlappende, präventergeschützte Vorausbohrungen durchzuführen. Die austretenden Wässer sind zu messen (Menge Q, Temperatur T und elektrische Leitfähigkeit eLF), weiters zu beproben, chemisch zu analysieren und der Wasserdruck (p) zu messen. Es sind für die mit den Horizontalbohrungen vorauserkundeten Bereiche jene Stellen (Vortriebsmeter) zu fixieren, wo Zutritte zu erwarten sind und es ist in den Erkundungsstollen sowie Haupttunnelröhren das Ausmaß der Zutritte zu berechnen und die Art der Wasserwege einzuschätzen. Unter Heranziehung des geologisch-hydrogeologischen Modells sind die Auswirkungen auf Oberflächenwässer in Abhängigkeit von den ermittelten Zutrittsmengen rechnerisch abzuschätzen. Wenn die Vorauserkundungen ergeben, dass Belastungen für seichte

Aquifere oder für Oberflächenwässer und Bodenwässer zur erwarten sind (Grundwasserspiegelabsenkungen > 30 cm im Bereich von Natura 2000-Gebieten bzw. Beeinträchtigung von Wassernutzungen) sind Sondermaßnahmen festzulegen, die die Wasserzutritte bestmöglich verringern. Dabei ist zwischen gebirgsverbessernden Maßnahmen, die vor dem Vortrieb zu machen sind, und gebirgsverbessernde Maßnahmen im Nachgang zu entscheiden (unter Nachgang wird verstanden, dass die Maßnahmen spätestens nach Durchgang des eigentlichen Vortriebsbereiches gesetzt werden)“.

3. Konzept der Vorauserkundungen und deren Analyse

Die Vorauserkundungen in Form von preventergeschützten Vorausböhrungen spielen beim Baubetrieb Hochstegen somit eine wesentliche Rolle. Abhängig von den dokumentierten Wasserzutritten und der gesamten Abflussmenge nach Erreichen der Endteufen, sowie der Reaktion der Wasserspiegelhöhen in ausgewählten Grundwassermessstellen wird die Injektionswürdigkeit des vorauserkundeten Abschnittes ermittelt. Numerische hydrogeologische Modelle dienen als Werkzeuge, um die systemrelevanten Parameter mittels Kalibrierung zu quantifizieren, deren Zusammenhänge zu ermitteln und die Prognosen numerisch zu untermauern.

Im Folgenden wird auf die Erfahrungen der Vorauserkundungen in der Hochstegenzone (Bild 4) eingegangen.

4. Hydrogeologische Erfahrungen im Abschnitt Trias an der Basis der Flatschspitzdecke

4.1. Die Vorauserkundungsbohrung VB96

Als erste preventergeschützte Vorausböhrung in der Hochstegenzone wurde die 126m lange Vorausböhrung VB96 mit Bohransatzpunkt bei PK 29+490,00 abgeteuft. Die Horizontalbohrung wurde mit einem Durchmesser von 95mm, mit ca. 10° ansteigend Richtung SSO (ca. 160° Azimut) ausgeführt. Aus geologischer Sicht konnte bei einer Teufe von ca. 84 m die lithologische Grenze zwischen der Kaserer Formation mit Paragneisen und Quarziten im Norden und der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke im Süden, welche deutlich kalkreicher ist, festgestellt werden.

Bei ca. 110 bis 120 m Bohrteufe wurden erstmalig Wasserzutritte aus klarem

Wasser mit Zutrittsmengen von ca. 1 l/s festgestellt. Im Wesentlichen sind diese an schieferungsparallele kleine Lösungsweiterungen gebunden. Die physikalischen Eigenschaften des austretenden Wassers im instationären Zustand sind: $Q_{instat.} = 1 \text{ l/s}$, $T = 25,7^\circ\text{C}$, $eLf = 2.870 \mu\text{S/cm}$ und $\text{pH} = 8,0$.

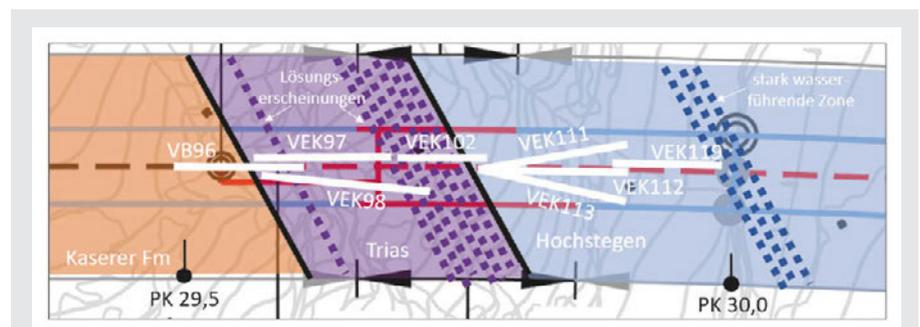
Bei einem Auslaufversuch wurde für knapp 2 Stunden das Bohrloch geöffnet und die physikalischen Parameter überwacht, im Anschluss das Bohrloch verschlossen und der Druckanstieg aufgezeichnet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass beim Auslaufversuch die Austrittsmenge leicht abnimmt (von 1,007 l/s auf 0,923 l/s), bei leicht ansteigender Temperatur (von 25,7°C auf 25,9°C) und leicht abfallender elektrischer Leitfähigkeit (von 2.870 $\mu\text{S/cm}$ bis 2.840 $\mu\text{S/cm}$). Nach Verschließen des Bohrlochs konnte ein Druckanstieg bis auf einen Wert von $p = 63,5$ bar gemessen werden.

Aus den Überwachungen Obertage geht keine hydraulische Beeinflussung der Wasserressourcen durch die Erkundungsbohrung bzw. den Auslaufversuch hervor. Der vorauserkundete Abschnitt kann aufgrund der festgestellten hydraulischen Eigenschaften als „nicht injektionswürdig“ eingestuft werden. Jedoch dienen die Ergebnisse des Auslaufversuches zur Kalibrierung des numerischen, hydrogeologischen Modells.

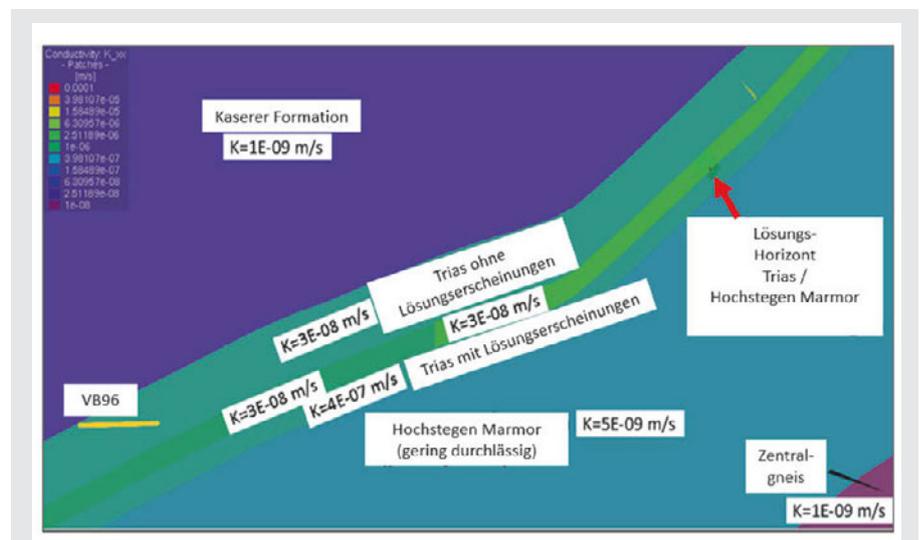
Als Tunnelbau-relevante Ergebnisse des numerischen Modells gelten die rückmodellierten hydraulischen Gebirgsdurchlässigkeiten für die verschiedenen lithologischen Einheiten (schematisch in Bild 5): Kaserer Formation, Trias ohne Lösungserscheinungen (HB5.1) und Trias mit Lösungserscheinungen (HB5.2), Hochstegen Marmor (HB4) und Zentralgneis (HB3).

Auffallend ist, dass laut des numerischen Modells eine Einheit mit höherer



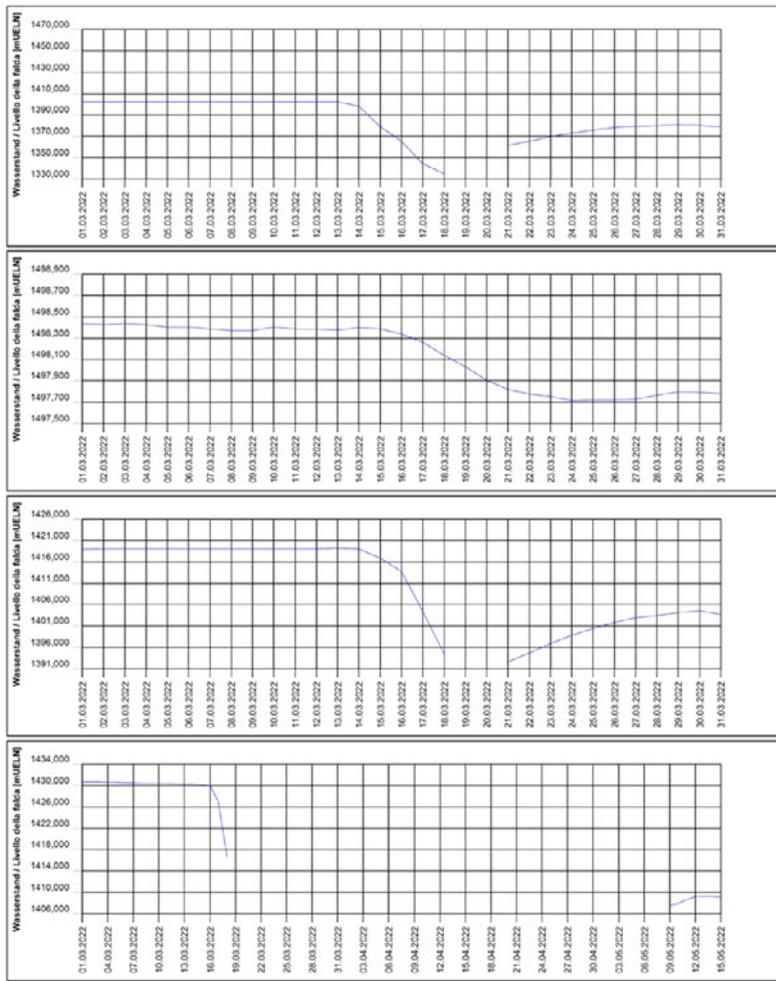
4: Schematischer geologischer Horizontalschnitt auf Tunnelniveau des Erkundungsstollens BBT mit den wesentlichen geologischen Formationsgrenzen und den wesentlichen Vorauserkundungsbohrungen von der VB96 (Trias an der Basis der Flatschspitzdecke) im Norden bis zur VEK119 (stark wasserführende Zone im Hochstegenmarmor) im Süden

Quelle: BBT SE



5: Schematische Darstellung eines Längsschnittes aus dem, mit den Daten der Vorauserkundungsbohrung VB96 kalibrierten, numerischen hydrogeologischen Modell mit den ermittelten hydraulischen Gebirgsdurchlässigkeiten für die wesentlichen geologischen Formationen

Quelle: BBT SE



6: Ganglinien der Wasserspiegelhöhen im Zeitraum März 2022 inklusive Abstand vom Endpunkt der VEK97 (ca. PK 29+670) zur jeweiligen Messstelle (von oben nach unten):

- Gr-B-01/04 (Abstand: ca. 450 m)
- Gr-B-10/15 (Abstand: ca. 1.100 m)
- Gr-Br-02/16 (Abstand: 410 m)
- Gr-Br-01/15 (Zeitraum 01.03.-15.05.) (Abstand: 405 m)

Die Datenlücken sind auf Ausfälle der Datenlogger zurückzuführen (Wasserspiegel sank unterhalb Einbautiefe des Datensammlers), der generelle Trend in den Ganglinien ist aber trotz der Ausfälle ableitbar

Quelle: BBT SE



7: Auslaufversuch an der VEK119 vom 01.12.2022 und mit Wasser aus dem Auslaufversuch gefülltes, erstes von drei temporären Absetzbecken, welche im Erkundungsstollen durch das Aufschütten von Dämmen aus Tunnelausbruchsmaterial (ca. 0,8 m hoch) errichtet wurden

Quelle: ÖBA Brenner

hydraulischer Durchlässigkeit zwischen der Trias im Norden und dem Hochstegenmarmor im Süden liegen muss. Eine Stabilisierung der Absenkung der Wasserspiegel in den Grundwassermessstellen beim Auslaufversuch durch die VB96-Bohrung lässt sich anhand dieser Annahme erzielen.

4.2. Die Vorauserkundungsbohrungen VEK97 und VEK98

Nach Näherung durch den Vortrieb zur wasserführenden Zone, aufgeschlossen durch die Vorausbohrung VB96, wurden die beiden Vorausbohrungen VEK97 und VEK98 als preventergeschützte horizontale Vollbohrungen (ca. 5° ansteigend) abgeteuft.

Die Vorausbohrung VEK97 wurde am 13.03.2022 als 98 m lange Bohrung bei TM 4.273,50 bzw. PK 29+571,66 aus der Bohrische links in Richtung SSO (158° Azimut) ausgeführt.

Aus geologischer Sicht setzen sich die ersten 90 m aus kalkigen Chloritphylliten zusammen, von 90 m bis 98 m (Bohrende) liegen kalkreiche, anhydritführende Serizitschiefer vor, die teilweise Auslaugungserscheinungen zeigen, also Rauhacken zuzuordnen sind. Beim Bohren wurden die Wasserzutrittsmengen dokumentiert: bis ca. 26 m waren es 0,50 l/s, bei 92 m wurden ca. 10 l/s gemessen, die sich dann bis zum Ende bzw. Abbruch der Bohrung bis auf ca. 21 l/s steigerten. Nach Verschluss des Bohrlochs stieg der Druck rasch und innerhalb 20 min auf 50 bar an.

Die Vorausbohrung VEK98 wurde am 15.03.2022 als 134m lange Bohrung 5m weiter südlich der VEK97 von der Ortsbrust in Richtung S (ca. 182° Azimut) ausgeführt.

Bis zur Bohrteufe von 122m dominieren gering durchlässige, kalkige Chloritphyllite, ausgenommen im Bereich von 30m bis 36m, wo ähnlich wie in den Vorausbohrungen VB96 und VEK97 wasserführende Lithologien (Chloritphyllite und Serizitphyllite) vorkommen. Ab 126m bis 126m lässt das Bohrkleingut auf Chloritphyllite mit lokalen Auslaugungserscheinungen schließen. In diesem Bereich treten Wasser in der Größenordnung von 6-7 l/s der Bohrung zu. Ab 126 m bis zum Bohrende von 134 m ist wiederum von härterem Gestein auszugehen. Im Zuge der Bohrarbeiten konnten Bergwasserzutritte von ca. 1 l/s bei Bm 30 und von ca. 6 l/s bei Bm 122 festgestellt werden. Nach Verschluss des Bohrlochs stieg der Druck rasch innerhalb weniger Minuten auf 33 bar an, dann langsam bis auf ca. 44 bar.

Ein Auslaufversuch wurde für ca. 32,5 Stunden vom 16.3.2022 (7:35 Uhr) bis zum 17.3.2022 (16:05) bei den beiden Vorausbohrungen durchgeführt.

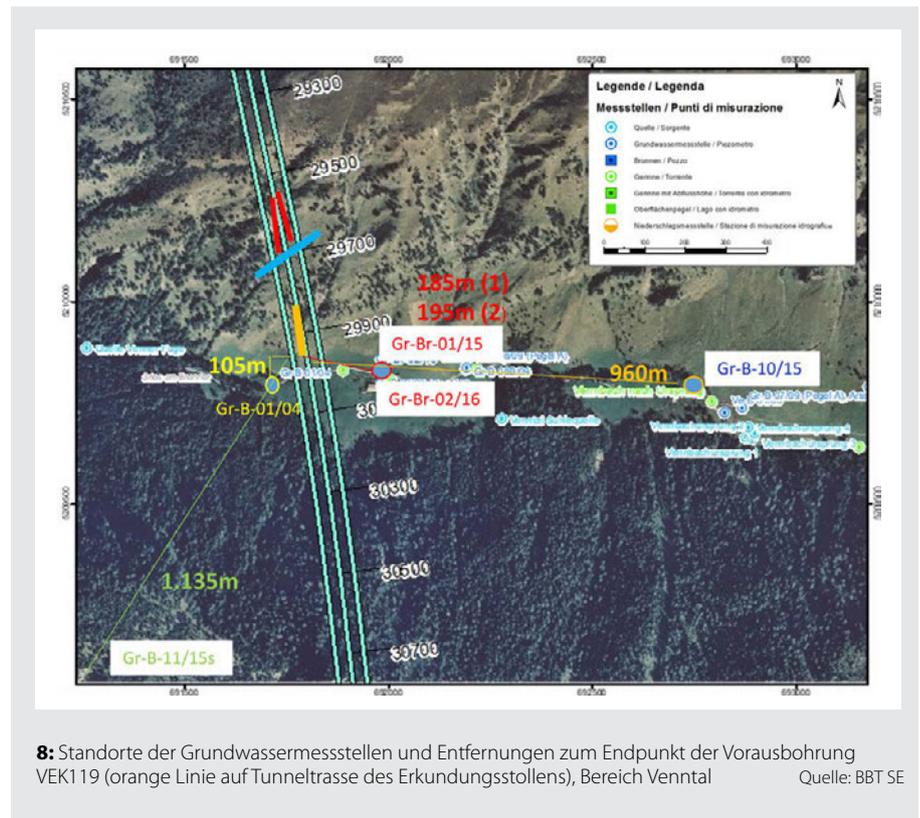
Bei der Vorausbohrung VEK97 traten zu Beginn 22,60 l/s mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 1.382 µS/cm, einer Temperatur von 25,8 °C und dem pH-Wert von 7,73 zu. Die Werte blieben recht stabil über den Auslaufversuch hin und lagen am Ende bei einer Schüttung von 21,52 l/s, einer Temperatur von 25,4 °C, einer elektrischen Leitfähigkeit von 1.395 µS/cm und einem pH Wert von 7,53.

Aus der VEK98 traten zu Beginn 6,23 l/s mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 1.431 µS/cm, einer Temperatur von 25,3 °C und dem pH Wert von 7,6 zu. Am Ende lagen die Werte bei 4,65 l/s mit 1.295 µS/cm, 26,2 °C und pH 7,6.

Während des Auslaufversuches wurden in Grundwassermessstellen die Wasserspiegelnhöhen aufgezeichnet, die Ganglinien gehen aus Bild 6 hervor.

Anhand der Daten konnte das numerische, hydrogeologische Modell kalibriert werden. Der Wert der hydraulischen Durchlässigkeit des wasserführenden Horizonts zwischen der Trias und dem Hochstegenmarmor musste auf $K = 1,5 \cdot 10^{-6}$ m/s erhöht werden, womit sich die prognostizierten Zutrittsmengen in dieser Zone auf ca. 60 l/s erhöhten.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wird der kurze Abschnitt als „injektionswürdig“ eingestuft.



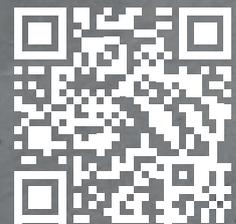
4.3. Injektionsmaßnahmen und Vortriebe in der Trias

Für die Durchörterung der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke waren im Erkundungsstollen 3 Injektionskampagnen (IK) bestehend aus in der Regel 33m langen, ringförmig angeordneten Injektionsbohrun-

gen notwendig. Als Injektionsmittel wurden unterschiedliche Materialien verwendet, von Zement bis Feinstzement sowie untergeordnet auch Polyurethan-Harze. Die Aufnahme-fähigkeit wird dominiert durch die Porosität der Lithologien; dabei zeigte sich, dass die Poren generell sehr klein waren, meist als kleine poröse Lösungserscheinun-



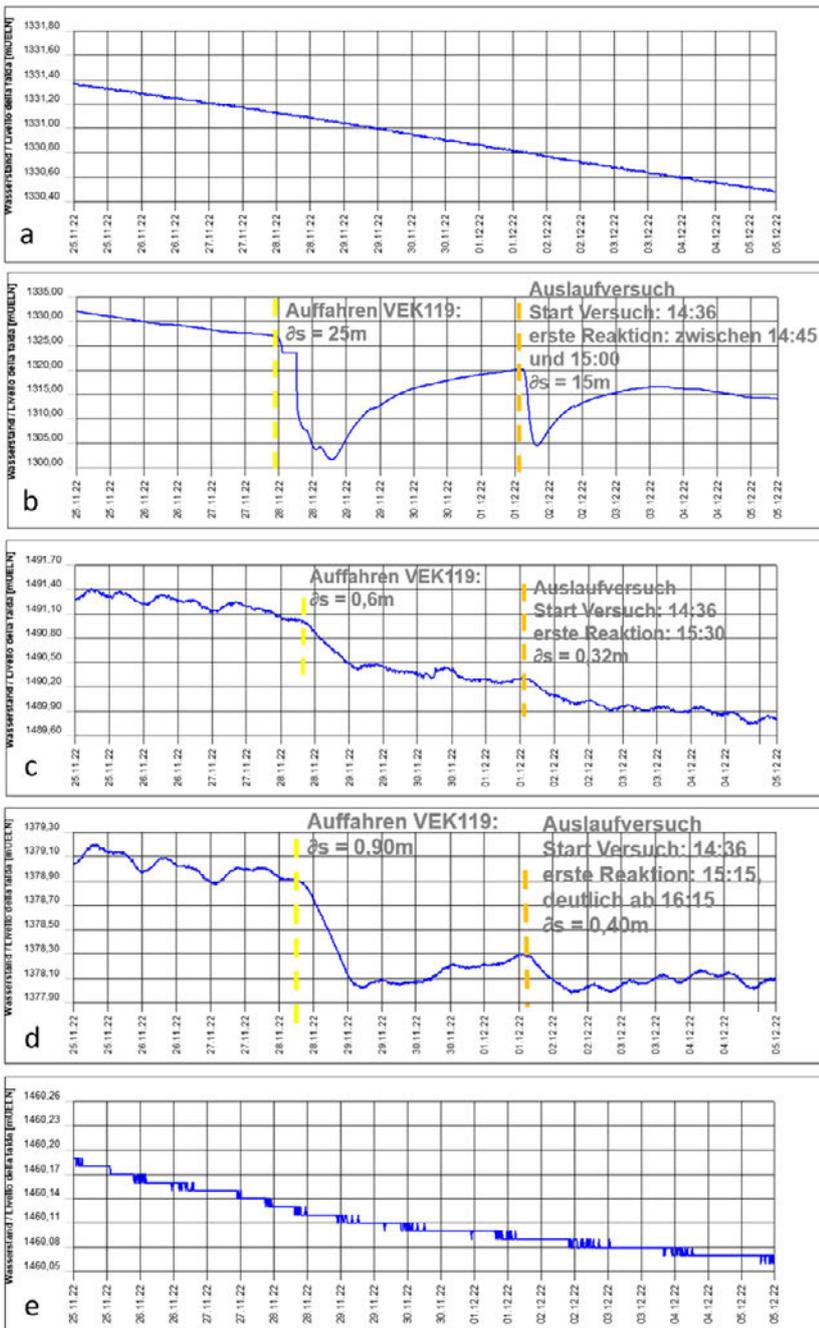
Geschichte schafft Werte, Werte schaffen Zukunft.



kirchdorfer.eu



Die Hochstegenzone erwies sich mit den beiden geologischen Einheiten der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke und dem Hochstegenmarmor als hydrogeologisch herausforderndster Abschnitt des Projektes Brenner Basistunnel.



9: Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Grundwassermessstellen im Zeitraum 25.11.-05.12.2022: a) Gr-Br-01/15 (Trias), b) Gr-Br-02/16 (Hochstegenmarmor tief), c) Gr-B-10/15 (Hochstegenmarmor seicht), d) Gr-B-11/15s (Hochstegenmarmor tief), e) Gr-B-08B/09 (Lockergestein)

Quelle: BBT SE

— ● —

5. Vorauserkundungen im Abschnitt Hochstegenmarmor

5.1. Der trockene, nördliche Abschnitt des Hochstegenmarmors

Ab dem Tunnelmeter TM 4.390 bzw. PK 29+688,16 (östliche Ulme) und TM 4.404 bzw. PK 29+702,16 (westliche Ulme) tritt im Erkundungsstollen der in Richtung Nordwesten einfallende Hochstegenmarmor auf.

Vor Auffahren desselben wurden überlappende, preventergeschützte Vorausbohrungen gemacht, um die hydrogeologischen Gegebenheiten zu prüfen. Dabei zeigte die horizontale, leicht nach oben ansteigende, 69,50m lange, preventergeschützte Kernbohrung VEK102 (Bohransatzpunkt bei TM 4357,7 bzw. PK 29+655,9; L=69,5 m) ab 48,9 m einen trockenen Hochstegenmarmor.

Die Vorauserkundungsbohrungen VEK 111 bis 113 wurden alle drei als preventergeschützte Vollbohrungen mit einer Länge von 150m aus der Ortsbrust bei TM 4.419,80 bzw. PK 29+718,36 in Richtung Süden abgeteuft. Die Vorausbohrungen zeigen trockene Verhältnisse im Hochstegenmarmor. Der Vortrieb mit Abschlagslängen von 2,2 m bestätigte die Einschätzung, dass der Hochstegenmarmor über lange Abschnitte aus hydrogeologischer Sicht eine geringe bis mäßig hohe hydraulische Durchlässigkeit aufweisen kann, dahingehend die Zutrittsmengen gering (Klasse 0-1 l/s/10 m) sind.

5.2. Die Vorauserkundungsbohrung VEK119

Mit der Vorauserkundungsbohrung VEK119 änderte sich dann schlagartig die hydrogeologische Beschaffenheit des Hochstegenmarmors.

gen perlschnurartig angeordnet und daher bei einigen Bohrungen die Aufnahmefähigkeit reduziert war. Zudem enthielten die Lagen, bestehend aus Lösungsresidual mit Lockergesteinscharakter, auch einen sehr hohen Feinkornanteil.

Beim schrittweisen Auffahren der Trias kam es weiterhin zu Wasserzutritten in der

Größenordnung von einigen Litern/Sekunde. Nach Setzen der gebirgsverbessernden Maßnahmen und schlussendlich Durchörterung der Trias, konnte aus dem ca. 50m langen Abschnitt eine Restwassermenge von ca. 24 l/s für den sogenannten hydrogeologischen Teilstrom („sectional discharge“ gemäß Burger et.al.2022) gemessen werden.

Die Bohrung VEK119 wurde am 27. bis zum 28.11.2022 von der Ortsbrust aus bei TM 4.552,40 bzw. PK 29.850,56 als leicht steigende Horizontalbohrung in Richtung Süden mit einem Durchmesser von 120 mm und einer Länge von 123,5 m aufgeföhren. Bis 119 m wurde das Gebirge vom Bohrmeister als „hart und trocken“ dokumentiert, zwischen Bohrmeter 119,00 bis 119,40 war der Bohrwiderstand plötzlich sehr gering und es traten große, dunkelgeföhrtete Wassermengen (geschätzt 70 l/s) am Bohrlochmund aus. Das aufgrund des hohen Anteils an tonig-siltigem Feinkorn braun geföhrtete Wasser hatte bei einer Erstmessung eine elektrische Leitfähigkeit von 364 $\mu\text{S}/\text{cm}$, eine Temperatur von 23,3°C und einen pH Wert von 8,1. Nach dem Wiederverschluss der Bohrung erfolgte innerhalb von 15 Minuten ein rascher Druckanstieg auf 45 bar.

Zur hydraulischen Charakterisierung der Zone wurde ein Auslaufversuch durchgeführt, unter Verwendung drei ca. 15 m langer Absetzbecken im Erkundungsstollen, zur Absetzung des Feinkornanteils. Der Auslaufversuch wurde am 01.12.2022 von 14:36 bis 16:06 Uhr durchgeführt (Bild 7). Nach Verschießen der Bohrung wurde der Druckanstieg bis ca. 16:45 Uhr überwacht. Wesentlich ist, dass während des Auslaufversuches die Wassermenge augenscheinlich zurückging, aus Schätzungen und mittels Rückrechnungen von ursprünglich ca. 80 l/s auf ca. 60 l/s. Auffallend ist zudem

der zunächst leicht abfallende Temperaturwert von ca. 23,3°C auf 22,9°C mit konstant bleibender elektrischer Leitfähigkeit von ca. 340 bis 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bezüglich der Drucke wurden vor Durchführung des Auslaufversuches 45 bar gemessen, nach Durchführung des Auslaufversuches und Verschießen der Bohrung stieg der Druck innerhalb von knapp 40 min stufenweise auf 35 bar an.

Die mit Datenloggern ausgestatteten Grundwassermessstellen zeichneten mit einer Frequenz von 15 min die Wasserspiegelhöhen auf. Da die Grundwassermessstellen in unterschiedlicher Entfernung zur Endteufe der Vorauserkundungsbohrung liegen und auch in unterschiedlichen Lithologien und Tiefen verfiltert sind, kann eine umfassende Aussage über die Reaktion der Wasserspiegelhöhen aufgrund der Dränierung durch die Vorauserkundungsbohrung VEK119 im Erkundungsstollen gehen aus Bild 8 hervor. Die Ergebnisse der Messungen in den Grundwassermessstellen sind in Bild 9 zu sehen.

Aus den Ganglinien geht hervor, dass

- die Absenkungen der Wasserspiegelhöhen trotz kurzer Dauer des Auslaufversuches regionaler Natur sind
- die Wasserspiegelhöhen in den Grundwassermessstellen mit tiefen Filterstrecken stark betroffen sind

- die Wasserspiegelhöhen der in seichten Bereichen verfilterten Grundwassermessstellen im Hochstegenmarmor gering betroffen sind.

Aus den Daten konnte generell abgeleitet werden, dass es sich bei der aufgeföhrenen, stark wasserführenden Struktur innerhalb des Hochstegenmarmors um eine regionale, mit der Oberfläche verbundene, hoch durchlässige Struktur handeln muss, deren langfristige Dränierung zu regionalen Absenkungen der Wasserspiegelhöhen führen würde. Nicht auszuschließen sind bei langfristiger Dränierung in diesem Tunnelabschnitt auch Auswirkungen auf seichte Grundwasserkörper. Aus diesem Grund wurde die aufgeföhrene, stark wasserführende und unter hohen Drucken (max. gemessener Druck 53 bar) stehende Zone als injektionswürdiger Abschnitt eingestuft. Aufgrund der großen Zutrittsmengen und der damit abzuleitenden großen Kluftweiten wurde empfohlen, die Injektionsmethodik und insbesondere das Injektionsmedium diesen Gegebenheiten, insbesondere der zu erwartenden großen Aufnahmefähigkeit der Strukturen, anzupassen.

5.3. Hydrogeologische Erfahrungen beim Auffahren der stark wasserführenden Zone im Hochstegenmarmor

Beim Erkundungsstollen wurde der ca. 50 m lange Abschnitt zwischen ca. TM 4.675



Infrastruktur Experten gesucht!

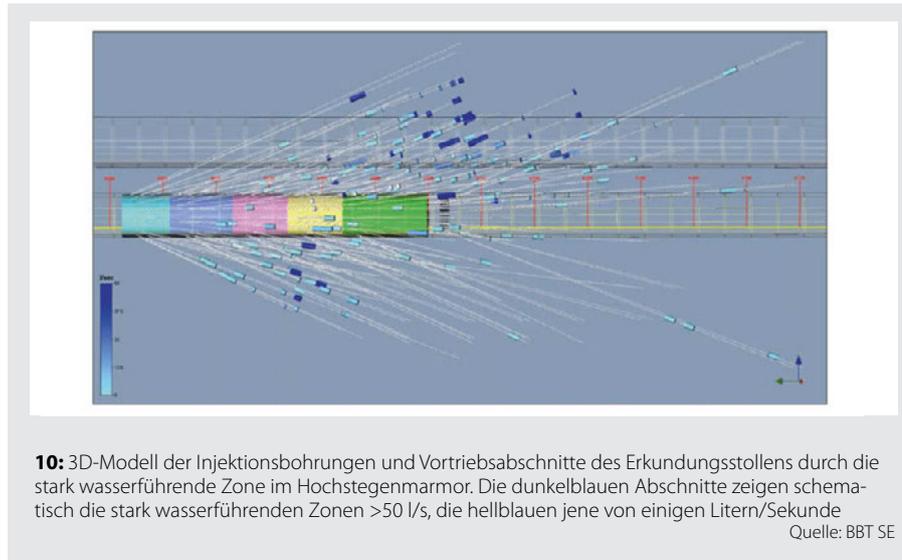
Büro oder Baustelle – als Traditionsunternehmen im Gleisbau bieten wir Platz für Talente mit Erfahrung und Know-how. Werden Sie Teil unseres Teams und überzeugen Sie mit Ihrem Fachwissen in Bau und Wartung.

Bewerben Sie sich jetzt!

Fragen rund um Bewerbung und Karriere beantwortet Ihnen gerne Frau Stefanie Bertram
T +49 2325 9551-0, bewerbungen.er@eiffage.de

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





10: 3D-Modell der Injektionsbohrungen und Vortriebsabschnitte des Erkundungsstollens durch die stark wasserführende Zone im Hochstegenmarmor. Die dunkelblauen Abschnitte zeigen schematisch die stark wasserführenden Zonen >50 l/s, die hellblauen jene von einigen Litern/Sekunde
Quelle: BBT SE

bzw. PK 29+973,16 und TM 4.725 bzw. PK 30+023,16, als regionale, stark wasserführende und damit injektionswürdige Zone eingestuft.

Die ringförmig angeordneten, auf 50 m Länge ausgelegten, großkalibrigen Injektionsbohrungen (120 mm) zeigten sehr stark variierende Zutrittsmengen, von trocken bis hin zu Wasserführungen bis zu ca. 80 l/s. (siehe Bild 10). Die gemessenen In-situ-Drucke belaufen sich auf max. 53 bar.

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Aufnahmefähigkeiten des Gebirges in den Injektionsbohrungen wurde grundsätzlich bei sehr stark wasserführenden Bohrungen ein Unterwasserbeton (Größtkorn 4mm) eingesetzt, welcher mit hohen Drucken (bis zu 100 bar, also ca. 50 bar größer als der In-situ-Druck) mit einer speziellen Betonpumpe verpresst wurde. Bei jenen Bohrungen mit geringeren Auslaufmengen wurden die bereits zur Gebirgsverbesserung im Abschnitt Trias erprobten Injektionsmaßnahmen mit Zement bis Feinstzement durchgeführt.

Zur Durchörterung der stark wasserführenden Zone im Hochstegenmarmor wurden in Summe 7 Injektionskampagnen durchgeführt. In Bild 10 sind schematisch die Injektionsbohrungen und deren Zutrittsmengen ersichtlich. Der vorab injizierte Abschnitt wurde dann durch Tunnelabschnitte mit der Länge von 10m bis max. 16 m mit Abschlagslängen von 1,30 m aufgefahren.

Die stark wasserführende Zone konnte aufgrund der Optimierung der Injektionsmaßnahmen [3] erfolgreich durchörtert werden. Die Rest-Zutrittsmengen betragen aus dieser Zone nur einzelne Liter/Sekunde, sind somit vernachlässigbar.

6. Schlussfolgerungen

Die Hochstegenzone erwies sich mit den beiden geologischen Einheiten der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke und dem Hochstegenmarmor als hydrogeologisch herausforderndster Abschnitt des Projektes Brenner Basistunnel. Die Vorauserkundungsmaßnahmen in Form von preventer-geschützten Vollbohrungen erwiesen sich als wertvolle Werkzeuge zur Einstufung der Injektionswürdigkeit des Gebirges. Die hydraulischen Gegebenheiten der beiden Zonen sind grundsätzlich verschieden. So dominieren in der Trias an der Basis der Flatschspitzdecke poröse Gesteine mit sehr kleinen Poren (<1 mm). Die Injektionsmittel wurden dahingehend angepasst, wobei auch Feinstzement zum Einsatz kam.

Herausfordernd zeigte sich die Gebirgsverbesserung in der stark wasserführenden Zone innerhalb des Hochstegenmarmors. Sowohl die Reaktion der dränierend wirkenden Vorausbohrungen, insbesondere der großen Schüttungen, aber auch die Aufnahmefähigkeit des Gebirges für das Injektionsgut zeigen wesentliche Unterschiede zur ersten Zone. Dahingehend mussten sowohl die Erkundungsmaßnahmen als auch die Injektionen diesen Gegebenheiten angepasst werden. Zur Anwendung kamen diesbezüglich großkalibrige Bohrungen (d = 120 mm) und der Einsatz von Unterwasserbeton, der in großen Mengen (6 m³ pro Stunde) und unter hohen Drucken (100 bis 120 bar) in die cm bis dm weit geöffneten Lösungshohlräume verpresst werden konnte. Durch die von allen Projektbeteiligten (Bauherr, Bauunternehmen,

Örtliche Bauaufsicht und Behörde) gelebte, ziel- und lösungsorientierte Abwicklung des Projektes war eine erfolgreiche Gebirgsverbesserung und Durchörterung der hydrogeologisch anspruchsvollen Hochstegenzone möglich. ●

Literatur

[1] Brandner R., Reiter F., Töchterle A. (2008): Überblick zu den Ergebnissen der geologischen Vorerkundung für den Brenner Basistunnel, *Geo.Alp*, Vol. 5, S. 165–174, 2008.
 [2] Burger U., Geisler T., Lehner F., Cordes T., Marcher T. (2022): Sectional discharges as geothermal potentials of deep tunnels, *Geomechanics and Tunneling* 15, No. 1, <https://doi.org/10.1002/geot.202100089>.
 [3] Burger, U., Hofmann, M., Leitner, S., Voringner, J. (2024): Interdisciplinary optimisation of injection methods in the construction lot H52 BBT, *Geomechanics and Tunneling*, issue 17/Vol.1, DOI: 10.1002/geot.202300056.
 [4] Hinterwirth S. (2022): 3D-Modellierung der Hochstegen-Formation des westlichen Tauernfensters im Bereich Brennerpass, *Tirol-Südtirol*; Hochschulschrift zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science (MSc), Institut für Geologie, Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften Universität Innsbruck.

Summary

Pre-drilling as an aid for hydraulic characterizing and determination of suitability for injection of the rocks

The main objective of pre-drillings which are being made in the Hochstegen section during the Brenner Base Tunnel construction, is the determination of injectable sections of the rock. Based on this, the hydraulic conditions in the rock are explored several tens of meter before the tunnel face. Particularly the characteristics of the drill hole discharge but also the reaction of the water level in the ground water measuring points which have been established from the surface at different positions and with different depths, are decisive for determining the suitability of injection of the rocks. In case this is given, mountain improvement measures have to be made before the drilling. Here, the hydraulic permeability of the rock surrounding the tunnel tubes has to be reduced to such an extent that there are no changes in the water level heights of shallow groundwater bodies when the tunnels are driven. Experiences from a hydrological perspective when carrying out pre-explorations and driving of the exploratory tunnel through the Hochstegen section are shown in this article.

Measurement as a Service – Zustandserfassung aus einer Hand

Für den reibungslosen Betrieb im Eisenbahnverkehr ist der optimale Zustand der Infrastruktur unerlässlich. Umfassende Erfahrung und eingehendes Fachwissen sind Grundvoraussetzungen. Zunehmender Fachkräftemangel wird durch den bevorstehenden Generationswechsel bei den Eisenbahnen in Kombination mit zahlreichen Pensionierungen verstärkt. Gleichzeitig muss das Bahnsystem immer effizienter gestaltet werden, um im Wettbewerb mit anderen Verkehrsträgern bestehen zu können. Der Schlüssel zur Bewältigung dieser Aufgabe liegt in der Entwicklung modernster Messsysteme und Messlösungen sowie effizienter Instandhaltungskonzepte. Anschaffung und Wartung dieser Systeme stellen für Bahninfrastrukturbetreiber eine Herausforderung dar, da sie zeitaufwendig und kostenintensiv sind und spezialisiertes Fachwissen erfordern. Zur Bewältigung dieser Aufgabe bietet das Konzept „Measurement as a Service“ eine optimale und nutzerorientierte Lösung.



1. End-to-End-Lösung durch die DRS Alliance

Zur Förderung einer effektiven Zusammenarbeit im Bereich digitaler Lösungen und Messsysteme im Gleisbau entstand im Oktober 2021 die Idee der Digital Railway Solutions Alliance (DRSA). Die Initiative zielt darauf ab, die obersten Prioritäten des Systems Bahn anzugehen: erhöhte Sicherheit, Effizienz und Kapazität. Unter der Schirmherrschaft der DRSA kooperieren mehrere Industriepartner, um Infrastrukturbetreibern den Zugang zu modernsten Mess- und Analysediensten zu erleichtern. So können die Betreiber die erforderlichen Messsysteme und Dienstleistungen nutzen, ohne selbst umfangreiche Investitionen in Fahrzeuge, Systeme, Personal und Schulungen tätigen zu müssen.

Nach der Gründung wurden fünf Bereiche identifiziert, um die Entwicklung digitaler End-to-End-Lösungen für die Bahninfrastruktur voranzutreiben [1]:

- **Integrierte Sensortechnologielösungen:** Ein umfassendes Portfolio hochmoderner Sensortechnologielösungen, das alle Bereiche des Eisenbahnbetriebs abdeckt.



David Buchbauer

Franz Plasser, Vermietung von Bahnbaumaschinen
Head of Technology Centre Purkersdorf
david.buchbauer@plassertheurer.com



Christian Obexer

Plasser Italiana s.r.l.
Technischer Leiter / Leiter Kompetenzzentrum Messtechnik
obexer_c@plasser.it



Dipl.-Ing. Bernhard Antony, BSc

Plasser & Theurer, Export von Bahnbaumaschinen
Head of Technology Centre Purkersdorf
bernhard.antony@plassertheurer.com



Benjamin Stuntner, MSc

Track Machines Connected (tmc)
Head of Product Management & NPI
benjamin.stuntner@tmconnected.com



Omar Mohamed, MSc

DMA s.r.l.
Direktor Geschäftsentwicklung
omohamed@dmatorino.it



Elena Crespo Domingo, MSc

Global Rail Group GRG GmbH
Consulting Manager / Head of Measurement Solutions at Global Rail Group
ecrespo@global-rail-group.com

- **3D+ Infrastruktur-Datenlösungen:** Eine interaktive, mit Zusatzinformationen hinterlegte 3D-Schnittstelle für Überwachung, Zugriff und Wartung von Gleisanlagen mittels digitaler Zwillinge, basierend auf dem Fachwissen und den Sensorlösungen der DRS-Allianzpartner sowie Drittsystemen wie z. B. InfraOS.
- **End-to-End Asset-Datenmanagement:** Die effektive Integration und Nutzung neu generierter digitaler Anlagendaten in Verbindung mit historischen Daten aus Archiven.



1: Evolutionsschritte der Gleislagevermessung

- **KI-basiertes vorausschauendes Infrastrukturmanagement:** Modulare Lösungen zur Optimierung des Gleis- und Weichenmanagements, von der Bewertung bis zur Umsetzung, basierend auf künstlicher Intelligenz.
- **Automatisierte Dienstleistungen für die Gleissicherheit:** Automatisierte Gleisstandhaltungsdienste, die mit dem Zugsteuerungssystem des Netzwerks kommunizieren, um Wartungsfenster effizient zu planen und die Sicherheit der Gleisarbeiter zu gewährleisten.

Zudem hat man vereinbart, sich gegenseitig bei der Verbesserung der Prozesse rund um die Instandhaltung der Eisenbahninfrastruktur zu unterstützen und dabei stets den Kundennutzen im Auge zu behalten. Ein Resultat aus diesem Fokus ist das Dienstleistungsangebot „Measurement as a Service“ (MaaS). Dabei haben sich die Industriepartner Plasser & Theurer (P&T) in Form des Technology Centre Purkersdorf (TCP) sowie Plasser Italiana als Systemintegratoren, die DMA S.r.l. (DMA) und die Track Machines Connected (tmc) als Hersteller von Messsystemen und Softwarelösungen für die Messdatenaufzeichnung sowie die Global Rail Group (GRG) als Consultingunternehmen zur Auswertung und Interpretation der Daten zusammengeschlossen. Gemeinsam kann die gesamte Zustandsüberwachung der Eisenbahninfrastruktur angeboten werden. Der Vorteil für den Kunden ergibt sich aufgrund der bestmöglich aufeinander abgestimmten Systeme und Abläufe sowie nur einem Ansprechpartner für eine gesamtheitliche Lösung. Natürlich können von der MaaS auch nur Teilaspekte bezogen werden oder die Dienstleistung noch durch weitere

Partner der DRSA ergänzt werden, wie zum Beispiel die Aufnahme von Georadardaten in Unterstützung durch die Firma Rail Track Analyzer (vormals Ground Control).

2. Gemeinsam als starker Partner

Jeder der derzeit fünf Partner von MaaS bringt einen spezifischen Mehrwert für die Erfassung und Beurteilung des Zustands der Eisenbahninfrastruktur ein. Doch erst durch die Kombination dieser Stärken entsteht der tatsächliche Mehrwert für das System.

Mit MaaS müssen Kunden Messsysteme und Messlösungen nicht kaufen und warten, sondern können auf den Service als Dienstleistung zugreifen. Dabei werden zusätzlich zu den eigentlichen Messungen auch die entsprechende Analysesoftware sowie Unterstützung bei der Entwicklung effizienter Instandhaltungskonzepte angeboten. Die daraus resultierenden Vorteile sind:

- Kosteneffizienz und Flexibilität durch Abonnement und die Reduzierung von Investitionskosten
- Fachkenntnisse in der Durchführung der Messungen
- Fortlaufende Aktualität der Messsysteme und Messlösungen ohne Neuinvestitionen
- Hohe Flexibilität im Einsatz
- Hohe Verfügbarkeit und kurzfristige Einsatzmöglichkeiten

Für jeden Anwendungsfall haben Experten der einzelnen Fachbereiche ein optimales Technikpaket zusammengestellt. Diese Pakete können flexibel miteinander kombiniert und je nach Streckenabschnitt und Bedarf eingesetzt werden. Mit jeder Messung können standardisierte Reports

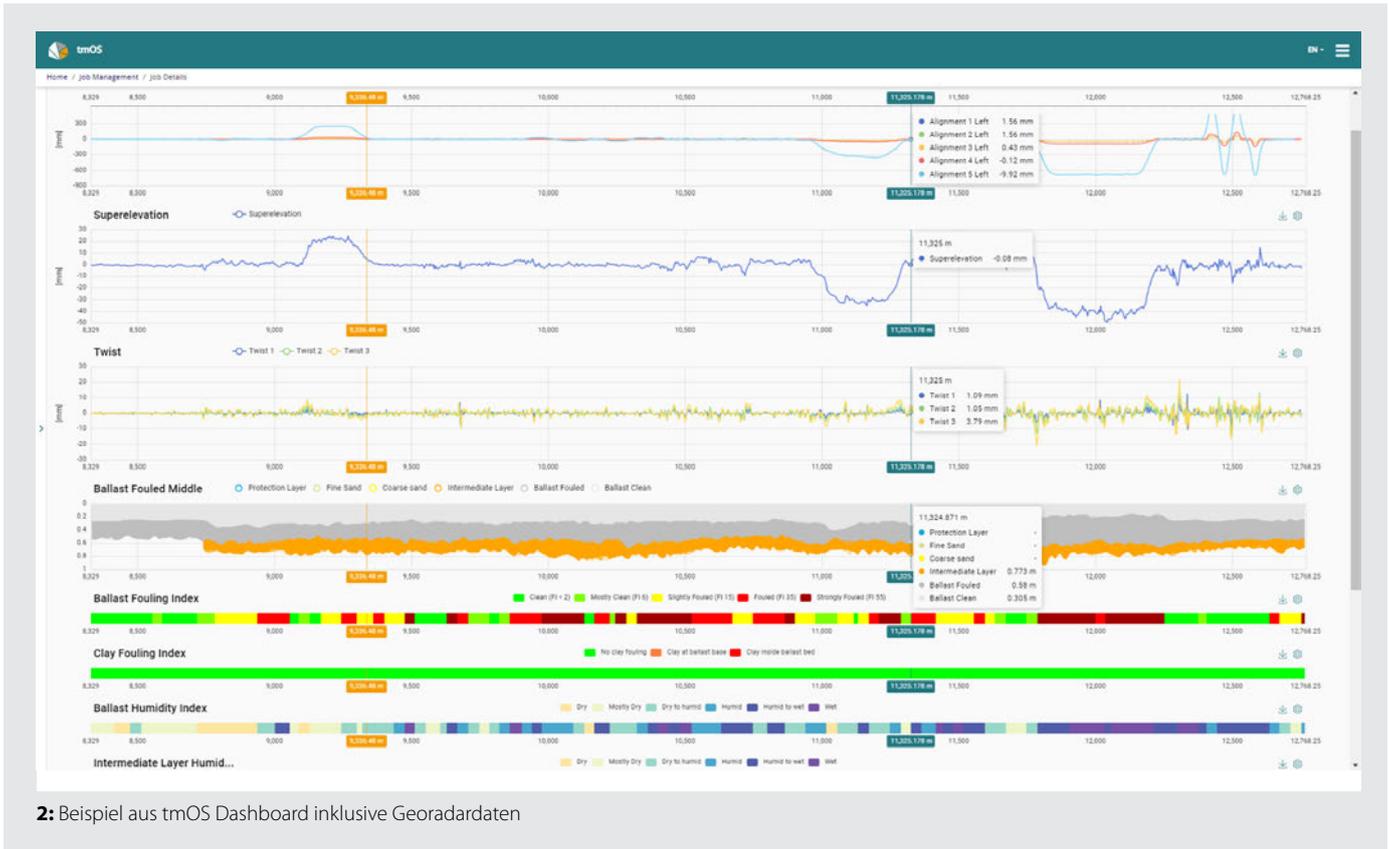
generiert werden. Zudem werden Schnittstellen zu den Partner-Plattformen tMOS, TracksNet, InfraScore und 3BInfra Asset Management angeboten. Letztendlich liegt es beim Kunden, das für ihn passende Paket auszuwählen.

3. Für jede Oberbaukomponente das richtige System

Die messtechnische Erfassung des Zustands des Eisenbahnoberbaus ist entscheidend, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Schienenverkehrs zu gewährleisten. Durch präzise Messungen können potenzielle Schwachstellen frühzeitig identifiziert werden; das erhöht die Verfügbarkeit und reduziert die Kosten. Für die Identifikation der Abweichungen vom Soll-Zustand sind neben den einzelnen Messsystemen auch Software-Lösungen als Unterstützung erforderlich. Im Folgenden werden die durch die MaaS eingesetzten Systeme exemplarisch beschrieben. Die Einteilung erfolgt dabei klassisch nach den Oberbaukomponenten.

Gleisgeometrie und Schotterzustand

Für die Ermittlung der Gleislage kommen inertielle Messsysteme zum Einsatz. Die Track Geometry Measurement Systems (TGMS) sind in verschiedenen Ausprägungen bei Plasser & Theurer, DMA und tmc Teil des Portfolios. Bei den verwendeten Systemen werden die Daten der inertialen Messeinheit mit modernsten Linienschnitt-Sensoren in Verbindung gebracht und daraus die Gleisgeometrie bei Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h (EM120VT) ermittelt. Dadurch können die relativen Gleislagewerte



nach EN13848 festgestellt werden. Teil des Systems ist auch die sofortige Überprüfung der Grenzwerte, die nach der Messung als Report zur Verfügung steht.

Neben der relativen Gleisgeometrie gewinnt gerade auf Hochgeschwindigkeitsstrecken die referenzierte oder auch absolute Gleisgeometrie immer mehr an Bedeutung. Um die Vermessung der referenzierten oder äußeren Gleisgeometrie zu optimieren, haben P&T und tmc ein gemeinsames System entwickelt. Dafür werden die vom Referenced Track Geometry System (RTG) erfassten Daten in einem mehrstufigen Post Processing-Verfahren in ein definiertes Koordinatensystem ausgegeben. Das Resultat ist eine präzise Vermessung der Gleisachse und Gleislage. Die RTG-Messungen werden bei einer Geschwindigkeit von bis zu 80 km/h durchgeführt; somit wird die Streckenverfügbarkeit nur minimal beeinträchtigt. Neben der referenzierten Gleislagebestimmung mittels des RTG-Systems kann im Post Processing auch eine absolute Gleislage (ATG) ermittelt werden. Dafür muss der Gleisvermarkungspunkt (GVP) mit geodätisch bestimmten Koordinaten ausgestattet sein.

Zusätzlich zu den Gleisagedaten können auch Parameter über den Schotterzu-

stand aufgezeichnet werden, beispielsweise mit dem Georadar vom DRSA-Partner Rail Track Analyzer. Diese Daten können ebenso wie die Gleislageparameter auf dem Central Application Hub track-machines-operating-system (tmOS) angezeigt werden. Die frühzeitige Erkennung des Schotterzustands mittels Georadar ermöglicht eine kostenschonende, nicht invasive Erfassung.

Schiene, Schwelle und Befestigungsmittel

Die Messung der Schienenoberfläche, des Längs- und Querprofils der Schienen ist erforderlich, um die Rad-Schiene-Interaktion zu bewerten und notwendige Wartungsmaßnahmen abzuleiten. Mit dem Rail Profile Measurement System (RPMS) der Firma DMA kann mittels Laserschnittsensoren das Querprofil der Schiene bestimmt werden. Die Sensoren sind als Array pro Seite angeordnet, um das benötigte Sichtfeld abzudecken. Im Vergleich der Messdaten zum Referenzprofil kann im Report der Verschleiß angezeigt werden. Das Software-Modul Contact zur Berechnung der äquivalenten Konizität nach EN15302 ist verfügbar.

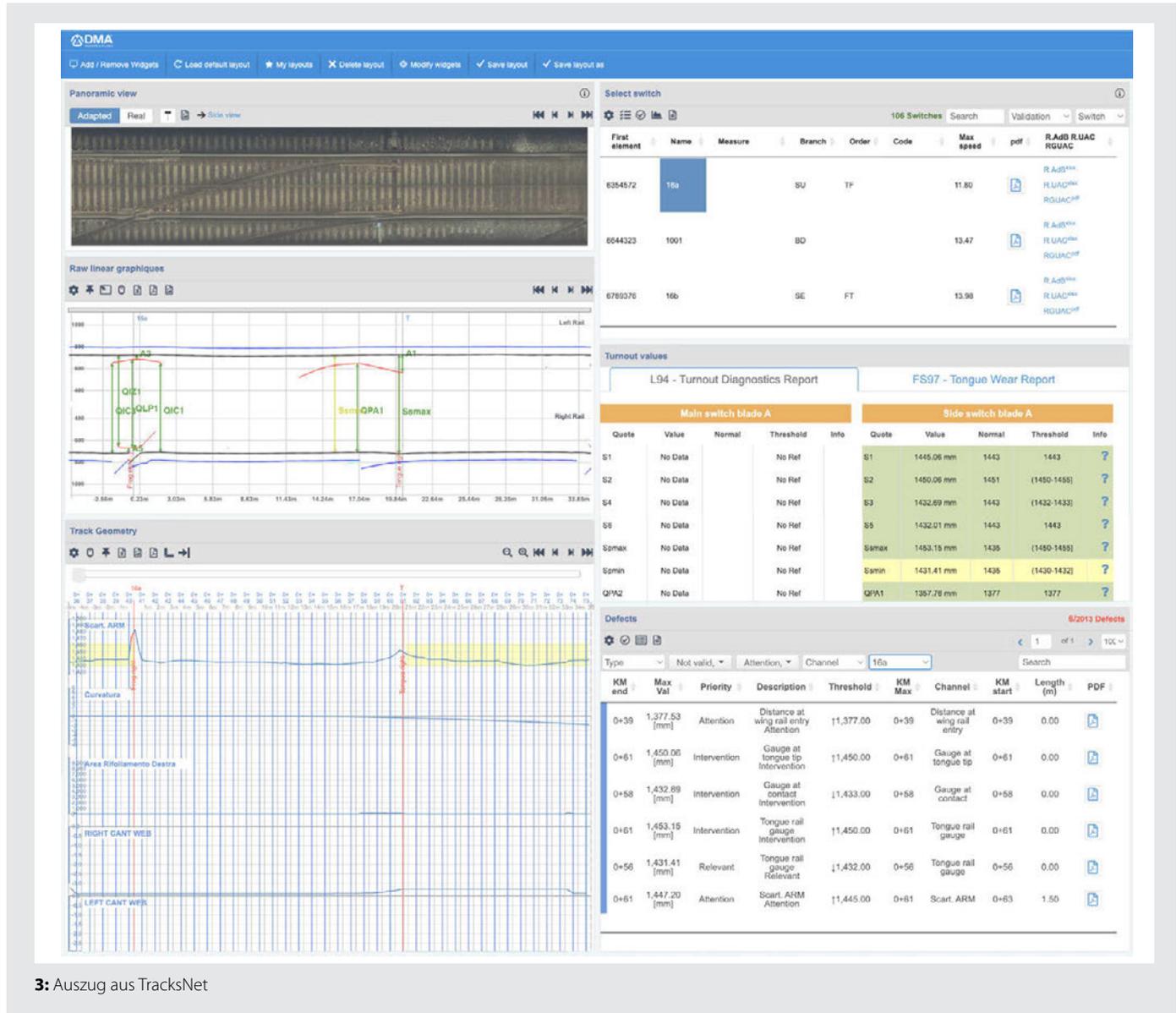
Der Zustand der Gleiskomponenten wird mit dem Track Component Video In-

spection System (TCVIS) der Firma DMA erfasst, einer Anordnung hochauflösender Kameras. Vor Umwelteinflüssen geschützt, ergibt sich in den Kamerabereichen ein homogen ausgeleuchtetes Feld, das mit äußerst kurzer Belichtung sehr hohe Auflösungen zulässt. Die Bilddaten werden nach der Messung über eine KI ausgewertet und eine automatisch erstellte Defektliste kann von Experten verifiziert werden. Fehler oder Abweichungen in den Klassifizierungen Schiene, Schwelle und Befestigung sowie deren Unterclustern können anschließend in der Datenbank TracksNet verfügbar gemacht werden; diese ist jedoch keine Voraussetzung für den Einsatz von TCVIS.

In Zukunft sollen auch Messsysteme zur Erfassung des Schädigungszustands von Schienen (z.B. Wirbelstrommessung, magnetische Streuflussmessung und/oder Ultraschallmessung) in dieses Modul integriert werden.

Weichen und Kreuzungen

Beim Turnout Crossing Measurement System (TCMS) der Firma DMA werden alle relevanten geometrischen Daten von Weichen und Weichenkreuzungen entsprechend der



3: Auszug aus TracksNet

Betreiberrichtlinien automatisch aufgenommen beziehungsweise berechnet.

Darüber hinaus werden Inspektionsmaße, je nach Weichentyp, als belastete und teilbelastete Messung bestimmt. Dieser Prozess erfolgt automatisiert und unterliegt keiner vorbestimmten Reihenfolge, wie Hauptstrang und abzweigender Strang dabei zu befahren sind. Die Messung kann zu jedem Zeitpunkt unterbrochen und später fortgesetzt werden. Die Integration der einzelnen Messungen erfolgt ebenfalls vollautomatisch. Für die Aufzeichnung der Daten ist keine Sperrung des Gleises erforderlich. [2]

Oberleitung

Mit zwei zueinander ausgerichteten, am Fahrzeugdach angebrachten Radareinheiten, dem Wire Geometry Measuring System

(WGMS) der Firma DMA, wird die Lage des Fahrdrachts bestimmt und mit dem Gleiskörper in Relation gebracht. Ein entscheidender Faktor ist die wartungsfreie Technologie, die nicht durch Verschmutzung oder Regenwasser beeinflusst werden kann. Die gemessene Geometrie der Oberleitung wird zusammen mit den anderen Parametern gespeichert und als Report verfügbar gemacht.

4. Je nach Anforderung die optimale Lösung

Ziel der MaaS ist es, eine für den Kunden maßgeschneiderte Messdienstleistung anzubieten. Für ein höchstmögliches Maß an Flexibilität stehen neben den Messsystemen auch unterschiedliche Trägerplattformen für die Durchführung zur Verfügung. Je nach Anforderung an die Messsysteme und ab-

hängig von den Rahmenbedingungen der vorhandenen Infrastruktur gibt es vielfältige Umsetzungsvarianten. Beispielsweise können die Messsysteme als Individuallösungen auf Kundenmaschinen installiert und eingesetzt werden oder es kann auf Fahrzeuge aus dem Bestand der MaaS-Initiative zurückgegriffen werden, wie zum Beispiel auf das Zweibege-Fahrzeug – den InfraSpector-Truck – der Plasser Italiana sowie auf einen der beiden Messwagen des TCP.

Der InfraSpector-Truck ist speziell für urbane Infrastrukturen in Europa ausgelegt, wobei es die Flexibilität und die Fähigkeit zur Fortbewegung auf Straßen ermöglicht, Messorte flexibel anzufahren. Zudem wird der InfraSpector-Truck als Prüflabor gemäß der DIN ISO/IEC17025 akkreditiert, ein entscheidender Faktor für die Qualität und Zuverlässigkeit der Messungen. Diese

internationale Norm legt detaillierte Anforderungen an Kompetenz, Unparteilichkeit und konsistente Arbeitsweise von Prüflaboren fest, um vertrauenswürdige Messergebnisse sicherzustellen. Dies ist für die Eisenbahninfrastruktur essenziell, damit durch präzise und zuverlässige Messdaten die hohen Anforderungen an Sicherheit und Qualität erfüllt bleiben.

Die Messwagenflotte des TCP umfasst den EM100VT und den EM120VT, auf denen eine konventionelle inertielle Gleislagemessung nach EN13848 installiert ist. Je nach Regulativ des Auftraggebers können Grenzwerte für Aufmerksamkeitsschwelle, Eingriffsschwelle und Sofort-Eingriffsschwelle angepasst werden. Die Messfahrzeuge sind auch mit Georadaranlagen ausgestattet. Zudem verfügen sie über einen dreifachen LiDAR-Scanner, mit dem 3D-Punktwolken generiert werden können. Dies ist für Planungszwecke wie auch für virtuelle Begehungen ein entscheidender Mehrwert. [3] Für beide Messfahrzeuge ist nach Abschluss der letztgültigen Hardware-Updates ebenfalls eine Akkreditierung nach ISO 17025 geplant.

Darüber hinaus ist der EM100VT mit dem TCMS ausgestattet, das die Vermessung von ganzen Bahnhöfen ohne Streckensperrung innerhalb kürzester Zeit ermöglicht. Auf dem EM120VT ist das TCVIS installiert. Alle Komponenten sowie Mess- und Analyseleistungen sind fast unbegrenzt kombinierbar. Die Berichterlegung lässt sich spezifisch anpassen und nach Kundenwunsch übermitteln. [3]

Als erstes Beispiel für ein gemeinsam mit dem deutschen Ingenieurbüro OBERMEYER erfolgreich umgesetztes MaaS-Projekt ist die Messkampagne zur Erneuerung der Schnellfahrstrecke 1733 Hannover – Würzburg anzuführen. Mit hochmodernen Laserscannern und Bildaufnahmen wurde ein detailliertes, dreidimensionales Abbild der Strecke erstellt. Dies ermöglichte eine virtuelle Begehung im Büro und legte den Grundstein für einen digitalen Zwilling, der zur Maßnahmenplanung und Massenermittlung genutzt wurde. In nur zwei Arbeitsschichten erfasste der EM100VT die Bestandsstrecke (523 km Gleis) und konnte so den ursprünglichen Begehungsaufwand von 60 Tagen signifikant reduzieren.

Ein weiteres Beispiel ist die Zusammenarbeit auf einer Schwerlaststrecke (Heavy Haul) in Kolumbien. Hier wurden die Messsysteme von Plasser Italiana auf einem vom Kunden bereitgestellten Fahrzeug integriert, um eine detaillierte Zustandserfassung des Netzes durchzuführen. Anhand der gewonnenen Messdaten und deren Analyse durch die GRG wurde eine kurz-, mittel- und langfristige Instandhaltungsstrategie entwickelt, die speziell auf die Bedürfnisse und Merkmale des Kunden zugeschnitten ist.

5. Aufzeichnung, Auswertung und Ableitung von Instandhaltungsmaßnahmen

Um das Zusammenspiel von Vermessung, Arbeitsvorbereitung und Arbeitsdurchführung zu gewährleisten,

ETCS in Deutschland

Die aktualisierte und erweiterte 2. Auflage des erfolgreichen Handbuchs liefert einen **umfassenden Einblick in das European Train Control System** allgemein und seine **Realisierung in Deutschland**.

Jetzt zum
Vorbestellpreis:
Neuaufgabe
August 2024



2. Auflage Aug. 2024,
Hrsg. Jochen Trinckauf,
Ulrich Maschek, Richard Kahl,
ca. 450 Seiten, Hardcover,
ISBN 978-3-96245-263-6,
Print mit E-Book Inside,
Vorbestellpreis € 79,-*
(statt € 89,-* nach Erscheinen)
[www.trackoedia.com/
etcsdeutschland](http://www.trackoedia.com/etcsdeutschland)

MIT
E-BOOK
INSIDE

Mehr Infos und Bestellung:
www.trackoedia.com



NEU

**Die Zukunft der Mobilität –
Digitale Schiene Deutschland**
Print € 29,-*
[www.trackoedia.com/
digischiene](http://www.trackoedia.com/digischiene)



MIT
E-BOOK
INSIDE

**Handbuch Bremstechnik
von Eisenbahnfahrzeugen,**
Print mit E-Book Inside € 89,-*
[www.trackoedia.com/
bremstechnik](http://www.trackoedia.com/bremstechnik)

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:
Tel.: +49 7953 718-9092
Fax: +49 40 228679-503
E-Mail: office@trackoedia.com
Online: www.trackoedia.com

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



4: Übersichtsgrafik EM100VT des TCP

ist ein reibungsloser Datenaustausch zwischen verschiedensten Systemen erforderlich. So sind beispielsweise mehrere Schritte notwendig, um von einer Vormessung mit dem RTG-System zu fertigen Korrekturdaten für das Präzisions-Instandhaltungsverfahren zu gelangen. Trotzdem erlauben es die neuen Systeme, dass alle Arbeitsschritte direkt auf oder mit der Gleisbaumaschine geteilt werden.

TracksNet aus dem DMA-Portfolio umfasst tiefgehende Auswerte- und Datenbankfunktionen mit integriertem Viewer, in dem Messdaten jeglicher Systeme dargestellt, bewertet und exportiert werden können. Verstärkt setzt diese Lösung auf die Messdaten und das Verfügbar-Machen von Exporten und Reports. Eine spätere Berichterlegung, auch mit veränderten Grenzwerten, ist jederzeit möglich. TracksNet bietet eine vollumfängliche Hostlösung aller Daten an, wobei alle Systeme immer voll verortet dargestellt werden.

MaaS bietet unter der Schirmherrschaft der DRSA und ihr Mitglied GRG eine Komplettlösung an zur Vor-Ort-Analyse des aktuellen Zustands des Oberbaus durch Messkampagnen und technische Audits. Die gesammelten Daten werden analysiert und interpretiert, um fundierte Entscheidungen im Asset-Management zu ermöglichen. Die GRG kombiniert das fundierte Fachwissen ihres internationalen Expertenteams mit modernsten IT-Tools und Methoden, um effektives Datenmanagement und fortgeschrittene Analysen zu gewährleisten. Diese Informationen helfen, die

Lebenszykluskosten (LCC) der Oberbauanlagen zu optimieren und die Betriebssicherheit durch präzise Analyse der Ursachen zu gewährleisten.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Digital Railway Solutions Alliance ist eine Kooperation im Bereich digitaler Lösungen und Messsysteme im Gleisbau. Durch die Zusammenarbeit mehrerer Industriepartner im Rahmen der DRSA erhalten die Infrastrukturbetreiber einfachen Zugang zu verschiedensten Mess- und Analysediensten. Die Initiative „Measurement as a Service“ bietet den Kunden eine ganzheitliche Lösung für die Zustandsüberwachung der Eisenbahninfrastruktur an. Die MaaS ermöglicht kundenspezifische Messdienstleistungen und maximale Flexibilität durch verschiedene Trägerplattformen, einschließlich individueller Installation auf Kundenmaschinen oder Nutzung von vorhandenen Fahrzeugen wie dem InfraSpector-Truck von Plasser Italiana oder einem der beiden Messwagen des TCP. Die Partnerschaft wird durch zahlreiche Software-Lösungen von DMA und tmc ergänzt, um die bestmögliche Datenaufbereitung abzusichern. Die Global Rail Group unterstützt die Kunden bei der Interpretation der Daten und liefert maßgeschneiderte Instandhaltungsstrategien für ihre Infrastruktur. Das Angebot soll in den kommenden Jahren weiter ausgebaut und durch zusätzliche Partner ergänzt werden. ●

Literatur

- [1] https://www.digitalrailwaysolutions-alliance.com/fileadmin/user_upload/News/DRSA_PressRelease_IAF.pdf, abgerufen am 19.05.2024.
- [2] Mohamed, O., Buchbauer, D.: Belastete und Automatisierte Weicheninspektionen – die Praktische Umsetzung, ÖVG-Weichentagung 2023 am 21.11.2023.
- [3] Brennsteiner, A.; Obexer, C.; Buchbauer, D.: Umrüstung von Bestandsfahrzeugen zu hochtechnologischen Messfahrzeugen – ZEV Rail (2023), Ausgabe 05.

Summary

Measurement as a Service – Condition Surveying from a Single Source

The Digital Railway Solutions Alliance is a co-operation in the field of digital solutions and measuring systems in track maintenance. Thanks to the cooperation of several industry partners within the framework of the DRSA, infrastructure managers have easy access to a wide range of measuring and analysis services. The MaaS initiative offers customers a holistic solution for monitoring the condition of railway infrastructure. MaaS enables customized measuring services and maximum flexibility through various carrier platforms, including individual installation on customer machines or use of existing vehicles such as Plasser Italiana's InfraSpector Truck or one of TCP's two track inspection vehicles. The partnership is complemented by numerous software solutions from DMA and tmc to ensure the best possible data preparation. The Global Rail Group supports customers in interpreting the data and provides customized maintenance strategies for their infrastructure. The range is to be further expanded in the coming years and supplemented by additional partners.

Untersuchungen zum Verformungsverhalten von Rillenschienengleisen durch Feldmessungen

Straßenbahnen sichern die Mobilität in Städten. Das Rillenschienengleis, welches häufig für Straßenbahnen eingesetzt wird, muss hierbei den Belastungen aus den Überfahrten dauerhaft widerstehen. Hierzu wurden durch das Institut für Verkehrswegebau der TU Darmstadt die Verformungen der Rillenschienen an verschiedenen Stellen im Straßenbahnnetz einer Stadt in Deutschland gemessen und ausgewertet.



1. Problemstellung und Ziel

Die Straßenbahn ist ein essenzieller Bestandteil des öffentlichen Personennahverkehrs in Städten. Ähnlich wie die Eisenbahn ist die Straßenbahn in der Lage, viele Fahrgäste in kurzen Taktzeiten effizient zu befördern. Diese Funktion kann die Straßenbahn jedoch nur erfüllen, wenn der Verkehrsweg, den sie nutzt, einwandfrei funktioniert und damit gebrauchstauglich ist. Aufbau und Belastung der Verkehrswege von Straßenbahnen ähneln denen der Eisenbahn, unterscheiden sich jedoch in einigen entscheidenden Komponenten hinsichtlich Ausführung und Detailgrad. Dadurch können die jahrelang entwickelten und validierten Regelwerke der Eisenbahn für den Bau und die Bemessung von Verkehrswegen für Straßenbahnen nicht vollumfänglich angewendet werden.

Zudem sind die verbindlichen Vorgaben für die Verkehrswege von Straßenbahnen in den in Deutschland geltenden Regelwerken auf ein Minimum beschränkt und lassen somit der Gestaltung des Oberbaus große Freiräume. Es haben sich eine Vielzahl von Oberbausystemen entwickelt. Sie unterscheiden sich sowohl in der konstruktiven Gestaltung als auch in der Wahl der Baustoffe.

Um die Gebrauchstauglichkeit von Verkehrswegen für Straßenbahnen nachzuweisen, können für Komponenten des Oberbausystems sowohl Versuche im Labor durchgeführt als auch die Verformun-

gen der Komponenten im Feld gemessen werden.

In diesem Fall war es Ziel des Forschungsprojektes, auf dessen Grundlage der vorliegende Artikel entstanden ist, für einen Verkehrsbetrieb in einer Stadt in Deutschland die realen Verformungen von Rillenschienengleisen im Feld zu messen, um die Gebrauchstauglichkeit eines Schienenbefestigungssystems zu bestimmen. Oberbausysteme, die für Neu- und Umbauten vorgesehen sind, unterliegen einer Prüfung nach der einschlägigen Norm EN 17319 „Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme für Straßenbahnen“ (aktuelle Version 2020). Hierbei wird neben einer Reihe von Versuchen unter anderem ein Dauerschwingversuch mit einer bestimmten Anzahl an Lastspielen durchgeführt, um die Belastung in der Realität zu simulieren. Dabei wird das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten innerhalb eines Systems und damit die dauerhafte Funktionsfähigkeit solcher Systeme geprüft. Die Prüfparameter sind denen der Prüfnormen für Eisenbahnsysteme sehr ähnlich. Die Erfahrungen aus dem Eisenbahnbereich zeigen, dass solche Prüfungen die Rolle einer einheitlichen Qualitätssicherung bei der Beschaffung von Befestigungssystemen übernommen haben und einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Gestaltung eines Fahrwegs leisten. Es ist ein wichtiger Schritt, dass es nun auch für Straßenbahnen eine entsprechende Norm gibt.



David Kempf, M. Sc.

seit 2020 am Institut für Verkehrswegebau der TU Darmstadt tätig, hat zuvor ebenfalls dort seinen Master-Abschluss erlangt
david.kempf@tu-darmstadt.de



Kazim Uzar, M. Sc.

seit 2021 am Institut für Verkehrswegebau tätig, hat zuvor am Institut PtU der TU Darmstadt seinen Master-Abschluss erlangt
kuzar@vwb.tu-darmstadt.de



Prof. Dr.-Ing. Jia Liu

Bauingenieurin, Leiterin des Institutes für Verkehrswegebau der TU Darmstadt
jliu@vwb.tu-darmstadt.de

Um sich den Fragestellungen anzunähern, ist es zunächst wichtig, die tatsächlichen Verformungen und Beanspruchungen solcher Oberbausysteme im Feld zu kennen.



Bei der Umsetzung stellt sich die Frage, ob bereits in der Praxis bewährte Befestigungssysteme, die vor der Herausgabe der oben genannten Norm im Netz eingesetzt wurden, ebenfalls den genannten Prüfungen unterzogen werden müssen, sofern diese Systeme für Neu- und Umbauten vorgesehen sind. Es ist auch eine Frage der Wirtschaftlichkeit, da bei der Anpassung des Befestigungssystems die Tragplatten bzw. die Schwellenformen häufiger angepasst werden müssen.

Die Erfahrung bei einem Verkehrsbetrieb zeigt, dass die Prüfungen im Labor an den vorhandenen und bewährten Befestigungssystemen die vorgeschriebene Anzahl an Lastspielen unter den vordefinierten Belastungen häufig nicht erreichen, auch wenn sie langjährig störungsfrei im Netz der Stadt im Betrieb waren.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die jetzt in der Norm EN 17319 „Leistungsanforderungen an Schienenbefestigungssysteme für Straßenbahnen“ (aktuelle Version 2020) festgelegten Prüfparameter auch für Straßenbahnen geeignet sind. Die Straßenbahnfahrzeuge müssen wesentlich flexibler sein, um durch deutlich engere Bögen fahren zu können. Welche Unterschiede hinsichtlich der Belastung und Lastverteilung zwischen Eisen- und Straßenbahn bestehen, ist derzeit noch eine relativ schwierige Frage, da aktuell relativ wenig Literatur bzw. wenige Erfahrungsberichte vorliegen.

Um sich den Fragestellungen anzunähern, ist es zunächst wichtig, die tatsächlichen Verformungen und Beanspruchungen solcher Oberbausysteme im Feld zu kennen. Aus diesem Grund wurde das Institut für Verkehrswegebau der Technischen Universität Darmstadt beauftragt, die tatsächlichen Verformungen eines bewährten Systems an fünf Messstellen mit



1: Das zu untersuchende Schienenbefestigungssystem nach der Freilegung der Raseneindeckung und Gummiummantelung

unterschiedlichen Rahmenbedingungen im Netz dieser Stadt zu erfassen.

2. Messstationen

Das zu messende Oberbausystem besteht aus zwei ummantelten Rillenschienen, welche auf einer durchgehenden Betontragplatte bzw. einem Betonlängsbalken befestigt sind. Am Stützpunkt besteht diese Befestigung aus Ankern, Klemmplatten, Elastomer-Zwischenlagen, Gummipressplatten sowie ggf. Höhenausgleichsplatten (siehe Bild 1). Im Zwischenschienenbereich ist die Schiene kontinuierlich untergossen. Zwischen den Schienenbefestigungen sind Spurstangen zur Erhöhung der Rahmensteifigkeit angebracht.

Die Messstellen unterscheiden sich hinsichtlich Eindeckung, Radius, Überhöhung

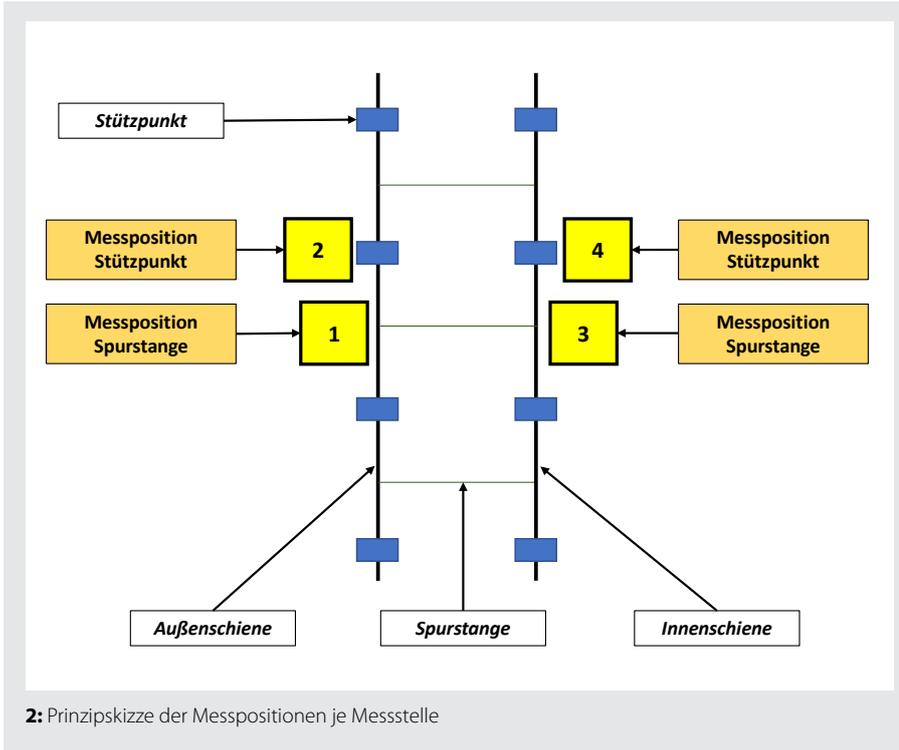
und bereits aufgenommener Belastung. Die in Tabelle 1 dargestellten Messstellen wurden für die Messung gewählt.

Als Auswahlkriterien für die Messstellen dienten Streckenabschnitte mit engen Bögen und somit einer vermutlich hohen Laterallasteinwirkung sowie Streckenabschnitte mit und ohne Eindeckung. Insbesondere bei großen seitlichen Schienenverformungen können die Abdeckungen zusätzlichen Halt bieten. Geschlossene Oberbausysteme sind daher hinsichtlich der Ableitung von Querkräften den offenen Systemen überlegen. Die später dargestellten Messergebnisse zeigen jedoch, dass dieser Vorteil erst dann zum Tragen kommt, wenn die seitlichen Verformungen ein bestimmtes Maß überschreiten. Eine statisch relevante Eindeckung liegt nur bei Messstelle 3 vor, da die Eindeckung des

Tabelle 1: Gewählte Messstellen

Messstelle	Oberbauart nach VDV 600	Eindeckung	Radius [m]	Überhöhung [mm]	Planerisch vorgesehene Querbeschleunigung [m/s ²]	Äquivalente 13-t-Achslastübergänge nach DIN EN 13146 [Mio.]	Äquivalente 10-t-Achslastübergänge nach DIN EN 17319 [Mio.]
1	Mit planmäßiger Vegetation	Rasen	20,5	40	0,59	0,70	1,96
2	Mit planmäßiger Vegetation	Rasen	∞ (Gerade)	0	0	0,70	1,96
3	Geschlossen	Asphalt und Faserbeton	22	0	0,59	0,43	1,21
4	Mit planmäßiger Vegetation	Rasen	20	0	0,87	0,32	0,92
5	Offen	Schotter	25	0	0,70	1,70	4,86

An allen fünf Messabschnitten wurden augenscheinlich keine funktionsrelevanten Schäden festgestellt.



2: Prinzipskizze der Messpositionen je Messstelle

geschlossenen Oberbaus aus Asphalt und Faserbeton besteht. Alle anderen Messstellen besaßen eine statisch nicht relevante Eindeckung mit offenem Oberbau oder Oberbau mit planmäßiger Vegetation. Es wurde auch eine Messung auf einer geraden Strecke durchgeführt, welche als Referenzstrecke für die Strecken mit engen Bögen diente.

3. Methodik

Während einer Überfahrt durch eine Straßenbahn kann eine Rillenschiene folgende Bewegungen erfahren:

- Vertikale Einsenkung
- Laterale Verschiebung
- Verdrehung der Rillenschiene
- Torsion am Schienenkopf

Alle genannten Verformungen wurden im Messkonzept berücksichtigt. Zusätzlich wurde die Wirkung der Spurstange im System berücksichtigt, indem die Messungen sowohl an der Spurstange als auch am Stützpunkt durchgeführt wurden. Die Spurstangen waren immer zwischen den Stützpunkten angeordnet. Die Abstände zwischen den Spurstangen sind je nach Messpunkt unterschiedlich und liegen zwi-

schen 1,5m bzw. 3m in engen Bögen und 3m auf gerader Strecke.

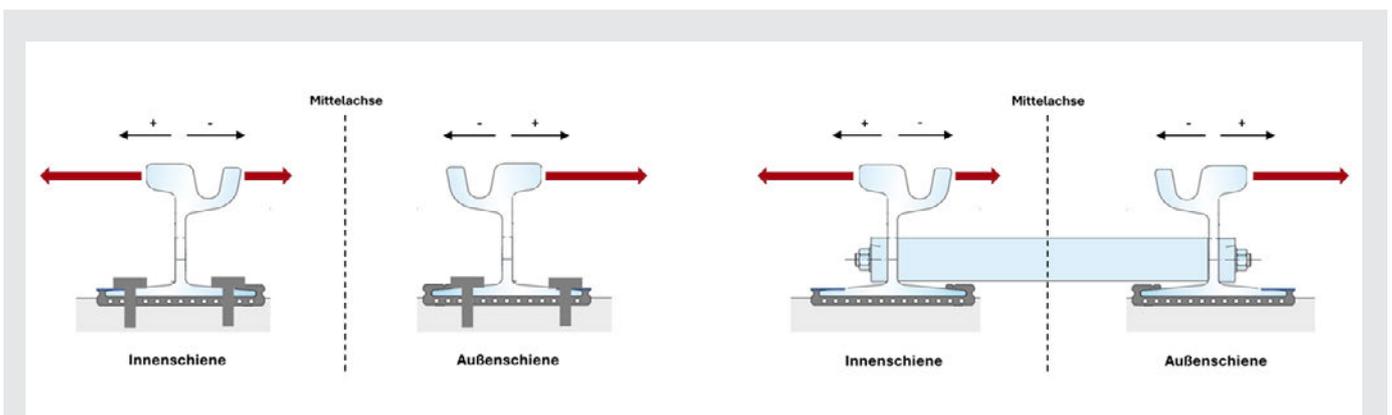
Zudem wurde an Außen- und Innenschiene gemessen. Aufgrund der nicht bekannten Lastübertragung der Straßenbahnachsen in engen Bögen ist es sinnvoll, beide Schienen gleichzeitig zu betrachten.

Das angewandte Messkonzept erfasste die genannten Bewegungen ausschließlich durch induktive Wegaufnehmer. Die Linearitätsabweichung der induktiven Wegaufnehmer beträgt $\leq 0,1\%$, wodurch eine hohe Genauigkeit beim Messen erreicht wird.

Die Sensoren wurden geometrisch am Schienenkopf, am Schienensteg und am Schienenfuß angebracht. Die Verdrehungen wurden anhand einfacher mathematischer Umrechnungen bestimmt. Die Messkette bestand zusätzlich aus einem Messverstärker und einem Laptop zur digitalen Erstprüfung der Messwerte sowie zur Datensicherung.

In Bild 2 sind die Messpositionen je Messstelle systematisch dargestellt.

Bei der Messung der Schienenkopfauslenkung wurde festgestellt, dass sich der Schienenkopf bei der Messung am Schienenstützpunkt und an der Spurstange lateral sowohl nach außen als auch nach innen bewegen kann. Daher wurden für die Mes-



3: Vorzeichendefinition der Schienenkopfauslenkung (links: Messung direkt an einem Schienenstützpunkt; rechts: Messung direkt an einer Spurstange)



4: Messung während der Überfahrt einer Straßenbahn auf einem Oberbau mit Eindeckung*.
 *): An der Messstelle wurde die Fahrbahn freigelegt. Die Freilegung ist jedoch auf eine kurze Länge beschränkt, so dass sie kaum Einfluss auf die Wirkungsweise des Systems hat.

sung Vorzeichendefinitionen getroffen, die in Bild 3 dargestellt sind.

In Bild 4 ist die Messung einer Überfahrt durch eine Straßenbahn dargestellt.

4. Fahrzeuge

Bei der Messung wurden die Überfahrten verschiedener Fahrzeugtypen hinsichtlich ihres Gewichts, ihrer Achszahl und der Achsabstände aufgezeichnet. Die Fahrzeuge hatten entweder sechs oder acht Achsen und fuhren mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten über die Messstelle. Die gemessenen Geschwindigkeiten lagen zwischen ca. 5 km/h und 14 km/h. Die Achslasten variierten zwischen 6,5 t und 12 t. Die am häufigsten erfasste Achslast war 11 t.

Die Taktzeiten waren an allen Messstellen vergleichbar (10-Minuten-Takt). Es wurde darauf geachtet, alle im Netz der Stadt vorhandenen Fahrzeugtypen bei der Messung aufzunehmen, um mögliche Einflüsse aus der Bauweise der Fahrzeuge ausschließen zu können. Um statistisch abgesicherte Aussagen treffen zu können, wurden an jeder Messstelle im vorgefundenen Takt mehrere Überfahrten pro Schiene aufgezeichnet. Die Messung wurde mit einer definierten Frequenz aufgezeichnet.

5. Ergebnisse und Ausblick

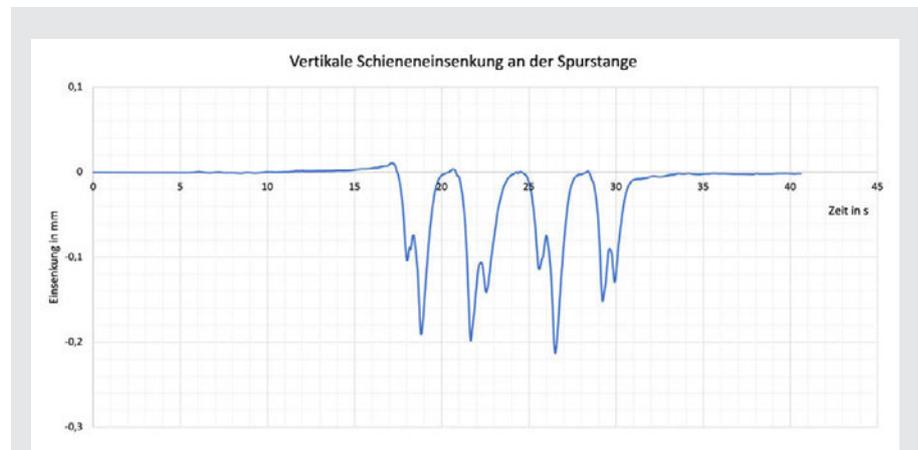
Ergebnisse

Nachfolgend sind zwei beispielhafte Messungen von Schieneneinsenkung und Schienenkopfauslenkung von der Messstelle 1 dargestellt.

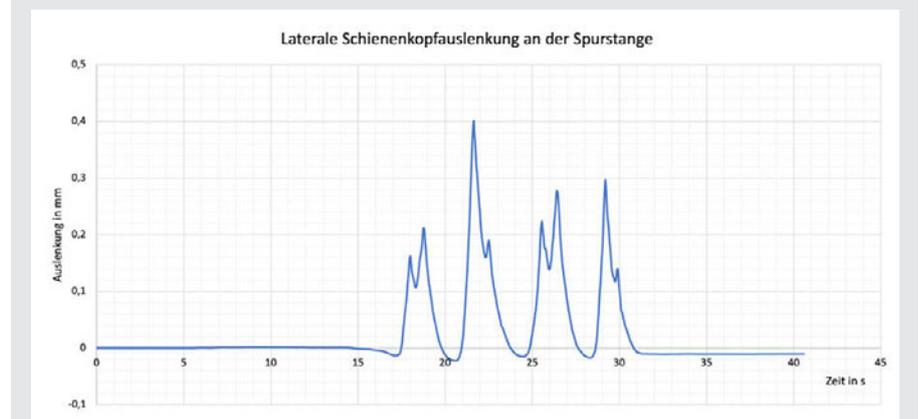
Zusammenfassung

Es wurden zahlreiche Messungen durchgeführt. Zusammenfassend kann Folgendes festgehalten werden:

- An allen fünf Messabschnitten wurden augenscheinlich keine funktionsrelevanten Schäden festgestellt.
- Die tatsächlich aufgetretenen Seitenbeschleunigungen der Fahrzeuge sind deutlich unterhalb der planerisch vorgesehenen Annahmen.
- Der Straßenbahnoberbau weist allgemein eine hohe Vertikalsteifigkeit auf (Ausnahme: Messstelle 5). Dieser Wert liegt bei Messstellen 1 bis 4 im Mittel über 300 kN/mm nach Umrechnung auf die einzelnen Stützpunkte in Abhängigkeit von den vorher festgestellten Stützpunktabständen. Die Steifigkeit dieses Oberbaus wird stark durch den harten Unterguss beeinflusst. Dies hat zur Folge, dass sich die Schienen an diesen vier Messstellen während der Überfahrten kaum verformen. Die Schieneneinsenkung liegt im Mittel deutlich unter 1 mm, die Schienenkopfauslenkung liegt im Mittel ebenfalls unter 1 mm. Dies ist unabhängig davon, ob das Oberbausystem mit einer statisch relevanten Ein-



5: Schieneneinsenkung



6: Schienenkopfauslenkung

deckung konstruiert ist. Die zusätzliche Stabilisierung einer statisch relevanten Eindeckung durch Asphalt bzw. Beton wird in diesen Fällen vermutlich nicht beansprucht, da sich die Schienen nicht so weit seitlich verformen können, dass sie eine nennenswerte Druckkraft auf die Eindeckungen ausüben.

- An der Messstelle 5 ist die äquivalente Stützpunktsteifigkeit am geringsten und beträgt nach einer Umrechnung im Mittel ca. 30 kN/mm. Hier treten die größten Verformungen auf. An der Außenschiene wird eine maximale Schieneneinsenkung von 1,67 mm und eine maximale Schienenkopfauslenkung von 1,51 mm gemessen. Diese vergleichsweise hohen Einsenkungen sind konstruktionsbedingt. Zum Zeitpunkt des Baus der Messstelle 5 wurde an dieser Stelle ein deutlich weicherer Polyurethanunterguss verwendet, um die Erschütterungen zu reduzieren. Diese Bauweise wurde in der Praxis nach Angaben des Betreibers aus anderen Gründen nicht weiterverfolgt. Für die Messkampagne ist dieser Abschnitt aufgrund der langen Liegedauer (17 Jahre) und der vergleichsweise hohen Verformungswerte entscheidend. Laut dem Betreiber und seinen Erfahrungen wurden – bis zum Zeitpunkt der Untersuchung – keine funktionsrelevanten Störungen an der Fahrbahn festgestellt. Aufgrund der im Vergleich zu Messstelle 5 deutlich geringeren Verformungen der Messstellen 1 bis 4 sowie der kürzeren Liegedauer kann davon ausgegangen werden, dass diese Abschnitte auf der sicheren Seite liegen.

Ausblick

Folgende Punkte blieben bis zum Zeitpunkt der Erfassung dieses Artikels offen:

- Die Erfassung der Schienenkopfauslenkung und ihrer Richtung nach innen und außen ermöglicht eine charakteristische Aussage über die Art und Weise, wie die Laterallasten auf die Schienen einwirkten. Jedoch ist die Messung nicht geeignet, die Laterallasten quantitativ zu bewerten.
- Es wird deutlich, dass die gemessenen Verformungen von den tatsächlich eingebrachten Kräften auf die Rillenschiene, also von den in der Praxis genutzten Fahrzeugen, abhängig sind. Diese Feststellung eröffnet weiteren Forschungsbedarf. Das Institut für Verkehrswegebau

der TU Darmstadt strebt für die Zukunft eine Zusammenarbeit mit Fachexperten auf dem Gebiet der Schienenfahrzeuge an, um das Thema „Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung bei Straßenbahnen“ noch umfassender zu erforschen.

Im Hinblick auf eine langfristige Nutzung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit ist eine weiterführende Untersuchung von Schienenbefestigungen im Bereich von Verkehrswegen für Straßenbahnen empfehlenswert. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise ein erweitertes Messkonzept denkbar, welches über einen deutlich längeren Zeitraum an den Messstellen angebracht wird. Dadurch könnten die jahreszeitlichen Einflüsse erfasst werden, um die temperaturinduzierten Einwirkungen auf die Komponenten des Oberbaus feststellen zu können. Derzeit werden an der TU Darmstadt weitere Fahrbahnsysteme im Nahverkehr hinsichtlich Lastabtragung und Verformung untersucht. •

Summary

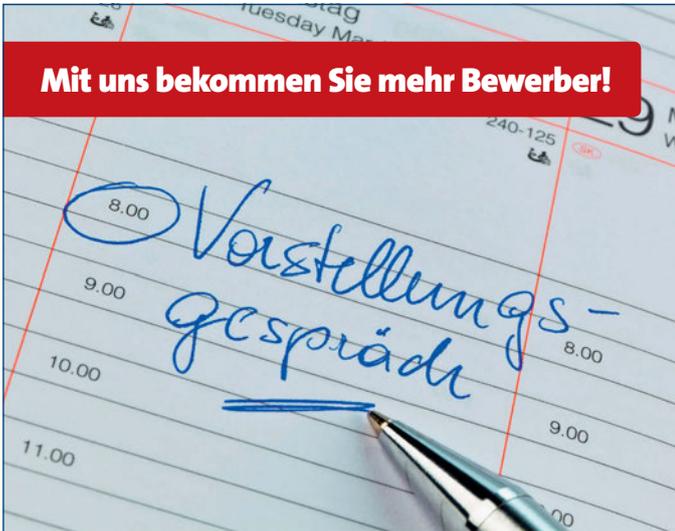
Investigation of deformation behavior of grooved rail tracks through field measurements

To define the actual deformation of grooved rail tracks, the Institut für Verkehrswegebau of TU Darmstadt applied a measurement concept at various points of the tramway network of a city in Germany. It was noted that the measured sections show no function-relevant damages and that the deflection of the measured systems depend on the forces actually applied which depends on the used vehicle in practice.

Literatur

- [1] DIN EN 13146: Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
 [2] DIN EN 17319:2020: Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme für Straßenbahnen. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Mit uns bekommen Sie mehr Bewerber!



Ihr Fachmann für Stellenanzeigen:

Tim Feindt

tim.feindt@dvvmedia.com

+49 40 237 14 220




Mängel bei der Zustandsfeststellung/ technischen Abnahme

Die durch die Bauüberwachung festgestellten Abweichungen von den Beschaffenheitsvorgaben in der Bauausführung sind technisch zu bewerten, um ggf. als Mangel zu gelten.



Die Bauüberwachung (BÜW) im Auftrag der Deutschen Bahn InfraGO AG überwacht u. a. gem. Bauüberwachungsvertrag die Leistungserfüllung des Auftragnehmers (AN) gem. den Beschaffenheitsvorgaben des Auftraggebers (AG) auf Grundlage des Bauvertrages und u. a. der VOB/B für eine qualitätsgerechte und mängelfrei erstellte Infrastruktur im Bereich der Eisenbahnen des Bundes (EdB).

Werden bei der stichprobenartigen Überwachung während der Leistungserbringung oder bei der Zustandsfeststellung/technischen Abnahme im Rahmen der Leistungsüberprüfung/-feststellung Abweichungen von den Beschaffenheitsvorgaben festgestellt, so ist die Abweichung gem. den entsprechenden technischen Regeln zu bewerten. Intolerante Abweichungen stellen eine mangelhafte Bauleistung dar und sind Anlass für die BÜW, den AG bzw. den Projektleiter (PL) und evtl. den Inbetriebnahmeverantwortlichen (IBV) zu informieren, damit ggf. eine Mängelrüge gegenüber dem AN ausgesprochen wird.

Beschaffenheitsvorgaben / Sachmangelfreie Bauleistung

Die Aufgaben für Planung und Bau von infrastrukturellen Anlagen werden gem. Richtlinie (Ril) 806.0000 „Bauüberwachung im Vorstandsressort Infrastruktur“ [1] vom verantwortlichen AG an den Bauherrn übergeben, der diese wiederum dem PL zuweist. Zur Vereinfachung wird im folgenden Text nur noch der AG genannt, auch wenn es sich um die dem PL zugewiesenen Aufgaben in der Bauherrenfunktion handelt.

Nach der Beauftragung der BÜW mit der Bauüberwachungsleistung durch den AG werden dieser u. a. die Ausschreibungsunterlagen und die Beschaffenheitsvorgaben, wie z. B. das Leistungsverzeichnis (LV) und die zur Bauausführung freigegebene Ausführungsplanung (AP), übergeben.

Bereits vor Beginn der Bauausführung sollte die BÜW sich mit den technischen Details der Bauausführung beschäftigen. Dabei sind u. a. folgende Fragestellungen zu beachten:



EURAIL-Ing., Dipl.-Ing. (FH), Ing. Magnus Hellmich
VDEI Fachausschuss KIB
SeniorExpert / ÜGG-Beauftragter
EPB GmbH, Gengenbach
eurailing.hellmich@web.de



EURAIL-Ing., Dipl.-Ing., SFI/IWE Alexander Schmackpfeffer
VDEI Fachausschuss KIB
EBA-PSV bei IngenieurGruppe Bauen Karlsruhe
alexander.schmackpfeffer@ingenieurgruppe-bauen.de



1: Mangelhafte Betonage



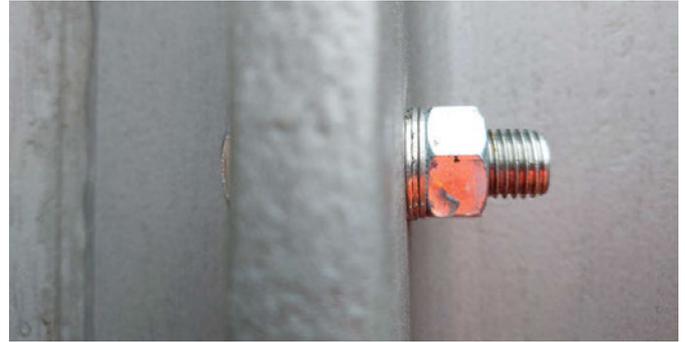
2: Planungs- oder Ausführungsmangel?



3: Fugenplan gem. ZTV-ING?



4: Überbaubewegung innerhalb der Toleranzen?



5: Nord-Lock-Verschraubung – eine Scheibe zu viel?

- Welches technische Regelwerk ist gem. Eisenbahnspezifischer Liste der Technischen Baubestimmungen (EiTB) [2] des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) und/oder Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen des Bundes (MVV TB) [3] bzw. Technische Baubestimmungen (TB) des jeweiligen Bundeslandes für die Bauausführung maßgebend bzw. zu beachten?
- Gibt es im betreffenden Regelwerk Vorgaben zu den Bauausführungstoleranzen?
- Sind die Beschaffenheitsvorgaben in der Ausführungsplanung durch den Prüfsachverständigen (PSV) geprüft und den Bauvorlageberechtigten (BVB) freigegeben worden und die Positionen auch im LV vollständig vorhanden?
- Gibt es Differenzen zwischen den Beschaffenheitsvorgaben und dem entsprechenden Regelwerk, die durch den AG noch zu klären sind?
- Sind Nebenbestimmungen des BVB in der Baufreigabe, des PSV im Prüfbericht oder im Baurecht bzw. in Gutachten zum Bauvorhaben vorhanden?

nach der Art der Leistung vom AN erwarten kann.

Zulässige Abweichung oder Mangel?

Nicht jede Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben bzw. technischen Regeln bei einer Zustandsfeststellung/technischen Abnahme i. S. d. § 4 Abs. 10 VOB/B ist ein Mangel.

In den Regelwerken können Toleranzen angegeben sein, die der AG akzeptieren muss, wenn nicht schon Beschaffenheitsvorgaben in den PSV-geprüften und BVB-freigegebenen Ausführungsplänen diese wiederum einschränken oder aufheben.

So gibt es z. B. für den Frischbeton Regelungen zum w/z-Wert im Handbuch 80400 „Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instandhalten“ [5], aber auch in den „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING) [6]. Die Regelungen zu den maximal zulässigen Abweichungen bzw. Toleranzen sind dazu in der DIN EN 206 „Beton – Fest-

legung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ [7] enthalten und wie folgt ergänzt worden: „Der festgelegte Zielwert des Wasserzementwertes w/z sollte mindestens um 0,02 unter dem jeweilig geforderten Grenzwert liegen.“

Eine ähnliche Problematik betrifft auch das Thema „Risse“.

Außerhalb der Toleranzvorgaben bzw. vereinbarten Beschaffenheitsvorgaben abweichende Bauleistungen stellen einen Sachmangel dar, der die Funktion/Gebrauchstauglichkeit und/oder (Stand-)Sicherheit beeinträchtigen kann.

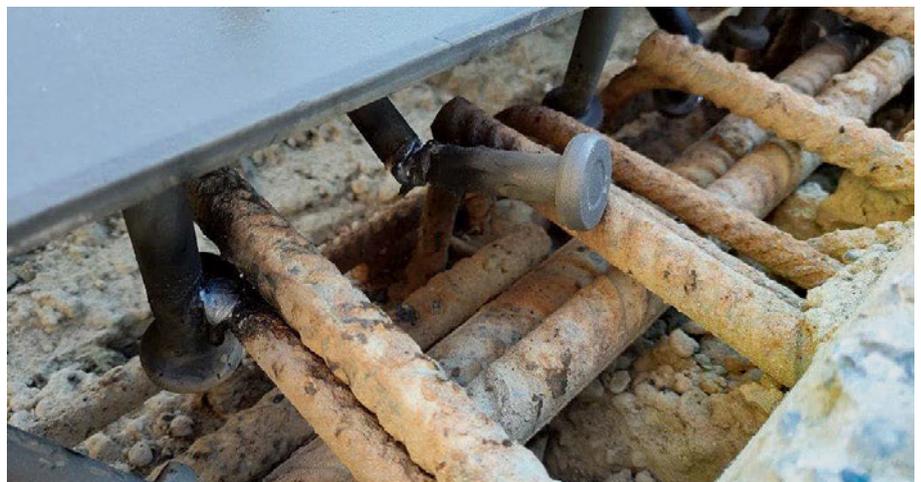
Bei einer möglichen Feststellung eines (Sach-) Mangels kann die Beantwortung folgender Fragen behilflich sein:

1. Einhaltung der Beschaffenheitsvereinbarung und der anerkannten Regeln der Technik?
2. Erfüllung der nach dem Vertrag vorausgesetzten Verwendung (Zweck)?
3. Entspricht der gewöhnlichen Verwendung und üblichen Beschaffenheit (Auffangtatbestand)?

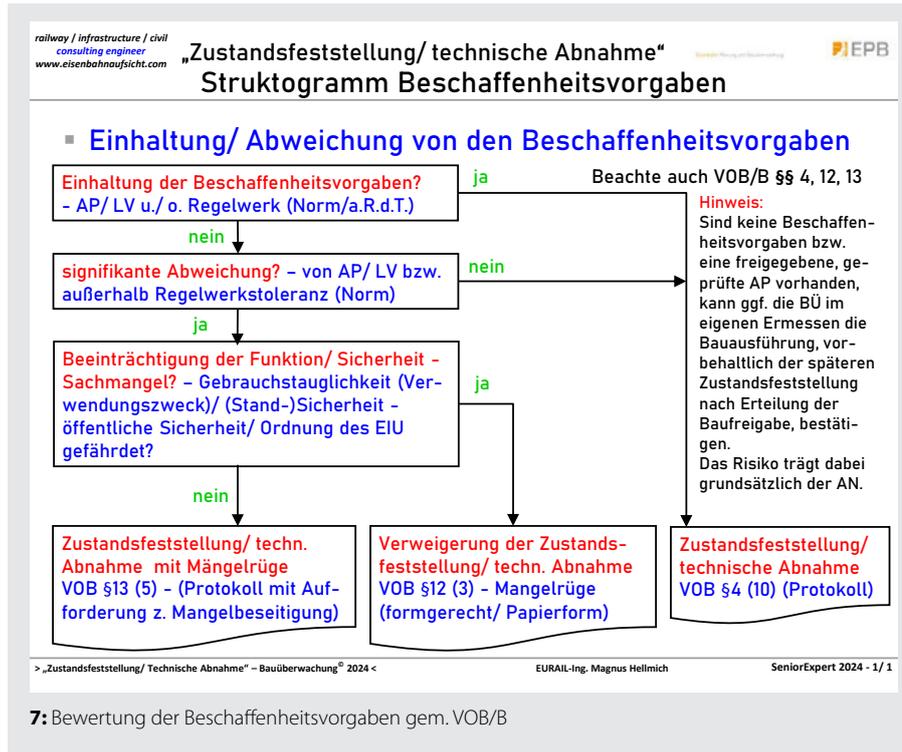
Zum Zeitpunkt der Zustandsfeststellung/technischen Abnahme soll die Bauleistung des AN gem. der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B (VOB/B) [4] § 13 (1) frei von Sachmängeln sein, d. h. die vereinbarte Beschaffenheit liegt vor und entspricht auch den anerkannten Regeln der Technik.

Ist die Beschaffenheit nicht vereinbart, so ist die Leistung sachmängelfrei, wenn

- diese die nach dem Vertrag vorausgesetzte Beschaffenheit aufweist bzw.
- für die gewöhnliche Verwendung geeignet ist und eine werksübliche Beschaffenheit gleicher Art aufweist, die der AG



6: Fachgerechter ÜKO-Einbau?



Werden diese Fragen mit einem „Ja“ beantwortet, kann man zwar von einer Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben, aber nicht von einem Mangel sprechen. Diese Abweichungen müssen vom AG geduldet werden.

Die VOB/B regelt in § 13 bzw. in seinen Absätzen die Mängelansprüche:

- Abs. 1 bis 3 - das Vorliegen eines Mangels bei einer nicht ordnungsgemäßen Leistung des AN
- Abs. 4 - die Verjährung, d.h. den spätesten Zeitpunkt der Geltendmachung der Mängelansprüche
- Abs. 5 bis 7 - die Mängelansprüche, d.h. Rechtsfolgen und Rechte des AG.

Prüfungs- und Bedenkenhinweispflichten des AN

Zur Vermeidung von Mängeln in seiner Bauausführung hat der AN die Prüfungs- und Bedenkenhinweispflicht,

- wenn er „Bedenken gegen die vorge-sehene Art der Ausführung, gegen die Güte der vom AG gelieferten Stoffe/ Bauteile oder gegen die Leistungen anderer Unternehmer“ hat (VOB/B § 4 Abs. 3),
- wenn ein Mangel auf Beschaffenheitsvorgaben, gelieferte/ vorgeschriebene Stoffe/ Bauteile des AG oder Beschaf-

fenheit der Vorleistung eines anderen Unternehmers zurückzuführen ist oder Mängel im Verantwortungsbereich Dritter (z.B. Planer o.a.) liegen (VOB/B §13 Abs. 3).

Der AN ist verpflichtet, diese ihm obliegenden Mitteilung unverzüglich dem AG, d.h. bereits vor Beginn der Arbeiten, schriftlich mitzuteilen.

Mängelarten

In der Ril 809.1000 „Infrastrukturmaßnahmen realisieren“ [8] Leistungsphasenmodul 8 „Bauausführung“ Pkt. 8.5.1 werden folgende Mängelarten wie folgt unterschieden:

- sicherheitsrelevante Mängel: „Mängel, die die Sicherheit oder Funktionsfähigkeit der Anlage beeinträchtigen bzw. beabsichtigte Abweichungen von den a. R. d. T. ohne Ausnahmegenehmigung“ (UiG/ ZIE – Sicherheit des Eisenbahn-/

Man kann Qualität nur herstellen, nicht erprüfен!

Baubetriebs bzw. öffentliche Sicherheit und Ordnung),

- nicht sicherheitsrelevante Mängel: „alle anderen Mängel mit der Folge von betrieblichen, wirtschaftlichen sowie sonstigen Einschränkungen der erstellten Infrastruktur“ (Gebrauchstauglichkeit),
- Mängel im Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz (nicht Gegenstand dieses Fachartikels).

Die Mängel können dabei unterschiedliche Ursachen haben, z. B.

- Mängel aus Planungsphasen,
- Ausführungsmängel fertiggestellter oder in Erstellung befindlicher Bauteile,
- Mängel aus dem Bestand (nicht Bestandteil des Bauauftrages bzw. Aufgabenstellung).

Während der Bauausführung oder bei den Zustandsfeststellungen/ technischen Abnahmen festgestellte Mängel und deren Ursachen sind vollständig bis zur Abnahme zu beseitigen.

Bauprodukte / Bauarten

Im Bauvertrag muss vereinbart werden, dass die Herstellervorgaben für Bauprodukte/ Bauarten durch den AN beachtet werden müssen, damit dieser auch für daraus resultierende Mängel haftet. Der AN ist zudem verpflichtet, die Verwendbar- bzw. Anwendbarkeitsnachweise der Bauprodukte/ Bauarten (z.B. Leistungserklärungen, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen) spätestens zu den Zustandsfeststellungen/ technischen Abnahmen der BÜW zu übergeben.

Eine Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben bei besserer Ausführung (z.B. eine höhere Druckfestigkeitsklasse des Betons) ist auch ein Mangel, den man unter Umständen bzw. bei Beachtung der Verhältnismäßigkeit belassen kann, wenn keine negativen Auswirkungen damit verbunden sind.

Mängelfeststellung und -beseitigung / Mängelrüge bzw. Mängelanzeige

Die durch die BÜW festgestellten Abweichungen von den Beschaffenheitsvorgaben bzw. Ausführungsmängel sind schriftlich und qualifiziert unverzüglich dem AG mitzuteilen.

Die Ril 809.1000 regelt unter Pkt. 8.7.4 zu einer Mängelfeststellung vor vertragli-

Die meisten Mängel werden hergestellt!



wirksam werden kann und im Eintrittsfall der AG die Beseitigungskosten beim AN rechtlich durchsetzen kann.

Ohne Fristsetzung besteht kein Mängelbeseitigungsanspruch, keine Verlängerung der Gewährleistungszeit und bei Ersatzvornahme auch kein Erstattungsanspruch gegenüber dem AN.

Bei signifikanten bzw. sicherheitsrelevanten Mängeln, die die öffentliche Sicherheit und Ordnung tangieren, ist die Zustandsfeststellung/technische Abnahme durch die BÜW gem. § 12 Abs. 3 zu verweigern und der AG darüber zu informieren.

Bei festgestellten Mängeln im Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz ist der AN verpflichtet, diese unverzüglich zu beseitigen.

Die Mitteilung der BÜW an den PL kann auch mit dem Vorschlag einer Mängelrüge gem. VOB/B § 13 Abs. 5 bzw. Mängelabhilfeanordnung und angemessener Fristsetzung zur Mängelbeseitigung gem. VOB/B § 4 Abs. 7 erfolgen, welche der AG sich zu eigen machen kann. Damit wird i.d.R. ein Mangel dem AN gerügt bzw. angezeigt und die Beseitigung verlangt. Deshalb wird die Mängelrüge ggf. auch als Mängelanzeige bezeichnet und ist die Voraussetzung für einen Mängelbeseitigungsanspruch.

Ggf. kann die BÜW auch durch den AG bevollmächtigt werden, bei festgestellten Abweichungen direkt mit dem AN zu kommunizieren, um zuerst einmal eine gemeinsame Bewertung der Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben vorzunehmen bzw. beim AN direkt die Revision der Leistung zu veranlassen.

Es wird dringendst empfohlen, von der Ril 809 bzw. VOB/B abweichende Prozessabläufe bezüglich festgestellter Abweichungen von den Beschaffenheitsvorgaben bzw. mangelhafte oder vertragswidrige Leistung betreffs Mängelinformation bzw. Mängelrüge zwischen AG (PL), AN und BÜW zuvor zu vereinbaren.

Erkannte Feststellungen bzw. Mängel sind gem. Ril 809.1000 Pkt. 8.5.6 mit protokolliertem Entscheid u.a. durch PL/IBV wie folgt zu klassifizieren:

- Feststellung als unwesentlich eingestuft und akzeptiert

© 2024 DVV Media Group GmbH. Nur zum persönlichen Gebrauch, eine Weitergabe ist ohne Genehmigung des Verlags strengstens untersagt.

BÜW
[...]
[...]
[...]

An
[PL/AG]
[...]
[...]
[...]

[Ort/ Baustelle], den [...]

Ril 809.1000 Pkt. 8.7.4 - Information über eine Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben
 VOB/B § 4 (7) – Information über eine mangelhafte oder vertragswidrige Leistung mit Empfehlung einer Mängelabhilfeanordnung und Fristsetzung (Baumängelrüge)

Bauvorhaben: [Bezeichnung/ Str. / km]
hier: [Bauleistung]
Ausführungsplan: [...] **LV-Position-Nr.:** [...]

Sehr geehrte Damen und Herren,

bei einer Baustellenbegehung bzw. Zustandsfeststellung (technischen Abnahme/ VOB/B § 4 (10)) am [Datum/ Uhrzeit] haben wir folgende unzulässige Abweichung bzw. mangelhafte oder vertragswidrige Leistung festgestellt:

- [Ort/ Bauteil]
- [Beschreibung der Abweichung von der Beschaffenheitsvereinbarung (technisches Regelwerk) / des Mangels oder vertragswidrigen Leistung]

Stellt der Sachverhalt einen Mangel dar, so ist der [AN] gem. § 13 Abs. 5 VOB/B aufzufordern, diesen Mangel zu beseitigen. Die Mängelbeseitigungsleistung sollte unverzüglich erfolgen, jedoch bis spätestens zum [Datum/ Uhrzeit].

Sollte eine ordnungsgemäße Erledigung in der gesetzten Frist nicht erfolgen, ist die Mängelbeseitigung auf Kosten des [AN] durch einen Dritten vornehmen lassen (§ 13 Abs. 5 Nr. 2 VOB/B).

Mit freundlichen Grüßen

[Name/ Unterschrift]

8: Information der Bauüberwachung an den PL

cher Abnahme, dass die BÜW diese Mängelfeststellung zu dokumentieren und den PL darüber zu informieren hat. Der PL bewertet gem. Pkt. 8.5.6 den Mangel und rügt bei entsprechender Klassifizierung den Mangel und verlangt vom AN die Beseitigung. Nach einer Bewertung der Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben als Mangel ist zudem gem. Pkt. 8.5.1 eine Mängelliste durch den PL zu führen.

In der Mängelrüge des AG sind Art/ Ausmaß (lokalisierte, konkrete Beschreibung der Symptome bzw. Abweichung von der Ausführungsplanung, LV-Position, Regelwerk o.ä.) und Ort des Mangels so genau wie möglich unter Angabe des Zeitpunktes der Feststellung zu benennen und

genügend aussagekräftige Beweismittel (z.B. geeignete Fotos mit Maßstab/Rissbreitenmesser) anzufügen. Bei Bedenken sei eine juristische bzw. gutachterliche Begleitung empfohlen.

Eine Erläuterung der vermuteten Ursachen ist nicht erforderlich. Es reicht bereits z.B. die Beschreibung „Feuchte bzw. nasse Stelle an der Arbeitsfuge ...“ aus. Ist aber z.B. eine unzulässige Abweichung von dem Ausführungsplan vorhanden oder wurde das Regelwerk nicht eingehalten, so sollte der vermutete Mangel konkret benannt werden.

Formell muss eine Mängelrüge des AG auch eine Kündigungsandrohung gem. § 13 Abs. 5 enthalten, damit diese auch

BÜW
[...]
[...]
[...]

An
[AN]
[...]
[...]
[...]

[Ort/ Baustelle], den [...]

Baumängelrüge Nr. [...]
gem. VOB/B § 4 (7) – Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben bzw. mangelhafte oder vertragswidrige Leistung mit Mängelabhilfeanordnung und Fristsetzung

Bauvorhaben: [Bezeichnung/ Str. / km]
hier: [Bauleistung]
Ausführungsplan: [...] **LV-Position-Nr.:** [...]

Sehr geehrte Damen und Herren,

bei einer Baustellenbegehung bzw. Zustandsfeststellung (technischen Abnahme/ VOB/B § 4 (10)) am [Datum/ Uhrzeit] haben wir folgende unzulässige Abweichung bzw. mangelhafte oder vertragswidrige Leistung festgestellt:

- [Ort/ Bauteil]
- [Beschreibung der Abweichung von der Beschaffenheitsvereinbarung (technischen Regelwerk) / des Mangels oder vertragswidrigen Leistung]

Hiermit fordern wir Sie gem. § 13 Abs. 5 VOB/B auf, unverzüglich die Abweichung/ den Mangel/ die vertragswidrige Leistung zu beseitigen. Die Mängelbeseitigungsleistung sollte unverzüglich erfolgen, jedoch bis spätestens zum [Datum/ Uhrzeit].

Die Erledigung bitten wir auf anliegendem Doppel zu bestätigen und uns dieses unterzeichnet möglichst kurzfristig zuzuleiten.

Sollte eine ordnungsgemäße Erledigung in der gesetzten Frist nicht erfolgen, müssten wir die Mängelbeseitigung auf Ihre Kosten durch einen Dritten vornehmen lassen (§ 13 Abs. 5 Nr. 2 VOB/B).

Mit freundlichen Grüßen

[Name/ Unterschrift]

9: Mängelrüge der Bauüberwachung an den AN

Eine wirksame Abnahmeverweigerung liegt nur dann vor, wenn die Beschaffenheitsvereinbarung nicht eindeutig erfüllt wurde und die Gründe dazu auch im Einzelnen darlegt wurden.

Dem AN obliegt allein, wann im Rahmen der vertraglich vereinbarten Termine und wie er die Mängelbeseitigung zur Erfüllung der Beschaffenheitsvereinbarung vornimmt. Die Mängelbeseitigungsleistung ist durch den AN der BÜW und dem AG (PL) anzuzeigen, damit eine Zustandsfeststellung/technische Abnahme durchgeführt werden kann. Eine Zustandsfeststellung der Mängelbeseitigungsleistung ist bei der BÜW nach der Fertigstellung der Leistung und, wenn kein wesentlicher Mangel mehr vorliegt, durch den AN zu beantragen. Die Anzeige der Mängelbeseitigungsleistung gilt auch für erfolglose Versuche des AN die Mängel zu beheben.

Offiziell bzw. rechtlich ist eine Abweichung von den Beschaffenheitsvorgaben oder vom Regelwerk erst bei der Durchführung der (End-)Abnahme ein festgestellter Mangel und berechtigt zur Mangelanzeige gem. VOB/B § 13 (5). Diese Mängel sind im Abnahmeprotokoll aufzunehmen und durch den AN fristgerecht zu beseitigen. Die Überwachung der Beseitigung von Gewährleistungsmängeln durch die BÜW nach der vertraglichen Abnahme ist gem. VOB/B § 13 (5) Nr. 1 gesondert zu vereinbaren und die Abnahme der Mängelbeseitigungsleistungen gesondert zu protokollieren.

Erkennt der AN den Mangel nicht an bzw. lehnt er eine Mängelbeseitigung ab, so kann nur ein Beweissicherungsverfahren des AG durch einen Sachverständigen (Gutachter) Klärung bringen.

Zur Vermeidung von Streitigkeiten kann es von Vorteil sein, sich vorab einvernehmlich auf einen gemeinsamen Sachverständigen zu einigen.

(Mit-)Haftung der BÜW

Grundsätzlich gilt die Beachtung der Prüfungs- und Bedenkenhinweispflicht gem. VOB/B für den AN.

Aber auch eine sach-/fachkundige, mit den besonderen eisenbahn- bzw. bautechnischen Kenntnissen beauftragte BÜW ist angehalten, den AG auf eine fehlende Anzeige des AN gem. seiner Prüfungs- und Bedenkenhinweispflicht hinzuweisen, wenn dieser nicht seiner Pflicht gem. § 4 Abs. 3 bzw. § 13 Abs. 3 VOB/B nachgekommen ist.

Folge:

Dokumentation im Protokoll ohne weitere Veranlassung durch die BÜW,

- Feststellung mit Bestandsschutz (keine weiteren Handlungen)

Folge:

Dokumentation im Protokoll ohne weitere Veranlassung durch die BÜW

- Feststellung ist innerhalb des Projektes abzarbeiten,

Folge:

Dokumentation im Protokoll mit Mängelrüge und Überwachung der Mängelbeseitigungsleistung durch die BÜW,

- Feststellung wird als Instandhaltungsmaßnahme oder Folgeprojekt abgearbeitet

Folge:

Dokumentation im Protokoll ohne weitere Veranlassung durch die BÜW.

Bei der Mängelrüge ist zu beachten, dass eine „einfache“ E-Mail ohne persönliche Unterschrift, d.h. ohne qualifizierte elektronische Signatur gem. Signaturgesetz, nicht das Schriftformerfordernis der VOB/B erfüllt. Es bedarf zwingend ein eigenhändig unterschriebenes Mängelschreiben, das dem AN nachweislich zugeht. Zudem ist eine positive Mangelerkennung durch den AN erforderlich.

Der AG kann in Anlehnung an § 12 Abs. 3 VOB/B die Zustandsfeststellung/technische Abnahme nur bei wesentlichen Mängeln verweigern.

Abweichungen erkennen und bewerten – intolerante Mängel rügen!

Insbesondere sei darauf verwiesen, dass es zu einer (Mit-)Haftung der BÜW kommen bzw. dieser eine Teil- oder Mitschuld angelastet werden kann, wenn Mängel der Bauausführung z.B. erst bei einer Begutachtung oder Abnahme festgestellt werden, die bei einer sorgfältigen Bauüberwachung von der BÜW hätte festgestellt werden können oder aber auch technisch vermeidbar gewesen wären.

Die wegen den besonderen eisenbahn- bzw. bautechnischen Kenntnissen beauftragte BÜW kann sich zwar auf die Zuverlässigkeit und fach- und sachgerechte Bauausführung bzw. Umsetzung der Beschaffenheitsvorgaben des AN berufen, dennoch ist sie angehalten, mindestens stichprobenartig oder auch umfassend die Umsetzung der Beschaffenheitsvorgaben bzw. Bauausführung und damit die Leistungserfüllung des AN zu überwachen.

Besonders die Fachgebiete bzw. Sachverhalte, die Erfahrung oder Sachkunde erfordern, sind u.a. in der „Muster-Hersteller und Anwenderverordnung“ (MHA VO) [9], „Muster-Verordnung über die Überwachung von Tätigkeiten mit Bauprodukten und bei Bauarten“ (MÜTVO) [10] und „Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken“ (TR Instandhaltung) [11] geregelt bzw. erkennt man an der besonderen Protokollierung.

Auch betrifft dies gefahrenträchtige und schwierige Arbeiten, typische Risiken/Gefährdungen und kritische Bauabschnitte bzw. Bauzustände, wobei bereits die Betonsortenauswahl, Bewehrungs- und Betonarbeiten oder auch Verbauarbeiten dazu zählen.

In diesem Zusammenhang sei auf die Sorgfaltspflicht der BÜW bei ihrer Leistungserfüllung bzw. der Erfüllung der Bauüberwachungsaufgaben und deren schriftlichen Dokumentation verwiesen, damit im Falle unterschiedlicher Ansichten bzw. Auslegungen die ordnungsgemäße Erfüllung auch belegt bzw. bewiesen werden kann.

Telefonische Absprachen sollten die Ausnahme sein bzw. können zur Vorabstimmung dienen und sollten als Telefonnotiz notiert und/oder mit einer E-Mail

an den Gesprächspartner dokumentiert werden.

Ein Abnahmeprüfplan des AN im Rahmen seines Qualitätsmanagement-Systems (QMS) oder die Übersicht der Abnahmebescheinigungen gem. Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung (EIGV) [12] Anl. 6 Pkt. 3.5 kann bei der Dokumentation der Leistungserfüllung der Bauüberwachung dienlich sein.

Schlussendlich sei an die ordnungsgemäße Führung des Bautagebuches gem. Ril 806.0000 Abschnitt 8 bzw. Ril 806.0000Z01 „Anleitung zum Anlegen und Führen des Bautagebuches“ verwiesen.

Hierzu gibt es auch im „Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes“ (VHB-Bund Ausgabe 2017) [13] unter der Richtliniennummer 411 (Bautagebuch) „Richtlinien zur Führung eines Bautagebuches“ zahlreiche Hinweise.

Arbeitshilfen/ Protokollvordrucke

Ergänzend zu den Vorgaben der EdB in ihren Richtlinien bzw. in der ZTV-ING/im „Merkblatt für die Bauüberwachung von Ingenieurbauten“ (M-BÜ-ING) [14] findet man im VHB-Bund unter der Richtliniennummer 400 „Allgemeine Richtlinien zur Baudurchführung“ weitere Erläuterungen zur Zustandsfeststellung/technischen Abnahme bzw. zur Abnahme selbst.

Weiterhin gibt es folgende spezielle Informationen bzw. können als Empfehlung (z.B. für eine Mängelrüge/ Mängelanzeige) gesehen werden:

- Richtlinien- bzw. Formblattnummer 441 „Zustandsfeststellung n. § 4 Absatz 10 VOB/B“;
- Richtliniennummern 442/443 „Abnahme, Abnahme der Mängelbeseitigungsleistung“;
- Formblattnummer 442 „Abnahme“ bzw. Formblattnummer 443 „Abnahme Mängelbeseitigungsleistungen (VOB/B § 13 Absatz 5 Nummer 1)“.

Literatur

- [1] Ril 806.1000 „Bauüberwachung im Vorstandsressort Infrastruktur“ DB InfraGO AG.
- [2] EITB „Eisenbahnspezifische Technische Baubestimmungen“ Eisenbahn-Bundesamt.
- [3] MVV TB „Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen“ DIBt.
- [4] VOB/B „Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B“ DVVB.
- [5] Handbuch 80400 „Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instandhalten“ DB InfraGO AG.
- [6] ZTV-ING „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (BAST).
- [7] DIN EN 206 „Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ Beuth.
- [8] Ril 809.1000 „Infrastrukturmaßnahmen realisieren“ DB InfraGO AG.
- [9] MHA VO „Muster-Hersteller und Anwenderverordnung“ DIBt.
- [10] MÜTVO „Muster-Verordnung über die Überwachung von Tätigkeiten mit Bauprodukten und bei Bauarten“ DIBt.
- [11] TR Instandhaltung „Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken“ DIBt.
- [12] EIGV „Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung“ BMVI.
- [13] VHB-Bund 2017 „Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes“ BUNBR.
- [14] M-BÜ-ING „Merkblatt für die Bauüberwachung von Ingenieurbauten“ (BAST).

Summary

Defects during condition assessment/technical acceptance

The deviations from the quality specifications in the construction work determined by the construction supervision must be technically evaluated in order to be considered a defect. Construction supervision on behalf of Deutsche Bahn InfraGO AG monitors, among other things, the fulfilment of the contractor's performance in accordance with the quality specifications of the client on the basis of the construction contract and, among other things, the VOB/B for a quality-compliant and defect-free infrastructure in the area of federal railways. If deviations from the quality specifications are identified during random monitoring during the provision of services or during the condition assessment/technical acceptance as part of the performance review/ acceptance, the deviation must be assessed in accordance with the relevant technical rules. Intolerant deviations constitute defective construction work and are grounds for the construction supervision to inform the client so that a notice of defects can be issued if necessary.

Volle Fahrt voraus: Der digitale Güterzug macht große Fortschritte

Mit Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail)¹⁾ läuft ein umfassendes EU-Technologieprojekt, um den Verkehr von der Straße auf die Schiene zu bringen. Der Digital Freight Train (DFT) ist dabei eines der Fokusthemen des finanziell von der EU²⁾ gemeinsam mit dem Eisenbahnsektor getragenen Projekts. Seine Entwicklung schreitet schnell voran – gerade auch bei dem zentralen Wegbereiter, des Digital Automatic Couplers (DAC).



Wer wissen will, wie bereits vor mehr als 130 Jahren Güterzüge abfahrtsbereit gemacht wurden, muss nicht ins Museum gehen. Der Blick in einen beliebigen europäischen Rangierbahnhof genügt. Denn Güterzüge kuppeln noch immer wie zu ihren Anfangszeiten im 19. Jahrhundert. Auch weitere vor der Abfahrt nötige Prozesse – zum Beispiel Zugvorbereitung und Bremsprobe – laufen, im Gegensatz zum Passagierbetrieb, noch immer manuell ab.

Insbesondere der für flexible Transportketten unerlässliche Einzelwagenverkehr kämpft dadurch mit einem enormen Wettbewerbsnachteil gegenüber der Straße: Zuerst müssen die einzelnen Güterwagen an die zentralen Rangierbahnhöfe transportiert werden. Dort folgt die Zusammenstellung der Wagen zu längeren Güterzügen. Durchs Land gezogen und am Sammelbahnhof angekommen, gilt es schließlich, die Wagen an ihre Zielorte zu verschicken. Aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit bieten nur wenige große Bahnbetreiber den Service überhaupt noch an.³⁾ Dies ist der Punkt, an dem digitalisierte und automatisierte Güterzüge ins Spiel kommen, ausgestattet mit den Fähigkei-



Michael Gutemann

Director Business Development Coupling Systems & DAC project lead, Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
michael.gutemann@knorr-bremse.com



Steffen Jass

Director Freight Rail Automation, Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
steffen.jass@knorr-bremse.com

1) Das Projekt wird von Europe's Rail Joint Undertaking und seinen Mitgliedern unterstützt.

2) Finanziert von der Europäischen Union. Die in dem Artikel geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die der Europäischen Union oder des EU-Rail wider. Weder die Europäische Union noch das EU-Rail können für den Inhalt verantwortlich gemacht werden.

3) "Gut verkauft, schlecht geliefert", Jonas Schulze Pals, DIE ZEIT, 7. März 2024, S. 24.



1: Die in Europa gängige manuelle Schraubenkupplung von Güterzügen ist nicht nur zeitaufwendig, sondern bringt auch das Personal in Gefahrensituationen. Quelle: Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge

ten, den bisherigen Nachteil in einen Vorteil umzukehren, welcher nicht nur dem Einzelwagenverkehr, sondern auch den Ganzzügen zugutekommt.

Der zweite Treiber für den digitalen Güterverkehr ist global betrachtet sogar noch wichtiger: Auf Tonnenkilometer umgerechnet stößt ein Lkw im Schnitt über siebenmal mehr Treibhausgase aus als ein Güterzug. Im Jahr 2021 waren es in Deutschland je Tonnenkilometer 118 Gramm auf der Straße und nur 16 Gramm bei der Schiene.⁴⁾

4) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/881600/umfrage/co2-emissionen-im-deutschen-gueterverkehr-nach-verkehrsmitteln/>

Mehrere Millionen Euro fließen in die Entwicklung digitaler und grüner Lösungen für den Schienengüterverkehr

Nur folgerichtig also, dass die „EU“ den Anteil des Gütertransports auf der Schiene bis zum Jahr 2030 auf mindestens 30 Prozent steigern will. Die deutsche Bundesregierung setzt in ihrem Koalitionsvertrag die Marke von 25 Prozent als Ziel. Doch ein Blick auf die aktuelle Lage zeigt, welche Anstrengungen damit innerhalb nur weniger Jahre verbunden sind: Im Jahr 2021 lag der EU-Durchschnitt bei 17 Prozent, Deutschland mit 19 Prozent nur leicht darüber (während die drei baltischen Staaten Litauen, Lettland und Estland bereits auf etwa 63, 55 respektive 40 Prozent kommen).⁵⁾

Bis zu 600 Millionen Euro⁶⁾ stellt die EU für die Entwicklung digitaler und grüner Produkte im gesamten Bahnsektor bereit. Die teilnehmenden Partner steuern noch einmal etwa die gleiche Summe bei. Somit werden insgesamt über 1,2 Milliarden Euro in die Entwicklung digitaler und grüner Bahnlösungen investiert. Ein großer Teil davon fließt in den Schienengüterverkehr.

In das aktuell laufende DAC-Kernprojekt FP5 TRANS4M-R fließen allein bereits knapp 100 Millionen Euro. Am Ende der Projektlaufzeit im Jahr 2026 steht die klare Erwartung, die Einsatzfähigkeit der DAC-bezogenen Entwicklungen für den Schienengüterverkehr aus über 30 Arbeitspaketen (sowie Parallel- und Folgeprogrammen) in Form von Demonstrator-Anwendungen nachzuweisen. In der perspektivischen Ausbaustufe von EU-Rail wird im Güterzugsegment ein intelligenter, flexibler und interoperabler Flottenbetrieb entstehen.

Weil der Weg dorthin über kürzere Zugvorbereitungs-, Rangier- und Parkprozesse sowie einer besser ausgenutzten Schieneninfrastruktur mit dadurch erhöhten Transportkapazitäten verläuft, fokussiert das Technologieprojekt FP5 TRANS4M-R zahlreiche Entwicklungen rund um den digitalen Güterzug. Allen voran in den Entwicklungsarbeitspaketen „Energy & Data“, „Train Functions“ und „Digital Automatic Coupler Type 5“ sowie in den Erprobungsarbeitspaketen „Train Test Lab“ und „Demonstratorzüge“.

Die Arbeitspakete „Energy & Data“ sowie „Train Functions“ entwickeln europäische Standards für Energieversorgung

5) <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Verkehr/gueterverkehr-eisenbahn.html>

6) Report on the Budgetary and Financial Management 2023 Europe's Rail Joint Undertaking, S.4.



2: Die an einem Wagen verbauten Knorr-Bremse DACs

Quelle: ©Rail Sweden bei Lindholmen Science Park

und Datenkommunikation sowie zahlreiche Zugfunktionen.

Das Arbeitspaket „Digital Automated Coupler Type 5“ (DAC5⁷⁾: Automatisches Kuppeln und ferngesteuertes Entkuppeln mittels elektrischen Aktuators) fokussiert die Entwicklung von automatischen Kuppelungssystemen zur Verbindung und Trennung der mechanischen, pneumatischen und datenbezogenen Leitungen sowie Funktionen von der Lokomotive aus.

Der Hintergrund: Neben der mechanischen Kupplung werden Güterzüge in Europa bislang nur – und dies ebenfalls manuell – durch die Druckluftleitung für die Bremssysteme verbunden. Für die mit dem DFT verbundene Digitalisierungs- und Automatisierungsfähigkeit sind weitere Leitungen für die Daten- und Stromversorgung nötig. Als kombinierte Schnittstelle zwischen Lok und Wagen sowie zwischen den Wagen selbst fungiert die DAC mit ihrer „elektronischen Intelligenz“ in Form von Steuerungen, Sensorik und Aktuatorik.

Die Arbeitspakete „Train Test Lab“ und „Demonstratorzüge“ treiben den Aufbau diverser Demonstratoren inklusive eines Referenztestsystems zur vollumfänglichen Funktionsprüfung aller Digitalisierungs- und Automatisierungsausrüstungen, hinsichtlich definierter Standards und Schnittstellen, voran. Auf diese Weise lassen sich später neue bzw. modernisierte Lokomo-

7) Die Zahl hinter „DAC“ definiert die jeweilige Ausbaustufe. DAC 1: mechanisches automatisches Kuppeln; DAC 2: +Pneumatik; DAC 3: +Energieleitung; DAC 4: +Datenleitung; DAC 5: +automatisches Entkuppeln (<https://rail-research.europa.eu/european-dac-delivery-programme/>; Letzter Zugriff: 22.05.2024).

tiven und Wagen vollständig und herstellerunabhängig funktional überprüfen.

Verfügbare Funktionalitäten sind bereits definiert

Ähnlich den TSI- und UIC-Regularien sowie EN-Normen zu pneumatischen Bremssystemen, benötigen auch DFT und DAC ein Interoperabilitätsregelwerk, um Produkte verschiedener Hersteller über europaweit kompatible Schnittstellen in einem Zugverband betreiben zu können. Diese Spezifikationen sind dank des fortgeschrittenen Entwicklungsverlaufs mittlerweile definiert und befinden sich in einem breit angelegten Review. Sie umfassen die Spezifikationen von Kupplung und Energieversorgung zwischen Lok und Wagen sowie von Kommunikationstechnologie und Zugfunktionen.

Darüber hinaus definierten die Projektpartner bereits die softwarebasierte Funktionsebene eines Basispakets zum Wesentlichen der Zugautomatisierung. Das sogenannte EDDP⁸⁾-Basic-Package bündelt mehrere, für schnelle Abfertigungsprozesse nötige Enabler-Technologien und Funktionalitäten, darunter:

Die Automatische Train Composition Detection (Zugkompositionserkennung/Zugtaufe) beispielsweise nach dem automatischen Kuppeln. Die Funktionalität

8) European DAC Delivery Programme: Für eine erfolgreiche Umsetzung der DAC ist eine Zusammenarbeit zwischen diversen Parteien nötig, wie Eisenbahnunternehmen, Betreiber usw. Dieses Programm bietet eine solche europäische Plattform für eine solche Zusammenarbeit (<https://rail-research.europa.eu/european-dac-delivery-programme/>; Letzter Zugriff: 30.04.2024).



3: Mit seinen zahlreichen automatisierten Prozessen macht der Digitale Güterzug den Schienengüterverkehr fit für die Zukunft
Quelle: Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

stellt die nötige Transparenz hinsichtlich Anzahl, Identifikation, Orientierung und Reihenfolge der Fahrzeuge im Zugverband her. Dabei ist auch eine Erkennung „passiver“⁹⁾ Fahrzeuge integriert. Gleiches gilt für die für den ETCS-Betrieb nötige Zuglängenerfassung sowie die Funktion Zug-Integrität zur kontinuierlichen Zug-vollständigkeitsüberwachung.

Die Automatisierte Bremsprobe zur Vermeidung des zeitaufwendigen, mehrmaligen Ablaufens des gesamten Zugverbands vor der Abfahrt durch Vorbereitungspersonal, indem der Bediener alle relevanten Informationen der Bremsprobe direkt über die Mensch-Maschine-Schnittstelle beispielsweise auf einer Lokomotive erhält.

Sowie das Automatische Entkuppeln aller oder auch einzelner Wagen sowohl vom Fahrer in der Lok über das Zugsteuerungssystem als auch über einen Push-Button lokal an der gewünschten Kuppelstelle (z. B. für Entladungstätigkeiten nach bereits abgekuppelter Lok). Mit dieser Funktion schließt sich der Kreis zu einem gegenüber dem Lkw wettbewerbsfähigen Einzelwagenverkehr: Ganzheitliche logistische Lösungen für beispielsweise die Pharma- oder Lebensmittelbranche fehlen heute noch zu häufig und könnten morgen als integrierte

Teilprozesse in der gesamten Wertschöpfungskette Berücksichtigung finden.¹⁰⁾

Beispielhafte Integration des DFT-Gedankens in einer System- und Service-Landschaft

Die vereinbarten Spezifikationen bilden den Rahmen, innerhalb dessen die Hersteller ihre individuellen Herangehensweisen und Entwicklungen umsetzen. Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge etwa

¹⁰⁾ Schienengüterverkehr als Garant des Klimaschutzes im Verkehr – Qualität, Innovation und Kunden im Fokus. Roland Berger im Auftrag des VDV: Gutachten zum Schienengüterverkehr in Deutschland bis 2030. S. 20.

denkt den DFT-Gedanken sehr umfangreich, in einem in sich abgestimmten System aus Automatisierung, Live-Monitoring, Digital Data Driven-Services und weiteren Digitalisierungsfunktionen. Die einzelnen Bestandteile fungieren als offene Basis, adaptierbar auch auf Anwendung außerhalb des DFT-Kontextes.

Aktuell befinden sich neue technische Produkte wie der Digital Automatic Coupler „FreightLink“, das Automatisierungssystem „FreightControl“ sowie Condition Monitoring-Sensoren in der Entwicklung. Für die klassischen Systeme Bremse und Parkbremse wird es Nachrüstungs-funktionen geben, natürlich unter Beachtung aller nötigen Anforderungen hinsichtlich Cybersecurity. In diesem Kontext werden sich auch neue Möglichkeiten hinsichtlich mobiler Instandhaltung von Elektrik und Elektronik sowie der Software-Wartung aus der „Cloud“ ergeben.

Nicht zuletzt könnte der DFT perspektivisch auch den Weg zur flächendeckenden Einführung eines elektropneumatischen (EP-) Bremssystems für Güterzüge ebnen. Dessen Grundvoraussetzung in Form einer elektronischen Infrastruktur wäre schließlich an Bord.

Die ersten Hürden auf dem Weg zur Validierung sind genommen

Nach zahlreichen Tests und Kupplungsvorgängen mit Geschwindigkeiten von bis zu 12 km/h, gemeinsam mit dem TÜV-Süd



4: Auf dieser Teststrecke bei Görlitz in Sachsen fanden unter anderem die Zulassungstests der Knorr-Bremse Systeme DAC statt
Quelle: Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

⁹⁾ Passive Fahrzeuge können aufgrund technischer Defekte oder temporär nicht funktionierender Energieversorgung nicht wie vorgesehen aktiv an der Zugkommunikation teilnehmen. Da dies aber von den anderen Fahrzeugen erkannt wird, ist eine automatische zugweite Train Composition Detection möglich.

und DAC4EU¹¹⁾, wurde durch die Deutsche Bahn ein Unbedenklichkeitsgutachten für die Knorr-Bremse DAC ausgestellt. Damit kann seit dem Frühjahr 2023 die DAC nun auch außerhalb von Teststrecken auf das öffentliche Schienennetz geschickt werden. Im DAC4EU-Zug und einem FP5-Demonstratorzug in Schweden ist die Kupplung bereits unterwegs. Ähnliche Erprobungen folgen ab dem Jahr 2026 in Österreich (ÖBB) und Italien (FSI), dann auch in DAC 5-Ausstattung mit vollem Automatisierungssystem.

Seit Sommer 2023 findet zudem im „Train Test Lab“ die Erprobung einer DAC des Typs 5 (DAC5) statt. Dort laufen auch bereits die Vorbereitungen für die im kommenden Jahr beginnenden Tests und Interoperabilitätsnachweise des Automa-

11) Digital Automatic Coupling for Europe: Ein Projekt des Bundesministeriums für Digitales und Vertrieb zur Beschleunigung des DAC-Migrationsprozesses zur Demonstration, Erprobung und Zulassung der DAC (<https://www.dac4.eu/projektinformation/>); Letzter Zugriff: 30.04.2024).

tisierungssystems FreightControl mit den Lösungen weiterer Hersteller.

Die Digitalisierungs- und Automatisierungsfunktionen befinden sich neben den Labortests mittlerweile auch in Prototypeninstallationen. Umfangreichere Erprobungstests sind – ebenfalls im „Train Test Lab“ – für das Jahr 2026 eingelastet, darunter eine Kampagne zur Energie- und Datenübertragung an einem Zugverband aus 100 Wagen. Anschließend sollen mit der Ausrüstung von 100 „Pre-Deployment“-Zügen die neuen zugelassenen Funktionalitäten im kommerziellen Einsatz ihre Stärke beweisen und den Betreibern dabei helfen, die operativen Prozesse entsprechend umzustellen. Nachfolgend steht einem breiten Roll-out in Europa nichts mehr im Wege.

Zusammenfassung

Der Digital Freight Train (DFT) läutet den Epochenwechsel vom noch immer „analog“ zu einem umfangreich digitalisierten und automatisierten Güterverkehr ein.

Im Rahmen des Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail) Innovationsprogramms wurde nun die Funktionsebene eines Basispakets zum Wesentlichen der Zugautomatisierung festgelegt. Mittlerweile sind die ersten Schritte in Richtung Validierung ebenso gegangen, wie die Erprobung einer DAC des Typs 5 (DAC5) erfolgreich angefallen ist.

Summary

Running full speed ahead: the digital freight train makes great progress

The Digital Freight Train (DFT) is heralding a change of era from a still "analogue" to an extensive digitized and automatized freight transport. Within the Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail) innovation program, the function level of a basis package towards the essence of train automation was defined. Meanwhile, the first steps towards validation have been gone as well as the DAC testing of type 5 (DAC 5) has successfully been initiated.

Für Ihre Werbeplanung die kommenden Ausgaben im Überblick

ETR
EISENBAUTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

9/2024

- Ausstellervorbericht InnoTrans
- Produkte & Dienstleistungen für die Bahnen: Digital / Nachhaltig / Sicher
- Infrastruktur: Planung & Instandhaltung
- Fahrzeuge & Komponenten für Personen- und Güterverkehr: Neuentwicklungen, Unterhalten und Instandsetzen
- Additive Fertigung
- IT, Leit- und Sicherungstechnik
- Bergbahnen, Seilbahnen, Hyperloop
- Mit ETR-Austria 3/2024

Erscheinungstermin: 13.09.2024
Anzeigenschluss: 13.08.2024
Druckunterlagenschluss: 20.08.2024

10/2024

- Automatisierter Betrieb
- Hochverfügbares Verkehrsangebot / Kapazität
- Zugbildungsanlagen und Multi-Hubs
- D-AK
- Tunnel und Brücken
- Mit ETR-Swiss 2/2024

Erscheinungstermin: 17.10.2024
Anzeigenschluss: 12.09.2024
Druckunterlagenschluss: 18.09.2024

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

Eurail
press

Servicejet: Neuartiger Rettungstriebzug für die ÖBB präsentiert

Am 17. Mai 2024 fand am ÖBB Bildungscampus in St. Pölten das offizielle Roll-in des Servicejets der ÖBB-Infrastruktur AG statt. In den nächsten Jahren werden diese Hightech-Hybrid-Fahrzeuge die dieselbetriebenen Rettungszüge ersetzen. Dafür werden von der ÖBB Infrastruktur AG rund 230 Millionen Euro investiert.



Der Vorstand der ÖBB-Infrastruktur AG, Johann Pluy, wies bei dem Event auf zwei wesentliche Aufgabenbereiche des Servicejets hin, nämlich den Einsatz als Tunnelrettungsfahrzeug und den Einsatz in planbaren Instandhaltungsmaßnahmen. Mit der Möglichkeit vielfältiger Einsatzbereiche kann die Effizienz gesteigert werden, ohne dass die Sicherheit darunter leidet. Aus seiner Sicht ist mit dem Fahrzeug ein Meisterwerk der Ingenieurskunst gelungen, welches weltweit Maßstäbe im Notfallmanagement setzt.

Für Peter Spuhler, Präsident des Verwaltungsrates der Stadler Rail AG, ist dies ein ganz spezieller Zug, ein Zug den Stadler in dieser Form noch nicht gebaut hat. Trotz der sehr hohen Komplexität aus technischer Sicht und auch trotz der strengen Anforderungen an Qualität und Sicherheit ist es gelungen, die Wünsche des Kunden als auch die rechtlichen Vorgaben zu er-

füllen. Dies ist außerdem der erste Auftrag, den Stadler von der ÖBB bekommen hat. Lobend erwähnte er die gute Zusammenarbeit zwischen ÖBB, Stadler und der Feuerwehr.

Landesfeuerwehrkommandant Robert Mayer wies auf die bereits jetzt schon hohe Sicherheit bei den ÖBB hin, aber auch darauf, dass es trotzdem immer notwendig ist, sich auf Szenarien bestmöglich vorzubereiten. Mit diesem Fahrzeug beginnt aus seiner Sicht eine neue Ära der Einsatzfahrzeuge im Bereich Bahn. Auch er unterstrich die partnerschaftliche Zusammenarbeit bei der Entwicklung.

Othmar Frühauf von der ÖBB Rail Equipment, blickte zurück auf das Jahr 2018, in dem die ersten Überlegungen starteten und resümierte, dass hier gemeinsam ganz neue Wege beschritten wurden und daraus ein Fahrzeug mit vielen neuen und innovativen Funktionen entstanden ist, wie



**Prof. (FH) Dipl.-Ing. (FH)
Dipl.-Ing. Frank Michelberger,
EURAIL-ING**

Leiter Department Bahntechnologie und Mobilität
Fachhochschule St. Pölten GmbH
frank.michelberger@fhstp.ac.at

zum Beispiel die komplette Durchgängigkeit, Führerstandwechsel und die Ausstattung mit modernsten Löscheinrichtungen.

Im Anschluss erfolgte eine Leistungsschau, bei der die Feuerwehr einige Löschangriffe simulierte und demonstrierte. Abschließend wurde im Außenbereich ein Brand in einem Waggon simuliert, der dann mithilfe der Löscheinrichtung des Servicejets „gelöscht“ wurde.



1: Stadler wird 18 der multifunktionalen und emissionsarmen Lösch- und Rettungstriebzüge an die ÖBB-Infrastruktur AG liefern. Diese werden als „Servicejets“ an verschiedenen Tunnelportalen stationiert und gemeinsam mit den Feuerwehren vor Ort zum Einsatz gebracht
Quelle: ÖBB / Stadler



2: v. l. n. r.: Peter Spuhler, Verwaltungsratspräsident von Stadler und Johann Pluy, Vorstand ÖBB-Infrastruktur AG
Quelle: ÖBB / Stadler

Insgesamt sind 18 dieser Servicejets bestellt und sollen sukzessive in den nächsten Jahren im Netz der ÖBB eingesetzt werden.

Diese neue Generation von Fahrzeugen für Rettungs- und Löscharbeiten ermöglicht einen effizienteren Betrieb und bietet gleichzeitig mehr Leistung in einem größeren Einsatzbereich. So werden statt bisher 21 Fahrzeuge nur mehr 18 Fahrzeuge benötigt. Wo bisher aneinander gekuppelte Spezialwaggons eingesetzt werden, bietet der neue Servicejet die Möglichkeit, in beide Richtungen zu fahren und erreicht dabei eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Ausgestattet sind die Fahrzeuge mit einem Elektro-Hybrid-Antrieb, der die Nutzung

von Energie aus drei unterschiedlichen Systemen bietet: direkt aus der Oberleitung, aus dem Akku oder mittels Dieselaggregat. Somit ist ein weitgehend emissionsloser Betrieb möglich. An beiden Triebköpfen sind Löscheinrichtungen verbaut, die direkt vom Führerstand aus bedient werden können. Zudem kann in eigenen Tanks Löschwasser mit einem Volumen von 40 m³ mitgeführt werden. Im Notfall ist es möglich, mit einem Fahrzeug über 320 Personen zu evakuieren.

Das erste Einsatzgebiet wird im Rahmen der Inbetriebnahme die Koralmbahn mit dem Herzstück des 33 km langen Koralmtunnels sein. ●

Summary

Servicejet: new rescue train for ÖBB presented

On May 17th, 2024, the official roll-in of the service jet of the ÖBB Infrastruktur AG took place at the ÖBB Bildungscampus, St. Pölten. In the next years, these high-tech-hybrid vehicles will replace the diesel-driven rescue trains. For this, ÖBB Infrastruktur AG is investing about 230 million Euros.

Prüffahrten und Messradsätze für die neuen Rettungstriebfahrzeuge von PJM

Versuchsfahrten | ÖBB-Infrastruktur AG beschafft eine neue Rettungszugflotte mit 18 neuen Servicejets von Stadler. Die emissionsarmen und multifunktionellen Fahrzeuge werden in ganz Österreich im Einsatz sein. Für die dynamischen Streckenversuche wurde PJM als akkreditierte Prüfstelle nach ISO/IEC 17025 beauftragt. Die Versuchsfahrten finden in Kooperation mit der maschinentechnischen Messgruppe ÖBB statt. Außerdem war PJM für die Fertigung und Entwicklung der Messradsätze zuständig. Die Fahrzeugtests für die Bereiche Fahrtechnik, Bremse, Akustik und Stromabnehmer finden in ganz Österreich statt und werden voraussichtlich im Herbst 2024 abgeschlossen sein. Für einen uneingeschränkten Netzzugang in Österreich wurden Streckentests im Bereich 5c durchgeführt, für eine Fahrzeugzulassung für Bogenradien bis 100 Meter herab. „Für diese Vorgabe und Anforderungen in sehr engen Bögen wurden die Messradsätze speziell entwickelt und gefertigt. Unsere instrumentierten Radsätze haben sich bei den dynamischen Streckentests bestens bewährt“, sagt Martin Joch, CEO von PJ Messtechnik GmbH.

Die neue Generation der Servicejets verlangte einige Neuerungen bei den Prüffahrten. „Aufgrund der neuen Normenlage wurden diese anspruchsvollen Prüfungen

erstmals am Netz der ÖBB durchgeführt. Die Ergebnisse der Messfahrten sind äußerst präzise und zuverlässig und bilden eine solide Grundlage für die Bewertung des Schienenfahrzeugs“, fasst Versuchsleiter Roman Schmid, ÖBB-Produktion GmbH, zusammen.

Die neuen Servicejets sind konzipiert für vielfältige Einsatzbereiche. So sind sie mit modernem Feuerwehrequipment ausgestattet, um im Brandfall Rettungs- und Löscharbeiten durchführen zu können. Sie

können aber auch Züge abschleppen oder Instandhaltungsarbeiten durchführen.

Normen-Auszug der Typprüfungen:

- Fahrtechnik nach EN 14363 & TS 17843
- Nachweis der Entgleisungssicherheit
- Akustik nach TSI Noise & LOC&PAS, Arbeitnehmerschutz (VOLV)
- Bremse UIC 544-1, EN 16834 und Gleitschutz EN 15595
- Stromabnehmer nach EN 50317. (uh) ●



Die Fahrzeugtests werden in den Bereichen Fahrtechnik, Stromabnehmer, Akustik und Bremsen durchgeführt

Quelle: Manuel Hanschitz

Erweiterte 106-Serie endlich im Einsatz

Spanien | Die neue 106-Serie des spanischen Hochgeschwindigkeitszuges AVE, das Modell „Avril“, verspricht mehr Komfort und Schnelligkeit. Sie sollen Renfe helfen, im harten Wettbewerb mit den privaten Hochgeschwindigkeits-Anbietern Iryo (u.a. Trenitalia) und Ouigo (SNCF). Die im Mai endlich gelieferten S106-Züge sind Teil einer 5 Mrd. Euro Investition der staatlichen spanischen Bahn in die Erweiterung des Hochgeschwindigkeitsnetzes nach Asturien und Galizien, die zum Teil auch von der europäischen Investmentbank mitfinanziert wird und auch vom EU Next-Generation Fonds. Die seit Mai im Einsatz befindlichen breiteren, von der spanischen Talgo produzierten S106-Wagons können fast 600 Menschen befördern, womit die italienischen und französischen Konkurrenten nicht mithalten können.

Das höhere Volumen dürfte Renfe helfen, die Finanzen wieder auf Spur zu be-

kommen. Der Avril kommt zudem auf eine Geschwindigkeit von max. 330 km/h, was ihn zum schnellsten Zug in Spanien macht. Der Ausstieg wird für die Passagiere durch die Anpassung an die Bahnsteighöhe wesentlich vereinfacht. Mit 12 Waggons und zwei Antriebsköpfen verfügen diese Züge zudem über breitere Sitze, die teilweise wie im Flugzeug in die Sitze einen Bildschirm integriert haben. Es gibt auch Verkaufsautomaten in den Wagons, bessere Internetverbindungen, mehr Platz für Kinderwagen und große Kofferräume, was Zugreisen für Familien angenehmer macht.

Der erste AVE S106 fuhr Ende Mai von dem sich gerade im Umbau befindenden Madrid-Chamartín-Bahnhof mit erheblichen Verspätungen. Mit 500 Passagieren an Bord musste der Avril in Orense/Galizien sogar von einem Alvia, wenige Meter vom Bahnhof entfernt, gezogen werden.

Auslöser war ein Defekt des Stromabnehmers. Tatsache ist, dass Spaniens Norden bereits seit drei Jahren auf den Einsatz der S106 wartet; immer wieder hatte Talgo die für 2021 versprochene Lieferung herausgezögert. Renfe hatte deswegen bereits die für diesen Fall im Vertrag enthaltene Entschädigungsklausel von 116 Mio. Euro aktiviert.

Von den 30 S106-Zügen, die Renfe 2016 für 1.281 Mio. € bei Talgo beauftragte, sind 15 Züge mit variabler Spurweite, die auf konventionellen und Standardgleisen fahren können. Davon hat Renfe zwölf erhalten, weitere acht sollen im Sommer eintreffen. Avlo S106 fährt ab sofort auch von Madrid nach Aragón, Katalonien, Valencia und Murcia. Die restlichen 10 Zugarnituren decken die Strecke Barcelona-Paris ab, die Renfe noch 2024 in Betrieb nehmen will.

(Stefanie Claudia Müller) ●



Eröffnung der Strecke nach Galizien mit dem S106



Mitte und rechts: Wagen der neuen AVE 106-Serie



Quelle: Renfe

U2-Tunnelvortriebsmaschine in Wien angekommen

Wiener Linien | Aus insgesamt an die 27.000 Einzelteilen besteht sie, die speziell für den Öffi-Ausbau U2xU5 angefertigte Tunnelvortriebsmaschine (TVM). Nachdem die ersten großen Einzelteile in Wien angekommen sind, läuft nun der Aufbau. Die Maschine wird die neuen U2-Tunnel errichten.

Sind die Stationsbauwerke und Gleiswechselanlagen der einzelnen U-Bahn-Stationen hergestellt, ist sie dran: die TVM. Ab Herbst wird sie sich auf einer Strecke von rund 4 km durch den Wiener Untergrund arbeiten und dabei die neuen U2-Tunnel zwischen Matzleinsdorfer Platz und Augustinplatz im siebten Bezirk errichten. Nun sind die ersten Komponenten angekommen. Die TVM wird an der Oberfläche ge-

prüft und zum Teil hier bereits zusammengebaut, dann befördert ein Portalkran die einzelnen Segmente in den 30 m tiefen U-Bahn-Schacht. Nach erfolgreichem Aufbau ist der „U-Bahn-Maulwurf“ 120 m lang und wiegt 1200 t. Mit einem Durchmesser von fast 7 m ist das lila Schneidrad das größte Einzelteil und auch das eindrucksvolle Herzstück der TVM.

Ab Herbst startet die TVM dann mit einer Antriebsleistung von 1,92 MW. Pro Tag schafft sie eine Strecke von bis zu 10 m. Ähnlich einer operativen „Knopflochmethode“ finden die Arbeiten mit der TVM unterirdisch statt. Das gesamte Erdmaterial, das die Tunnelbohrmaschine aushebt, wird über den zentralen Schacht am Matzleins-

dorfer Platz abtransportiert. Das erspart 20.000 Lkw-Fahrten durch die Stadt und 75 Tonnen CO₂.

(uh) ●



Foto: Tobias Holzner

Geschäftsführerin technischer Bereich Wiener Linien Gudrun Senk und Stadtrat Peter Hanke vor der U2-Tunnelvortriebsmaschine

Bahntechnische Ausstattung des Semmering-Basistunnels vergeben

ÖBB-Tunnelgroßprojekt | Als Teil der neuen Südstrecke sorgt der Semmering-Basistunnel für eine rasche und sichere Verbindung zwischen Niederösterreich und der Steiermark und stärkt den baltisch-adriatischen Korridor. Er ist somit eines der wichtigsten Bahninfrastrukturprojekte im Herzen Europas: der rund 27 km lange, zweiröhrige Semmering-Basistunnel zwischen dem niederösterreichischen Gloggnitz und dem steirischen Mürzzuschlag. Ausrüsten wird ihn die ARGE „BTA Semmering-Basistunnel 4.1“. Die Bahntechnik-Profis der PORR Group und der Rhomberg Sersa Rail Group (RSRG) haben sich dafür zusammengeschlossen. Nach dem Koralmtunnel ist es bereits das zweite ÖBB-Tunnelgroßprojekt, das die beiden Unternehmen ausrüsten. Die PORR übernimmt erneut die kaufmännische Geschäftsführung, den technischen Lead hat die RSRG.

Der 176 Mio. Euro schwere Auftrag der ÖBB Infrastruktur AG umfasst u. a. die Telekommunikation, die elektrotechnische Ausstattung mit Hochspannungsanlagen, Verteilern, Beleuchtung und Fluchtwegkennzeichnung sowie die Beschilderungen. Außerdem gehören die maschinellen Anlagen für Klimatisierung, Belüftung und Löschwasser sowie Schlosserarbeiten zum Auftragsumfang.

Der Baustart soll im Juni 2025 erfolgen. Für 2030 ist die Inbetriebnahme vorgesehen. (uh) ●



Über das Portal Gloggnitz werden die Züge von niederösterreichischer Seite aus in den von der Rhomberg Sersa Rail Group und PORR ausgerüsteten Semmering-Basistunnel einfahren ©ÖBB/3D-Schmiede



Mit mehr als 300 elektrischen Triebwagen und 100 Bussen erbringen wir, mit über 2.500 Mitarbeitenden an fünf Standorten gemeinsam Nahverkehrsleistungen in Karlsruhe und Umgebung. Hierbei stellen wir als Gründer und Erfinder des „Karlsruher Modells“ den reibungslosen operativen Betrieb unserer Eisenbahn- und Stadtbahnleistungen in unserem rund 600 km großen Schienennetz sicher.

Für die **Projektentwicklung in Karlsruhe** suchen wir Sie **in Vollzeit** als

Bauingenieur*in / Techniker*in (m/w/d) als Projektleiter*in Infrastrukturanlagen

Unser Angebot

- Ein sicherer Arbeitsplatz in einem modernen Verkehrsunternehmen
- Eine verantwortungsvolle, abwechslungsreiche Herausforderung in einem engagierten Team mit netten Kolleginnen und Kollegen
- Umfassende, systematische Einarbeitung und ein gutes Betriebsklima mit offener Kommunikation und wertschätzender Führungskultur
- Möglichkeiten zur fachlichen und persönlichen Weiterentwicklung
- Gute Vereinbarkeit von Familie und Beruf
- Bezahlung nach Tarifvertrag der nichtbundeseigenen Eisenbahnen (ETV) und Leistungs- und Treueprämie (ab dem 2. Beschäftigungsjahr)
- Eine attraktive betriebliche Altersvorsorge (ZVK)
- Sehr gute Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln; interessante Vergünstigungen bei der Nutzung unserer Verkehrsmittel

Ihre Verantwortung

- Sie sind zuständig für die Projektleitung bei Neu- und Umbaumaßnahmen von Straßen-/ Eisenbahnanlagen in unserem Streckennetz.
- Als Projektleiter*in steuern und koordinieren Sie die Maßnahmen von der Ausführungsplanung über die Ausschreibung, einschließlich der Realisierung bis zur Inbetriebnahme der Anlagen.
- Sie sind verantwortlich für das Zusammenspiel zwischen Bauherr, Fachplanungsbüros und örtlicher Bauüberwachung. Sie vertreten gegenüber Dritten die Interessen der AVG bei der Umsetzung von Baumaßnahmen und übernehmen die Bauoberleitung.
- Sie führen Abstimmungen u. a. mit Behörden und Ämtern herbei und koordinieren die einzelnen Fachgewerke (Bauherrenvertretung).
- Sie sorgen für projektbegleitende Abrechnung und Budgetkontrolle und führen Nachtragsverhandlungen durch.

Ihr Profil

- Sie besitzen ein abgeschlossenes Hochschulstudium des Bauingenieurwesens oder sind (Bau)-Techniker und haben mehrjährige Berufserfahrung als Projekt- oder Bauleiter im Bereich Infrastrukturanlagen.
- Großes Interesse in der Zukunftsbranche Straßen-/Eisenbahn und Freude beim Ausbau einer nachhaltigen Mobilität.
- Sie haben gute Kenntnisse im Vergabe-/Vertragsrecht (VOB, HOAI).
- Sie zeichnen sich durch hohe Motivation, Verantwortungsbewusstsein und Teamfähigkeit aus, arbeiten eigenverantwortlich, sind belastbar, haben Durchsetzungsvermögen und Kostenbewusstsein.
- Sie verfügen über sehr gute Kenntnisse der Office-Programme und sind im Besitz eines Kfz-Führerscheins (Klasse B). Kenntnisse in gängigen Ausschreibungs- und Kalkulationsprogrammen sind von Vorteil.
- Sehr gute Deutschkenntnisse in Wort und Schrift.

Finden Sie sich in diesem Anforderungsprofil wieder, freuen wir uns auf Ihre Bewerbung unter Ref.nr. 2024_86 an: bewerbung@avg.karlsruhe.de.

Weitere Infos über unser Unternehmen finden Sie auf www.avg.info. Für weitere Auskünfte steht Ihnen Herr Ziegler unter **0721 6107-6100** oder Herr Czerny unter **0721 6107-6102** gerne zur Verfügung.

Rohbau Stadtbahnstation „Güterplatz“ begonnen

Stadtbahnverlängerung U5 | In der Baugrube für die Stadtbahnstation „Güterplatz“ in Frankfurt am Main geht es im Rahmen der Stadtbahnverlängerung U5 ins Europaviertel voran. Mitte Juni wurde die Betonage von Block 1.1 und 1.2 der Bauwerkssohle erfolgreich abgeschlossen. Da für die Betonage eine Sperrung des öffentlichen Straßenverkehrsraumes notwendig war, war es aufgrund der komplexen verkehrlichen Rahmenbedingungen während der

Fussball-Europameisterschaft zwingend erforderlich, dass die Arbeiten vor Beginn der UEFA EURO 2024 abgeschlossen waren. Das Team meisterte die zeitlich enge Taktung im engen Schichtbetrieb an zwei Tagen mit Bravour.

Die Baugrube in der Frankfurter Innenstadt ist 180 Meter lang sowie im Mittel 30 Meter breit und 24 Meter tief. Hier laufen seit Sommer 2022 die Bauarbeiten für die einzige unterirdische Stadtbahnstation, die im Rahmen der Verlängerung der Stadtbahn-Linie U5 ins neue Europaviertel errichtet wird. Ende Oktober 2023 hat das Team der PORR einen großen Meilenstein im Rahmen des Gesamtauftrags erreicht: die Fertigstellung des Tunnels im Rohbau, der durch den Tunnel in offener Bauweise und die Rampe abgeschlossen wurde.

Im Bereich der Baugrube Güterplatz bestehen die tieferen Schichten aus wasserundurchlässigem „Frankfurter Ton“, der stellenweise mit druckwasserführenden Kalksteinbänken durchzogen ist. Um dem großen Erd- und Wasserdruck auf den Schlitzwandverbau entgegenzuwirken, wurden drei Stahlbeton-Lagen sowie eine Unterbetonsohle mit aussteifender Wirkung hergestellt. Unterhalb der Sohle wird der Wasserdruck mithilfe von Entspan-

nungslanzen und Tiefbrunnen gezielt reduziert, um ein Aufschwimmen während der Bauarbeiten zu verhindern. Sulfithaltiges Grundwasser wird im Rahmen der Wasserhaltung vor der Ableitung in den Main gereinigt.

Rund 170.000 Tonnen Erdaushub wurden aus der Baugrube abtransportiert. Aushub und Herstellung der Bauwerkssohle erfolgten abschnittsweise. Nach Erreichen der finalen Aushubtiefe von ca. 24 m wurden nacheinander eine Sauberkeitsschicht (5-10 cm) sowie eine 30 cm dicke Unterbetonsohle hergestellt. Anschließend folgt die ca. 2 Meter dicke Bauwerkssohle.

„Sauberkeitsschicht und Unterbetonsohle müssen bis maximal 4 Wochen nach Beginn des Aushubs auf Endtiefe eingebaut sein. Der regnerische Mai hat unseren Zeitplan beim Bodenaushub aufgrund der speziellen Bodenverhältnisse ziemlich auf die Probe gestellt. Doch glücklicherweise hat das Team die Herausforderung mit Bravour und im Schulterschluss gemeistert“, so PORR Projektleiter Joachim Loos. Insgesamt wurden im 2. Quartal ca. 500 Tonnen Bewehrung sowie ca. 2200 m³ Beton eingebaut. Die Fertigstellung der gesamten Bauwerkssohle ist für November 2024 geplant. (uh) ●



Einschub der neuen Stabbogenbrücke

Regionaltangente West | Die markante Stabbogenbrücke, die in rund zwei Jahren Bauzeit vor Ort entstand, wiegt 1300 Tonnen und wird auf 11 m Höhe angehoben, um dann durch SPMT (Self-Propelled Modular Transporter) und mit Unterstützung eines eindrucksvollen Raupenkrans (Gewicht 1200 Tonnen mit einem 500-Tonnen-Lasthaken) die Endlage zu erreichen. Die Gründung der zwei zuvor erstellten Unterbauten (Kastenwiderlager und Trennpfeiler) erfolgte über insgesamt 37 Bohrpfähle, die bis zu 15 Meter in den Baugrund ragen. Der Einschub der Stabbogenbrücke erfolgte Ende Mai während einer 24-stündigen Sperrpause der Bahnstrecken 3683 und 3520 am Frankfurter Stadion.

RMV-Geschäftsführer Dr. André Kavai: „Die Belastung des Schienennetzes im Rhein-Main-Gebiet nimmt seit Jahren zu. Umso wichtiger ist es, jetzt zu zeigen: Wir sind im



v.l.n.r.: Wolfgang Siefert (Dezernent für Mobilität, Stadt Frankfurt), Stephan Langer (Geschäftsbereichsleiter Brückenbau Donges SteelTec), Horst Amann (Geschäftsführer RTW GmbH), Tim Pasker (Technischer Leiter Ingenieurbau Peter Gross Bau GmbH), André Kavai (Geschäftsführer RMV), Stefan Majer (Verkehrsdezernent a.D.)

Jahrzehnt des Bauens angekommen. Die Nordmainische S-Bahn, die S6 und nicht zuletzt die RTW machen deutlich: Es geht voran mit dem ÖPNV im Rhein-Main-Gebiet. Mit der RTW schaffen wir den ersten Teil eines geplanten Schienennetzes um Frankfurt und sorgen damit für die dringend notwendige Entlastung des Knotens Frankfurt.“

„Wir machen keine Pause, hier im Abschnitt Süd 1 bauen wir direkt weiter, ebenso im nördlichen Abschnitt der RTW. Nach ersten vorlaufenden Maßnahmen geht es auch im Abschnitt Mitte in den nächsten Wochen und Monaten richtig los. Die RTW ist im Kernbereich im Bau“, so Horst Amann, Geschäftsführer der Regionaltangente West GmbH. (uh) ●



InnoTrans 2024, 24. – 27. September 2024, Berlin

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik
Innovative Komponenten · Fahrzeuge · Systeme

+++ News +++ News +++ News +++ News +++

International und hochkarätig wie die Messe

Sie ist der Treffpunkt für das Who-is-Who der Mobilitätsbranche: die Eröffnungsveranstaltung der InnoTrans 2024 am Dienstagvormittag, den 24. September. Mehr als 1.000 nationale und internationale Spitzenvertreter:innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik werden zur Eröffnung im palais.Berlin erwartet. Zu ihrer Begrüßung sprechen Verkehrsminister Dr. Volker Wissing und Dirk Hoffmann, COO der Messe Berlin GmbH. Eingeladen ist auch die EU-Kommissarin für Verkehr Adina VaLEAN. Über das Thema „From Hype to Reality - AI in the mobility sector“ diskutieren nach den Grußworten Dr. Volker Wissing, Dr. Richard Lutz, Chairman of the Board & CEO Deutsche Bahn AG, Mohamed Rabie Khlie, Director General Moroccan National Railways Office (ONCF), Henri Poupart-Lafarge Chairman of the Board of Directors & CEO Alstom Transport S.A., Michael Peter, CEO Siemens Mobility GmbH und Javier Martínez Ojinaga, CEO CAF Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S.A. Im Anschluss folgt der gemeinsame Eröffnungsrundgang.



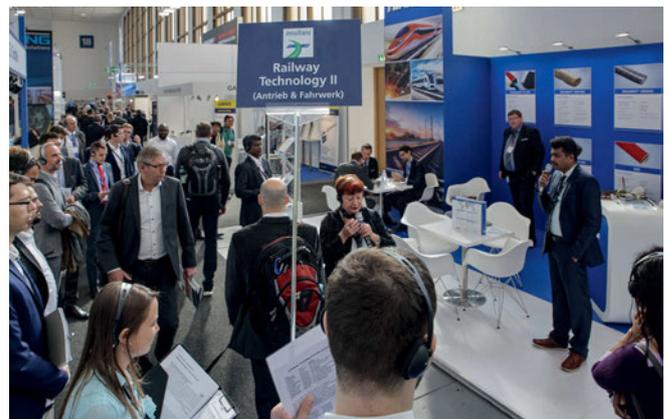
Verkehrsminister Dr. Volker Wissing begrüßt zur InnoTrans 2024 Foto: Messe Berlin

Schwerpunkt öffentlicher Nahverkehr

Die Segmente Public Transport & Interiors umfassen 55.000 m² Hallenfläche und das Bus Display mit dem Rundkurs für Testfahrten. Ergänzend finden bei der InnoTrans Convention statt: das International Bus Forum (DVF, „Fahrplan Zukunft ÖPNV: Strategie, Benchmark und Rollout“), das Public Transport Forum (ETC Solutions, „Finanzierung – Vernetzung – Personal: Unverzichtbar für den Öffentlichen Verkehr der Zukunft“) und das International Design Forum (IDZ, „Attraktive Reiseerlebnisse gestalten: Innovative Interiors für den ÖPNV von heute und morgen“).

World Innovation Tours: Weltpremieren entdecken

Bahnbrechende Weltneuheiten erleben Fachbesuchende auf den geführten World Innovation Tours während der InnoTrans. Auf den Stationen der Rundgänge erhalten die Teilnehmenden Informationen zu den Weltpremieren aus erster Hand von hochrangigen Mitarbeitenden der Unternehmen. Die Rundgänge dauern etwa 90 Minuten und finden mehrmals täglich auf Deutsch und Englisch statt. Anmeldungen sind per Mail und während der Messe täglich ab 9 Uhr am Counter in der Business Lounge im Marshall-Haus möglich. Mehr Infos und Online-Anmeldung auf www.innotrans.de.



Zehn Innovationen auf einer Tour

Foto: Messe Berlin

InnoTrans im Überblick

Fachmesse: 24.- 27. September 2024

Veranstalter und Veranstaltungsort: Messe Berlin GmbH, ExpoCenter City, Messedamm 22, 14055 Berlin

Öffnungszeiten: Fachmesse 9:00 – 18:00 Uhr

Preise: Tagesticket Online: 60,00 EUR
Tagesticket Freitag (9:00 – 16:00 Uhr): 50,00 EUR
Dauerticket Online: 90,00 EUR
Tagesticket Studierende: 14,00 EUR
Dauerticket Studierende: 30,00 EUR
(nur Online-Tickets, keine Tageskasse vor Ort)

E-Mail: innotrans@messe-berlin.de · **Web:** www.innotrans.de



ist Medienpartner der InnoTrans 2024

Kapazitätsmanagement: Es gibt viele Stellschrauben

DZSF-Tagung | Eine Tagung zur „Kapazität im Schienenverkehr“ des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) fand am 6. Juni 2024 in Dresden statt. Rund einhundert Expertinnen und Experten waren vor Ort.

In drei Themenblöcken standen u. a. Fragen der Digitalisierung im Kapazitäts- und Instandhaltungsmanagement oder auch der Bedeutung starker Serviceeinrichtungen für die Kapazität zur Diskussion. Den insgesamt zehn Impulsvorträgen folgte nach jedem Themenblock ein Austausch der Teilnehmenden.

Die Veranstaltung zeigte: Für mehr Kapazität muss an vielen Stellschrauben gearbeitet werden.

Florian Böhm, Leiter Referat E20 (Grundsatz Haushalt und Finanzierung) im Bundesverkehrsministerium stellte das Projekt KaZu Novum (Kapazitätsplanung und -zuweisung der Zukunft) vor, das der

Bund mit 224 Mio. EUR fördert. Böhm bezeichnete es als die „Deutschlandtakt-Maschine“, die vollständige Umsetzung soll bis 2027 erfolgen.

Auf der Tagung wurden auch zwei aktuelle Forschungsvorhaben des DZSF zum Kapazitätsmanagement vorgestellt.

Laut Philipp Scherer von Quattron Management Consulting, die u.a. mit der Universität Passau und der RWTH Aachen das erste Vorhaben bearbeitet, wurde dabei mit verschiedenen Branchenbeteiligten ein Zielbild entwickelt. So sollen alle EIU und EVU eingebunden werden. Die IT-Infrastruktur soll einen Echtzeitzugriff und ggf. integrierte automatisierte Prozessschritte ermöglichen. Wichtig sei die Gewährleistung von Transparenz und Diskriminierungsfreiheit. Im Forschungsvorhaben werden erste Lösungsansätze erarbeitet. Als problematisch sieht Scherer, dass viele Prozesse nicht verzahnt und selten digital

angelegt sind. Dabei soll auch das Baustellenmanagement einbezogen werden.

Zu „Kapazitätsoptimierte Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen im Bestandsnetz“ berichtete Kerstin Büker von Quattron. Derzeit würden dafür viele Tools unabhängig voneinander genutzt. Hier fehle klar eine zentrale Datenhaltung und Datenpflege. Für Ende Oktober sind eine Umfrage sowie Interviews mit Stakeholdern geplant.

Wie durch eine intelligente Planung die Streckenkapazität erhöht werden kann, zeigte Peter Reinhart, bei der DB InfraGo für den DKS Stuttgart zuständig, in seinem Vortrag „Chancen und Fallstricke der Kapazitätsoptimierung mit ETCS & Co.“.

Alle Präsentationen der Veranstaltung sind hier abrufbar:

https://www.dzsf.bund.de/Shared-Docs/Termine/DZSF/2024/2024_06_Fachtagung_Kapazitaet.html (cm/uh) ●

Messen Kongresse Konferenzen			
17.09.2024	Berlin (D)	Abschlussveranstaltung des UBA-Projekts „Verkehrswende und Konzept für einen leiseren Schienenverkehr“	Abschlussveranstaltung.Schienenverkehrslaerm@iges.com
18.09. - 20.09.2024	Dresden (D)	20. Internationale Schienenfahrzeugtagung Dresden	www.eurailpress.de
24.09. - 27.09.2024	Berlin (D)	InnoTrans	https://www.innotrans.de/de/auf-einen-blick/
06.11.2024	Nürnberg (D)	10. Fachtagung zur Sanierung von Ingenieurbauwerken	https://www.vdei-akademie.de
07.11. - 08.11.2024	Fulda (D)	24. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress	https://www.eurailpress.de

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

INSERENTEN

Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH, Karlsruhe69	Kirchdorfer Fertigteillholding GmbH, Wöllerdorf41
BUG Verkehrsbau SE, Berlin9	Rail Power Systems GmbH, München35
DWV Media Group GmbH, Hamburg U2, U3, U4, 17, 29, 55, 65	Sekisui Chemical GmbH, Düsseldorf7
EIFFAGE Infra-Rail GmbH, Herne43	
GRT Global Rail Academy, Hamburg49	

Dieser Ausgabe liegen Beilagen der DWV Media Group GmbH, Hamburg bei. Wir bitten um freundliche Beachtung.

ETR

EISENBAHNTHECHNISCHE RUNDSCHAU

ETR – Eisenbahntechnische Rundschau erscheint in 2024 im 73. Jahrgang, ISSN 0013 – 2845 | Internet: www.eurailpress.de/etr

HERAUSGEBER

Stefan Dernbach, Präsident des Eisenbahn-Bundesamtes, Bonn
Rolf Härdi, Chief Technology Innovation Officer, Deutsche Bahn AG, Berlin

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

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

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

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

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

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

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

FACHBEIRAT

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

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

Prof. Dr. Michael Beitelschmidt, Professur für Dynamik und Mechanismentechnik, Technische Universität Dresden

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

Prof. Dr.-Ing. Martin Cichon, Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dipl.-Ing. Nils Dube, Leiter Business Line Engineering, DB Systemtechnik GmbH, München

Johann Dumser, Director of Marketing and Communications, Plasser & Theurer, AT-Wien

DI Judith Engel, MBA, MSc, MSc, Vorständin, ÖBB-Infrastruktur AG, AT-Wien

Carsten Fischer, Site Engineering Director, Alstom Transport Deutschland GmbH, Salzgitter

Dr. Heiko Fischer, Aufsichtsratsvorsitzender der Northrail AG und President of the International Union of Wagon Keepers (UIP)

Dr.-Ing. Julian Franzen, Westfälische Lokomotiv Fabrik, Reuschling GmbH & Co. KG, Hattungen

Dr. Gert Fregien, TENSOR, Mannheim

Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein, Lehrstuhl Verkehrswegebau, Technische Universität München

Nicole Friedrich, Vorsitzende der Geschäftsführung der DB Fahrzeug-standhaltung GmbH, Frankfurt a. M.

Jan Furnivall, Chief Operating Officer, Vossloh AG, Werdohl

Dr.-Ing. Karsten P. Gruber, Geschäftsführer Obermeyer Infrastruktur GmbH & Co. KG, Düsseldorf

Dr.-Ing. Stefan Gutschling, Geschäftsführer Fachverband Elektrobahnen und -fahrzeuge, ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik-industrie e.V., Frankfurt a. M.

Dipl.-Ing. Roland Heinisch, ehem. Mitglied des Vorstandes der Deutschen Bahn AG, Idstein

Dr. Michael Holzapfel, Senior Vice President Business Unit Rail – Industrial Europe, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Schweinfurt

Dr. Sven Jenne, Director Engineering & Development Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, Oberhausen

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kleemann, München

Dr.-Ing. Dieter Klumpp, Mannheim

Dr.-Ing. Günter Köhler, Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH, Bochum

Dipl.-Ing. Markus Köppel, Abteilungspräsident Infrastruktur, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

Harald Krefz, Geschäftsleitung Hamburg Port Authority, Hamburg

Jens-Günter Lang, Vorstand Ressort Technik, Hamburger Hochbahn AG

Dr. Martin Lange, SEGULA Technologies, München

Maria Leenen, Geschäftsführende Gesellschafterin, SCI Verkehr, Hamburg, Köln und Berlin

Dr. Manfred Lerch, Hagenmüller Lerch GmbH, Heidenheim

Prof. Dr.-Ing. Jia Liu, Leiterin Institut für Verkehrswegebau/Transportation Infrastructure Engineering, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Günter Löffler, Professur Technik spurgeführter Fahrzeuge, TU Dresden, Fak. Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Dresden

Stefan von Mach, Bid Technical Manager Commuter Platforms, Alstom, Hennigsdorf

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin, Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart

Dr.-Ing. Christian Meirich, Gruppenleiter Bahnbetrieb, Institut für Verkehrssystemtechnik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Braunschweig

Prof. Dr. Birgit Milius, Leitung Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur, TU Berlin

Dr. Sigrid Nikutta, Vorstand Güterverkehr der Deutschen Bahn AG und Vorstandsvorsitzende der DB Cargo AG

Dipl.-Ing. Dr. Andreas Oberhauser, Senior Manager, Global Rail Consulting GmbH, AT-Wien

Prof. Dr.-Ing. Andreas Oetting, Leiter Fachgebiet Bahnssysteme/ Bahntechnik, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. techn. Norbert Ostermann, Univ.-Prof. i.R., Wissenschaftlicher Leiter der ÖVG, AT-Wien

Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl, Institut für Eisenbahnenwesen und Verkehrssicherung, Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. Raphael Pfaff, FH Aachen

Univ.-Prof. Dr.techn. Ferdinand Pospischil, M.Sc., Institutsleiter, Institut für Eisenbahninfrastruktur-Design, Technische Universität Graz, AT-Graz

Anil W. Rai, B.A., Geschäftsführer Verband der Bahnindustrie, AT-Wien

Prof. Knut Ringat, Geschäftsführer Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH, Hofheim am Taunus

Eckhard Roll, Direktor, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

Frederik Ropelius, Director Consulting, SMA und Partner AG, CH-Zürich

Dipl.-Ing. Volker Rupprecht, Abteilungspräsident Fahrzeuge und Betrieb, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

Dipl.-Ing. Veit Salzmann, Geschäftsführer Hessische Landesbahn GmbH, Frankfurt a.M.

Madeleine Schmitt, Leiterin Grundsätze Stakeholdermanagement Infrastrukturprojekte, DB InfraGO AG, Frankfurt a. M.

Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder, Geschäftsführer der ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH, Braunschweig; Privatdozent am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen und Honorarprofessor an der TU Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler, Lehrstuhl und Institut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme, RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefert, Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb, Technische Universität Braunschweig

Dipl.-Ing. Volker Sparmann, Vorsitzender des Vorstandes HOLM e.V., Frankfurt a. M.

Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan, Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Elektrische Bahnen

Dr.-Ing. Karsten Steinhoff, Geschäftsführer der NBE Nordbahn Eisenbahngesellschaft mbH & Co. KG, Kaltenkirchen

Prof. Sebastian Stichel, KTH Royal Institute of Technology, School of Engineering Sciences, Stockholm, Schweden

Detlev K. Suchanek, Geschäftsführer GRT Global Rail Academy and Media GmbH/Publisher PMC Media

Dipl.-Ing. (BA) Dominik Veit, Thales Deutschland GmbH, Transportation Systems, Ditzingen

Niko Warbanoff, CEO der DB E.C.O. Group und Vorsitzender der Geschäftsführung der DB International Operations (DB IO), Berlin

Prof. Dr. Norman Weik, Professur für Planung und Betrieb von Schienenverkehrssystemen, Technische Universität München

Dipl.-Ing. Henri Werdel, Directeur Investissements Infrastructure, Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL), L-Luxemburg

Dr. Elmar Zeiler, Siemens Mobility GmbH, SMO CS, Erlangen

KOOPERATIONSPARTNER

VDI VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.
– Fachbereich Bahntechnik

VERLAG

DVV Media Group GmbH
Postfach 10 16 09, D-20010 Hamburg
Heidenkampsweg 73-79, D-20097 Hamburg
Tel. +49 40 23714-100
Internet: www.dvmedia.com · www.eurailpress.com

Geschäftsführer

Martin Weber

Verlagsleitung

Manuel Bosch

Chefredakteur Eurailpress | Gesamtedaktionsleitung

Georg Kern

Redaktion ETR

Chefredaktion

Ursula Hahn (verantwort.)

+49 172-188 08 29 | ursula.hahn@dvmedia.com

Redaktionsteam

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Jänsch

Dagmar Rees

Kerstin Zapp

Anzeigen

Anzeigenleitung Eurailpress

Silke Härtel (verantwort.)

+49 40 23714-227 | silke.haertel@dvmedia.com

Anzeigenverkauf

Tim Feindt

+49 40 23714-220 | tim.feindt@dvmedia.com

Anzeigentechnik

Frank Schnakenbeck

+49 40 23714-332 | frank.schnakenbeck@dvmedia.com

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 60 vom 1. Januar 2024.

Vertrieb

Leiter Marketing & Vertrieb

Markus Kukuk

+49 40 23714-291 | markus.kukuk@dvmedia.com

Unternehmenslizenzen Digital/Print

lizenzen@dvmedia.com

Leser- und Abonentenservice

Tel. +49 40 23714-260 | Fax +49 40 23714-243

kundenservice@dvmedia.com

Erscheinungsweise

Monatlich, zwei Doppelhefte im Jan./Feb. und Juli/Aug., viermal jährlich inklusive Supplement ETR Austria, zweimal jährlich inklusive Supplement ETR Swiss

Bezugsbedingungen

Die Bestellung des Abonnements gilt zunächst für die Dauer des vereinbarten Zeitraumes (Vertragsdauer). Eine Kündigung des Abonnementvertrages ist zum Ende des Berechnungszeitraumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht rechtzeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden. Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeitskampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch. Zu stellmängeln 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 01.01.2024.

Bezugsgebühren

Abonnement: Inland jährlich 356 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt., Ausland mit VAT-Nr. jährlich 396 EUR inkl. Porto, ohne VAT-Nr. inkl. Porto zzgl. MwSt.

Das Abonnement-Paket enthält die jeweiligen Ausgaben als Print, Digital und E-Paper sowie den Zugang zum Gesamtarchiv der Zeitschrift.

Einzelheft: 39,00 EUR inkl. MwSt.

Layout: DVV Media Group / Matias Becker

Druck: Silber Druck oHG, Lohfelden

Copyright: Vervielfältigungen durch Druck und Schrift sowie auf elektronischem Wege, auch auszugsweise, sind verboten und bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung des Verlages. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

ISSN 0013-2845

Mitglied/Member



Deutsche Fachpresse

Eine Publikation der DVV Media Group



5 Fragen an Dr. Veit Appelt



Quelle: A+S Consult GmbH

Geschäftsführer und Mehrheitsgesellschafter der A+S Consult GmbH in Dresden

✉ Mailen Sie mir Ihre Meinung
info@apluss.de

Ingenieure müssen die Grundparadigmen der Informatik verstehen und umgekehrt

Als ein Vordenker von Building Information Modeling (BIM) gilt in Deutschland Dr. Veit Appelt. Er hat mit A+S Consult eine eigene BIM-Softwarelösung entwickelt, die 5D-Koordinierungsplattform KorFin® und ist unter anderem BIM-Lehrbeauftragter an der TUD, TUM, TUB sowie der Ruhruniversität Bochum.



1 Herr Dr. Appelt, BIM ist mittlerweile seit Jahren präsent als Möglichkeit, um Infrastruktur- und Gebäudeplanungen, ihren Bau und ihre Bewirtschaftung digital zu erfassen sowie deren Lebenszyklus zu modellieren. Wie weit verbreitet ist der Einsatz in Deutschland und international bereits?

Ich setze mich mit BIM in der Verkehrs- und Energieinfrastruktur auseinander. In den letzten Jahren wurde zunächst der Schwerpunkt auf die Planung gesetzt. Jetzt sind wir dabei, BIM auch auf die Baustelle und von da wieder zurück ins Modell zu bringen. Fertiggestellte Infrastrukturanlagen sollen digital in die Facility-Management-Systeme migrieren und die Effizienz der Instandhaltung und Verfügbarkeit der Anlagen nachhaltig verbessern. Jeder weiß, die Digitalisierung kommt. Aber sie muss nun nachweisen, dass mehr in kürzerer Zeit `geht`. International schaut man auf die Frontrunner, um von ihnen zu lernen – zu ihnen wollen wir gehören.

2 Welche Hürden gilt es noch zu überwinden?

Wir benötigen dringend eine effiziente datentechnische Abbildung des

digitalen Zwillingen (DT) der Infrastrukturanlagen!

3 Wie kann das gelingen?

Wir werden 1. die ingenieurtechnische Parametrik algorithmieren, 2. die Miniaturisierung durch Vermeidung von Redundanzen des DT fortführen und 3. die Integration von KI – meines Erachtens eine Ontologie zur Erzeugung einer effizienten Auswertung großer Daten – ins Visier nehmen. Es geht um Informationsmodelle, die im Eisenbahnwesen die Fachdienste und deren Fachwissen abbilden. Das erfordert neue sprachliche Konventionen mit eindeutiger Semantik.

4 Als BIM-Lehrbeauftragter der TU Dresden leiten Sie neben anderen die Vorlesungsreihe „BIM in der Verkehrsinfrastruktur“ an den Technischen Universitäten Berlin, Dresden und München sowie der Ruhr-Uni Bochum. Wer sitzt in Ihren Vorlesungen und Seminaren?

Wir haben die Vorlesungsreihe in den letzten vier Jahren auf 20 Prüflinge limitiert, um jedem Studierenden die Möglichkeit zu geben, ein praktisches Projekt und

einen Fragenteil zu präsentieren. Seit zwei Jahren haben wir die Veranstaltung für Erwachsene mit reiner Online-Abwicklung geöffnet. Damit erreichen wir ein sehr breites Publikum aus Behörden, Ingenieurfirmen und Bauunternehmungen aller Größen. Wir starten wieder mit etwa 300 Teilnehmern. Am Ende sollen möglichst viele erfolgreich eine Prüfung ablegen. International ist diese Lehrveranstaltung die Grundlage für das neue buildingSMART-International-Zertifikat BIM.Infra, das zunächst im DACH-Raum, dann in Europa und international eingeführt wird.

5 Was ist bei der Vermittlung von Wissen zu BIM aus Ihrer Sicht besonders wichtig?

Die Ingenieure müssen die Grundparadigmen der Bauinformatik verstehen und damit löst sich in der Regel das verwirrend scheinende Netz der Datenmodellierung auf. So versachlicht beantworteten sich viele Fragen von selbst. Ein begleitendes Onboarding, auch der IT-Leute zu den Ingenieurwissenschaften hin, wird immer angeboten. Ein solcher Merge ist eigentlich ein neues Berufsbild. Das brauchen wir.

Eurail
press

Archiv

Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

Jetzt upgraden und Zugriff auf das **gesamte Eurailpress-Archiv + DER NAHVERKEHR** erhalten!

Abonnenten
erhalten bis zu
**50 %
Rabatt**

-  44.000 Beiträge
-  laufende Aktualisierung
-  individuelle Suchoptionen
-  Volltextsuche
-  Sofort-Download

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

ETR
EISENBAHN
TECHNISCHES
HANDBUCH

EIK
EISENBAHN
INGENIEUR
KOMPENDIUM

SPENGLER
LEHRBÜCHER
FÜR
EISENBAHN
INGENIEURE

Rail
BUSINESS

bahn
manager

GÜTERBAHNEN
POLITIK • WIRTSCHAFT • TECHNOLOGIE

DER NAHVERKEHR
WIRTSCHAFT • POLITIK • VERKEHR

Eurail
press

Archiv

www.eurailpress.de/erp-archiv

Individuelle Sonderdrucke Schaffen Sie Aufmerksamkeit!

Für mehr Informationen besuchen Sie
www.eurailpress.de/sonder-drucke

Werben Sie
mit Ihrem
maßgeschneiderten
Sonderdruck!



Wir finden mit Ihnen die beste Ergänzung zu Ihrem Marketingmix,
sodass Sie Ihre Reichweite optimal ausnutzen können.

- ▼ Sowohl als Print-Sonderdrucke als auch in digitaler Form
- ▼ Individuelle Erweiterung durch zusätzliche Inhalte
- ▼ Profitieren Sie von der hohen Präsenz unserer Marken
- ▼ Zielgruppenspezifisches Werben durch einen nachhaltigen Kommunikationsverstärker
- ▼ Unterstützung Ihrer Kanäle durch hochwertige Fachbeiträge
- ▼ Für Online-Kongresse, Messen oder Symposien
- ▼ Kostengünstige und individuelle Content Marketing Inhalte

Ihre Vorteile: