



Systemtechnik Leistungsbericht 2021/2022



Inhalt

- 01 Vorwort Hans Peter Lang
- 02 ECM-Zertifizierung DB Systemtechnik GmbH
- 04 Die Referenzen der DB Systemtechnik 2021/2022
- 45 Die Referenzen der DB ESG 2021/2022
- 48 DB Systemtechnik: Ihre Ansprechpartner

DB Systemtechnik

DB Systemtechnik: Stabilität und Leistungs- fähigkeit für das System Bahn



Die Bahn steht auch durch das 9-Euro-Ticket aktuell im Brennpunkt der Gesellschaft. Viele neue Reisende bescheren aber nicht nur volle Züge, sondern bringen auch die Produktionsmittel des Sektors Bahn an seine Grenzen und darüber hinaus. Herausforderungen entstehen heute oft an den vielen Schnittstellen im System Bahn.

Als eisenbahntechnischer Ingenieur- und Prüfdienstleister, der Fahrzeug, Infrastruktur und vor allem Schnittstellenthemen beherrscht, unterstützt die DB Systemtechnik mit ihrem Know-how alle Beteiligten im Bahnbereich.

Dabei erweitern wir ständig unser Produktportfolio, bauen digitale Lösungen konsequent aus, um speziell die Einführung von ETCS in Deutschland nach vorne zu bringen.

Der Ihnen vorliegende Leistungsbericht gibt Ihnen einen Einblick in die vielfältigen Aktivitäten der DB Systemtechnik und zeigt Ihnen, wie unsere Experten sich weltweit erfolgreich für unsere Kunden einsetzen.

A handwritten signature in black ink that reads "Hans Peter Lang". The signature is written in a cursive, flowing style.

Ihr Hans Peter Lang
Vorsitzender der Geschäftsführung
DB Systemtechnik GmbH

ECM-Zertifizierung DB Systemtechnik GmbH



„Mit der ECM-Zertifizierung wird der Grundstein für eine einheitliche und sichere Instandhaltung gelegt, welcher einen sicheren Eisenbahnbetrieb und eine konforme Interoperabilität in Europa gewährleistet.“

Erik Siegemund, ECM-Team, DB Systemtechnik

Die DB Systemtechnik GmbH hat sich im November 2021 gemäß EU-VO 2019/779 erfolgreich als ECM 1 und 2 zertifiziert.

Eigentümer und Halter von Schienenfahrzeugen müssen mit der Veröffentlichung der Richtlinie 2008/110/EG des Europäischen Parlamentes und des Europäischen Rats jedem Schienenfahrzeug eine „für die Instandhaltung zuständige Stelle“ (englisch: Entity in Charge of Maintenance, ECM) zuweisen. Die für die Instandhaltung zuständige Stelle ist für den betriebssicheren Zustand eines Fahrzeugs zuständig und wird als solches im europäischen Fahrzeugeinstellungsregister registriert.

Ab dem 16.06.2022 gilt im europäischen Eisenbahnsektor für alle Schienenfahrzeuge eine gesetzliche Zertifizierungspflicht gemäß EU-Verordnung 2019/779. Ab diesem Zeitpunkt muss jede ECM ein funktionierendes und zertifiziertes Instandhaltungssystem nachweisen. Zur Steigerung der Sicherheit und Qualität sowie Sicherstellung der Anforderungen für technische Interoperabilität müssen folgende Grundgedanken geregelt sein:

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

Das Expertenteam der DB Systemtechnik begleitet alle ECMs und zukünftigen ECMs auf dem Weg der Zertifizierung und berät, welche Schritte im Zertifizierungsprozess wichtig und welche rechtlichen Themen zu beachten sind.

Um unsere Kunden noch besser beraten und unterstützen zu können, haben wir selbst die Zertifizierung als ECM 1 und 2 vorbereitet und im November 2021 erfolgreich bestanden. Damit sind wir nun auch in der Lage, für unsere Kunden die volle Verantwortung als ECM 1 (Instandhaltungsmanagement) und ECM 2 (Instandhaltungsentwicklungsfunktion) zu übernehmen.

Dabei können wir auf das in der DB Systemtechnik vorhandene breite Know-how in der gesamten Fahrzeug- und Komponententechnik zurückgreifen und dem Kunden einen Full-Service aus einer Hand anbieten.

Zielgruppe dieser Leistung sind in erster Linie kleinere EVUs, die so vom notwendigen Aufbau eines eigenen Instandhaltungssystemes und des hierfür notwendigen ingenieurtechnischen Know-hows entlastet werden.

Auch die Wahrnehmung der kompletten ECM-Funktion kann in Zusammenarbeit mit Partnern für die Fuhrparkinstandhaltungsmanagementfunktion (ECM 3) und Instandhaltungserbringungsfunktion (ECM 4) übernommen werden.



Die Referenzen der DB Systemtechnik 2021/2022





Das Demonstratorfahrzeug DIRK, in dem die Messungen im Projekt LUQAS durchgeführt wurden

Untersuchungen zur Luftqualität in Schienenfahrzeugen (LUQAS)

Das Projekt „Luftqualität in Schienenfahrzeugen“ (LUQAS) ist ein gemeinsam von der DB AG und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) initiiertes und bearbeitetes Kooperationsprojekt. In dem Projekt wurden vor dem Hintergrund der aktuellen SARS-CoV-2-Pandemie Ausbreitungswege von Aerosolpartikeln im Schienenfahrzeugfahrergastraum untersucht. Nach den bis dahin vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen erfolgte die hauptsächliche Übertragung des Virus über kleinste Flüssigkeitspartikel, die über die Schleimhäute, z. B. der Nase oder des Mundes und ggf. des Auges, aufgenommen werden. Es sollte daher proaktiv untersucht werden, wie sich Aerosolpartikel im Fahrgastraum unter den betrieblichen Randbedingungen ausbreiten, welche Rolle dabei speziell die Klimaanlage spielt und welche Wirkung z. B. die gängigen Maßnahmen wie Abstand und Maskenpflicht haben.

Im Projekt wurden umfangreiche theoretische Vorarbeiten (z. B. Definition flottenrelevanter Untersuchungsszenarien, Untersuchung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Baureihen) durchgeführt. Basierend auf den theoretischen Vorarbeiten wurde eine Versuchs- und Simulationsspezifikation erstellt als

Basis für umfangreiche Strömungs- und Ausbreitungsmessungen sowie entsprechende numerische Strömungssimulationen (CFD) **im stationären Demonstratorfahrzeug DIRK (ICE-2-Großraumwagen) und in der Klimakammer MEiE der DB Systemtechnik.**

Das DLR wurde bei der Durchführung der Ausbreitungsmessungen unterstützt. Die erzielten Ergebnisse aus dem Projekt wurden ausgewertet und entsprechend analysiert. Im Nachgang zum Projekt LUQAS wurden ergänzende Messungen im DIRK und in einem S-Bahn-Fahrzeug in Zusammenarbeit mit dem DLR durchgeführt, ausgewertet und analysiert.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Luftqualität ermöglichten die Bewertung des Einflusses der Klimaanlage bzw. der Klimatisierung sowie verschiedener relevanter Parameter bezüglich der Ausbreitung von Aerosolen im Fahrgastraum von Schienenfahrzeugen.

Untersuchung von Kuppelvorgängen bei digitalen, automatischen Kupplungen für Güterwagen

Das von der DB AG geführte Konsortium DAC4EU testet im Rahmen des Forschungsprojekts „DAK-Demonstrator-Pilotprojekt zur Demonstration, Erprobung und Zulassung der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) für den Schienengüterverkehr“, das vom BMDV beauftragt und finanziert wird, den Einsatz der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) Typ 4 bei ausgewählten Güterwagen. Mittels der DAK sollen Güterwagen sowie deren Strom-, Daten- und Druckluftleitungen automatisch und ohne schwere körperliche Arbeit miteinander gekuppelt werden können.

Mehrere Kupplungstypen (Scharfenberg, Latch-Type, SA-3, Schwab) von verschiedenen Herstellern wurden dabei unter unterschiedlichen vergleichbaren Umgebungsbedingungen getestet.

In der Mindener Einrichtung für klimatische Funktionstests und Prüfungen von Eisenbahnfahrzeugen (MEiKE) der DB Systemtechnik wurden daher reproduzier- und vergleichbare Umgebungsbedingungen von -25 °C bis +45°C erzeugt, was zu einer Vereisung und Beschneigung der Kupplungen führte.

Anschließend konnte eine Bewertung des Kuppel- und Entkuppelvorgangs hinsichtlich uneingeschränkter Funktionsfähigkeit durch Kooperation mit weiteren DB-Systemtechnik-Fachabteilungen erfolgen.

Die Prüfergebnisse geben Aufschluss über die Funktionsfähigkeit der Kupplungen unter extremen Umgebungsbedingungen. Zusätzlich liefern die Prüfergebnisse eine objektive Vergleichsbasis für die unterschiedlichen Kupplungen.



Bild oben: Güterwagen mit DAK in der Klimakammer MEiKE während der Funktionstests unter Winterbedingungen

Bild unten: vereiste DAK während der Funktionstests unter Winterbedingungen



Fotos links: Oliver Oldach
Foto rechts: Philipp Müller

Obsoleszenzmanagement bei Klima SPS

Triebzüge vom Typ 620/622 von DB Regio im Dieselnetz Köln besitzen eine Klima SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) vom Typ Mitsubishi FX1s. Diese beinhaltet eine Software zur Steuerung für das Vorheizverhalten des Triebwagens. Für diese Anlage gab es keine Ersatzteilversorgung mehr. Ein Ausfall hätte zur Folge, dass Komfortbedingungen in Fahrgast- und Führerraum nicht eingehalten werden könnten. Im Rahmen einer kontinuierlichen Instandhaltung musste eine Ersatzlösung gefunden werden.

Die DB Systemtechnik wurde daher beauftragt, im Rahmen des Obsoleszenzmanagements tätig zu werden.

Eine günstige Lösung findet sich im Nachfolgeprodukt von Mitsubishi. Die FX3s besitzt genauso viele Anschlüsse und fast identische Dimensionen, wodurch die Hardware sehr einfach ausgetauscht werden kann. Allerdings musste für dieses Nachfolgemodell eine neue Software erstellt werden. Die DB Systemtechnik hat diese neue Steuerungssoftware geschrieben, die vollständig dokumentiert, bewertet und integriert werden musste.



Für das Verfassen einer Steuerungssoftware innerhalb der DB Systemtechnik muss auch der Einfluss auf das System Klima bewertet und innerhalb von Tests validiert werden.

Der Kunde konnte gleich zweifach profitieren: Der größte Vorteil ist, dass für die Klimasteuerung im Zug nun wieder Ersatzteile vorhanden sind. Zusätzlich konnte eine Funktion innerhalb der Software verbessert werden, was die Klimatisierung im Zug robuster gegenüber kleinen Signalstörungen macht.



Rad-Schiene-Prüfstände in Kirchmöser: Seriensusquats

Seit etwa zehn Jahren ist die Beseitigung von Seriensusquats im Schienennetz der Deutschen Bahn einer der Kostentreiber der Fahrweginstandhaltung. Seriensusquats sind über mehrere Kilometer hinweg auftretende (Rollkontaktermüdungs-)Risse unter der Schienenfahrfläche. Aufgrund ihrer Lage und Ausbreitungsrichtung werden sie häufig spät detektiert, sodass deren Beseitigung durch Schleifen oder Fräsen aufgrund der erheblichen Fehlertiefe mit hohen Kosten verbunden ist. In manchen Fällen bleibt nur noch der Schienenwechsel.

DB Netz beauftragte DB Systemtechnik 2019 mit der Untersuchung der Wirkmechanismen der Squatentstehung, um die Grundlagen für eine nachhaltige Instandhaltungsstrategie zur Beherrschung von Seriensusquats zu schaffen. Hierzu wurden bereits ab 2020 auf dem neu geschaffenen Rad-Schiene-Prüfstand B in Kirchmöser gezielte Versuche zur Squatentstehung durchgeführt. Dieser Prüfstand ermöglicht es, neben Vertikal- und Querkräften auch Längskräfte in der Rad-Schiene-Kontaktfläche zu simulieren. Gerade diese in modernen Schienenfahrzeugen insbesondere beim Antreiben und Bremsen der Räder entstehenden Längskräfte, werden als eine mögliche Ursache für die Entstehung von Seriensusquats gesehen.

Im Rahmen der Prüfstandsversuche wurden Squatanrisse zunächst unter definierten Beanspruchungsbedingungen reproduzierbar erzeugt. Daneben wurden nach unterschiedlichen Verfahren geschliffene Schienen auf ihre Neigung zur Rissentstehung analysiert. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass fehlerhaftes Schleifen der Schienen als Ursache für Squats auszuschließen ist.



Im Rahmen des Projekts wurde zudem der Einfluss der Höhe von Traktionskräften sowie von Umwelteinflüssen („feuchte Schiene“) auf die Entwicklung von Squatrisse untersucht. Im Ergebnis hat sich noch kein geschlossenes Bild gezeigt. Dennoch ermöglichen die Prüfstandsversuche eine Analyse einzelner Einflussfaktoren auf das Squatwachstum unter kontrollierten Bedingungen, wie sie durch Untersuchungen im Gleis nicht erreicht werden können.

Als maßgebliche Ursache für die Entstehung von Squats konnte der aus Schadensuntersuchungen bereits bekannte Einfluss „Weißer Schichten“ (White etching layer, WEL) bestätigt werden. Das sind einzelne auftretende streng lokalisierte Gefügewandlungen in der Kontaktfläche von Rad und Schiene, die durch Traktionseinflüsse entstehen und durch die oben genannten „feuchten Schienen“ noch verstärkt werden können.

2022 wird deshalb im Rahmen eines Folgeprojekts zusammen mit VIF Graz und weiteren Partnern ein Modell zur rechnerischen Vorhersage des Auftretens von „Weißer Schichten“ beim Antreiben und Bremsen von Schienenfahrzeugen gestartet. Auch hier werden die Rad-Schiene-Prüfstände der DB Systemtechnik eine wichtige Rolle spielen. Das Modell baut auf den Erkenntnissen von vorherigen Prüfstandsversuchen auf.

Optimierung der Testhäufigkeit von Tonsignaleinrichtungen bei DB Regio

Als Anwohner in der Nähe einer Abstellanlage kennt man es, wenn am frühen Morgen die Tonsignaleinrichtung (Signalhorn) der Züge durchgetestet wird. Gerade in Ballungsgebieten, wie z.B. Frankfurt, kommt es dadurch fast immer zu einer Lärmbelästigung. Dieser Schritt ist fest verankert im Aufrüstprozess der Triebfahrzeuge und dient der Sicherheit bzw. einer allgemeinen Funktionsüberprüfung. Bei einer funktionsunfähigen oder ungeprüften Tonsignaleinrichtung besteht die Verpflichtung, die Fahrgeschwindigkeit auf 80 km/h zu reduzieren, was zu Verspätungen und Problemen bei der Disposition führt.

Um sich der Herausforderung einer Einhaltung der Sicherheit sowie Funktionalität der Tonsignaleinrichtung einerseits und einer Reduktion der dadurch bedingten Lärmbelästigung von Anwohnern auf ein Minimum zu stellen, arbeitete die DB Systemtechnik gemeinsam mit DB Regio eine Lösung aus.

Hierfür näherten sich die Expert:innen dem Problem zunächst mit einer statistischen Datenanalyse von verschiedensten Tonsignaleinrichtungsdaten und untersuchten mögliche Abhilfemaßnahmen, z. B. durch eine mögliche Reduktion von fehlerhaften Tonsignaleinrichtungen, die beim Aufrüstungsprozess identifiziert werden.

Die Datenanalyse wurde dann im nächsten Schritt auf ausgewählte Fahrzeugflotten und Baureihen der DB Regio sowie einen längeren Mittelfristzeitraum ausgedehnt. Hierdurch konnten eine qualitative und quantitative Beschreibung der Daten, die Fehleranzahl von Ausfällen auf einzelne Baureihen sowie Regionen, eine Ableitung der statistischen Aussage über Stichprobengröße und Testhäufigkeit sowie eine Bewertung der Größe des statistischen Fehlers beschrieben werden.

Abgeleitet aus diesen Ergebnissen arbeitet DB Regio aktuell an einer möglichen Anpassung des Aufrüstprozesses der Triebfahrzeuge, um dadurch die Testhäufigkeit durch Fristenspreizung auf einen größeren Zeitraum auszudehnen.





Unfallsanierung eines GFK-Frontcabs mithilfe eines 3-D-Scans

Die Unfallsanierung von Schienenfahrzeugen verlangt Fachkompetenz, ausgewählte Technologien und vor allem Tempo, damit der Betreiber schnellstmöglich wieder auf ein einsatztaugliches Fahrzeug zurückgreifen kann.

Dass dies auch bei Fahrzeugschäden gelingt, bei denen Herstellerunterlagen nicht vorliegen, hat die DB Systemtechnik nun am Beispiel eines beschädigten GFK-Frontcabs bewiesen.

Von Patrick Raabe, Leiter der Fahrzeug-Konstruktion der DB Systemtechnik in Leipzig, erfahren wir mehr darüber.

Herr Raabe, warum war die Sanierung des aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellten Frontcabs so besonders?

Für einige Baureihen liegen uns keine ausreichend detaillierten Zeichnungsunterlagen vor, die zur Erstellung einer Sanierungslösung mit zugehöriger Nachweisführung notwendig sind. Und so hatten wir auch bei diesem Unfallfahrzeug keine Möglichkeit, mechanisches Engineering auf Basis eines 3-D-Modelles und einer FEM-Berechnung durchzuführen. In diesen Fällen gab es bisher nur die Möglichkeit, den gesamten GFK-Kopf durch ein Neuteil zu ersetzen, was immer mit sehr hohen Kosten und einer langen Beschaffungsdauer verbunden ist.

Und wie haben Sie das Problem der „fehlenden Fahrzeugdokumentation“ dann gelöst, und was bedeutet eigentlich „Reverse-Engineering“?

Vielleicht vorab zum Reverse-Engineering: Darunter versteht man die Umkehrung des Produktentstehungsprozesses – also die Rückführung von Konstruktions- und Berechnungsmodellen aus physisch vorhandenen Komponenten.

Und zur fehlenden Fahrzeugdokumentation: Hier waren ein 3-D-Scan und Ultraschallmaterialanalysen unsere „Werkzeuge“, um ein Modell zu erhalten, mit dem wieder einmal klar wurde: Reparieren ist besser als Ersetzen!

Was passierte beim 3-D-Scan, und welche Materialanalysen wurden durchgeführt?

Ich stelle die Arbeiten einmal sehr grob vor, die wir in enger Zusammenarbeit mit unserem Partner, der DB Fahrzeuginstandhaltung in Krefeld, durchgeführt haben. Nach vorbereitenden Tätigkeiten, wie der Reinigung und Ausrichtung des GFK-Frontcabs, wurden mithilfe eines 3-D-Scanners dessen Außen- und Innenkonturen erfasst. Anschließend wurde das CAD-Modell abgeleitet und nachbearbeitet, sodass es alle unsere Anforderungen an die Konstruktion und Berechnung erfüllt.

Ein solcher Scan liefert jedoch noch keine Rückschlüsse auf „das Innere“ des Bauteils, daher haben wir mithilfe von Materialproben und -untersuchungen alle notwendigen Materialeigenschaften und den Schichtaufbau des GFK-Laminats extrahiert. Anschließend wurden diese gewonnenen Materialdaten mit dem 3-D-Modell zusammengeführt, um ein vollumfängliches Berechnungsmodell zu erhalten.



Und damit konnte die Frage „Reparieren ist besser als Ersetzen?“ beantwortet werden?

Ja, das ist gelungen. Mit dem gewonnenen Modell konnten wir wiederum die entsprechenden Lastfälle mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM) und die Auswirkungen des konkreten Schadens bewerten. Das Ergebnis ist eindeutig: Der Schaden ist mit unseren bewährten Methoden sanierungsfähig und Reparieren ist besser als Ersetzen, da es wesentlich schneller und günstiger ist.

Klingt einfach?

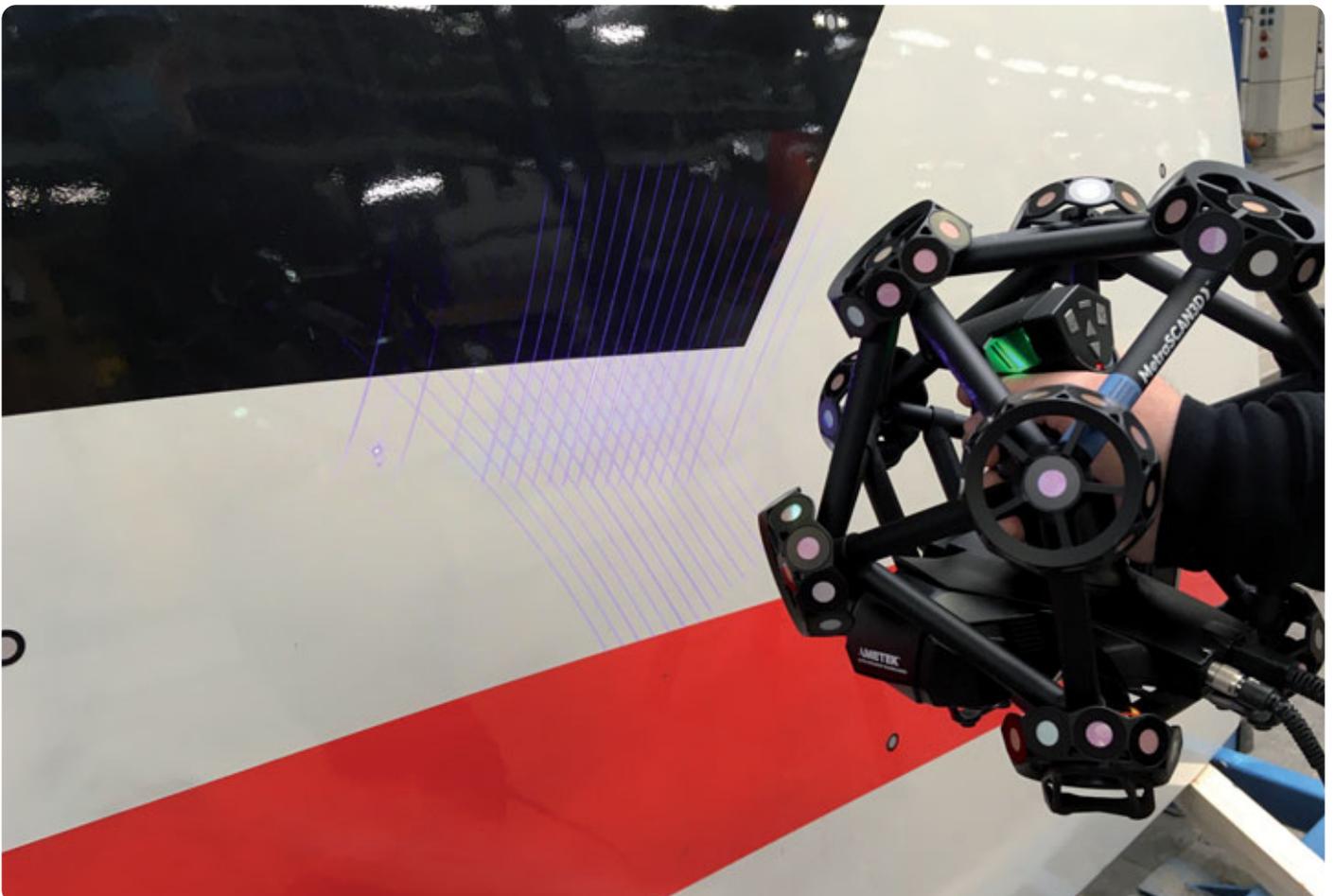
Ja, aber dennoch spannend, da wir das Verfahren in diesem Umfang zum ersten Mal angewendet haben. Diese Vorgehensweise lohnt sich, denn die Reparaturkosten sind in solchen Fällen für den Fahrzeughalter wesentlich geringer, als bei einem Schaden das komplette Frontcab zu tauschen.

Best Practice?

Definitiv. Diese Vorgehensweise können wir künftig für viele weitere Komponenten anwenden, bei denen keine ausreichende Zeichnungslage für ein Engineering vorliegt: insbesondere bei GFK-Frontcabs und Bugnasen anderer Baureihen. An dieser Stelle nochmals ein Danke für die starke Zusammenarbeit an unsere Spezialisten aus dem Team „Simulation Gesamtfahrzeug“ und an das gemeinsame Unfallzentrum, dass wir zusammen mit der DB Fahrzeuginstandhaltung in Krefeld betreiben.



Fotos: Patrick Raabe



Alstoms Zefiro Express für Verkehrsverbund Västtrafik, Schweden

Alstom liefert schnelle Regionalzüge vom Typ Zefiro Express an den schwedischen Verkehrsverbund Västtrafik.

Zum Nachweis des klimatechnischen Komforts und zur Ermittlung des k-Werts* sollten in der Klimakammer MEiKE der DB Systemtechnik entsprechende Tests an einem Führerraum, einem End- und einem Mittelwagen durchgeführt werden.

Nach der Ausrüstung des Führerraums und der Fahrgasträume mit Messtechnik sowie Ausrüstung zur Sonnen- und Besetzungssimulation wurden Klimaversuche im Führerraum nach EN 14813 und Klimaversuche im Fahrgastraum nach EN 13129 ausgeführt. Ergänzend wurden Funktionstests inklusive Beschneigung und Vereisung durchgeführt. Die Tests erfolgten insgesamt im Temperaturbereich von -20 °C bis +40 °C. Die beauftragten Komfort- und Funktionstests dienten als Vortests für die Abnahmeversuche in der Fahrzeugversuchsanlage Rail Tec Arsenal Wien.

Durch die Versuche konnten Einstellparameter für die Abnahmeversuche ermittelt sowie Softwareoptimierungen durchgeführt werden und Funktionsprüfungen der Subsysteme unter extremen Umgebungsbedingungen konnten erfolgen.

* Der k-Wert gibt Auskunft darüber, wie viel Wärmeleistung pro Quadratmeter bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin zwischen innen und außen durch das Bauteil schwindet.

Fotos: Edgar Bernstein, DB AG/Hartmut-Joachim Sigrist





Führerstand des Zefiro Express mit eingeschaltetem Leuchtenfeld zur Simulation des Wärmeintrags durch Sonnenlicht

Aktualisierung des Leitfadens zum Nachweis der Klimafunktionen des TESIP

Der Leitfaden zum Nachweis der Klimafunktionen des Technischen Sicherheitsplans (TESIP) nach der Sicherheitsrichtlinie Fahrzeuge (SIRF) bedarf aufgrund der Anpassungen infolge des 4. Eisenbahnpakets einer Überarbeitung.

Im Rahmen eines Arbeitskreises des Lenkungskreises Fahrzeuge haben Expert:innen der DB Systemtechnik – gemeinsam mit weiteren Vertreter:innen des Eisenbahnsektors – den Leitfaden entsprechend überarbeitet.

Durch die DB Systemtechnik erfolgte eine Recherche relevanter Normen und der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) sowie die Mitgestaltung der Überarbeitung des Leitfadens. Dabei stimmte sich der Arbeitskreis regelmäßig mit dem Eisenbahnbundesamt (EBA) ab und leistete Berichterstattung über die erzielten

Fortschritte. Anschließend wurde der abgestimmte Änderungsbedarf umgesetzt. Auch die englische Übersetzung des Leitfadens wurde von der DB Systemtechnik angefertigt.

Die regelmäßigen Sitzungen und Abstimmungen innerhalb des Arbeitskreises ermöglichen die Harmonisierung der Interessen aller beteiligten Industrievertreter:innen bezüglich der abzustimmenden Änderungen.

So liegt durch die Beseitigung bzw. Korrektur von missverständlichen oder veralteten Verweisen und Formulierungen allgemein ein besseres Verständnis vor. Ebenso sind im Bereich „Funktionale Sicherheit in Eisenbahnfahrzeugen“ die relevanten Dokumente für die Nachweisführung nun zueinander konform. Der überarbeitete TESIP trägt schlussendlich zur Vereinfachung der zukünftigen Zulassung von Fahrzeugen bei und erhöht die Rechtssicherheit.





Sprachverständlichkeitstest mit neuen Stadler-Zügen der Uetliberg-Bahn

Fotos: Stefan Dijkema

Seit 2022 nehmen die fünf neuen Stadler-Triebzüge der SZU (Sihltal-Zürich-Uetliberg-Bahn) des Typs Be570 den Betrieb am Uetliberg auf und transportieren die Fahrgäste auf den Berg mit dem schönsten Blick auf Zürich. Ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung und Zulassung des Fahrzeugs aus dem Hause Stadler ist ein behindertengerechter Fahrbetrieb.

Die DB Systemtechnik unterstützt den Zulassungsprozess mit wichtigen akustischen Prüfungen für Menschen mit Behinderung und eingeschränkter Mobilität.

Dazu findet die TSI PRM 1300/2014 in Auszügen Anwendung. Das Prüflabor Akustik und Erschütterungen der DB Systemtechnik hat mit Mikrofonen im Innenraum die Sprachverständlichkeit von gesprochenen Informationen beim Passagier (EN 60268-16), zum Beispiel sowohl vom Triebfahrzeugführer als auch Durchsagen vom Fahrzeuginformationssystem, sowie die Türwarnsignale für die Zulassung gemessen. Dazu wurde ein Testsignal in die Beschallungsanlage eingespielt und die Qualität der Sprachübertragung an verschiedenen Orten im Fahrgastraum mit einem Mikrofon bestimmt.

Zusammen mit Expert:innen von Stadler und der SZU konnte das Team der DB Systemtechnik die Messungen erfolgreich durchführen.



Der Lautsprecher spielt das Testsignal in das Mikrofon des Triebfahrzeugführers ein.

Foto: DB AG/Michael Neuhaus



Auswirkung hoher Schallschutzwände auf die Sicherheit der Reisenden

An den neu geplanten Bahnsteigen in fünf Haltepunkten bzw. Bahnhöfen der Ausbaustrecke München–Mühldorf–Freilassing (ABS 38) werden teilweise oder vollständig Lärmschutzwände (LSW) geplant. Für jeden Bahnhof wird für die Planung eine Bewertung der Beeinflussung der Sicherheit von Passagieren auf den Bahnsteigen durch die LSW bei Zugvorbeifahrten benötigt.

Die Expert:innen der DB Systemtechnik unterstützten DB Netz Projekt ABS 38 dabei mit ihrem aerodynamischen Know-how.

Von der DB Systemtechnik wurden wissenschaftliche Untersuchungen mit Zugmodellen mit ähnlichen Konfigurationen (Bahnsteige mit LSW, Messung der zuginduzierten Strömung an verschiedenen Positionen) analysiert. Frühere Messungen durch die DB Systemtechnik wurden für die Bewertung der Situation herangezogen. Auch die geometrischen Gegebenheiten (Länge, Breite, Abstand etc.) auf den Bahnsteigen der ABS 38 werden hinsichtlich des Einflusses auf die zuginduzierte Strömung auf den Bahnsteigen bewertet. Die Bewertungsergebnisse werden dabei für jeden Haltepunkt gesondert in einer Stellungnahme dokumentiert.

Durch die von uns erbrachte Analyse konnte festgestellt werden, dass auf keinem der Bahnsteige ein erhöhtes Risiko für Reisende resultiert. Die frühzeitige Bewertung der Situation im Rahmen der Planung trägt zum Projekterfolg bei, indem durch eine ausführliche Dokumentation Risiken gegenüber den Stakeholdern ausgeschlossen werden.



Auflaufprüfung m²-Wagen mit Timber-FLU (Freighttrail Loading Unit)

Der multifunktionale und modulare Güterwagen „m²“ bietet eine Plattform, die für unterschiedliche Verwendungszwecke geeignet ist. Durch die Entwicklung einer Timber-FLU wird Transport von Stammholz ermöglicht.

Die DB Systemtechnik wurde von DB Cargo beauftragt, eine Auflaufprüfung (Prüfung Auflaufstoß) durchzuführen, um die Plattform in Verbindung mit der Timber-FLU zu prüfen.

Dabei sollen die Pufferkräfte, Beschleunigungen, Geschwindigkeit sowie die mechanische Spannung, die während der Auflaufstöße wirken, messtechnisch erfasst werden. Hinzukommend wurde nach jedem Auflaufstoß die Ermittlung der Verschiebung der Stammholzbeladung gewünscht.

Bei der Prüfung wird ein Waggon mit einer Masse von 80 t auf das stehende ungebremste Prüfobjekt gerollt. Ermöglicht wird dies durch den Einsatz eines Ablaufbergs. Das Prüfobjekt war dabei mit 55,2 t Stammholz beladen und hatte somit inklusive des Eigengewichts ebenso ein Gesamtgewicht von 80 t. Die Auflaufgeschwindigkeit wurde mit Wiederholung der Auflaufstöße auf eine Geschwindigkeit von 9 km/h gesteigert.



Die Erfassung der mechanischen Spannung wird durch den Einsatz von Dehnungsmessstreifen ermöglicht. Diese sind auf Grundlage von im Vorfeld durchgeführten FEM-Analysen (Finite-Elemente-Methode) am Prüfobjekt appliziert worden.

Hinsichtlich der aufgezeichneten Messdaten werden die aufgetretenen Maximalwerte während des Auflaufstoßes betrachtet. Durch die Analyse der Pufferkräfte und Beschleunigungen erhält das Messteam die wirkende Belastung auf das gesamte Prüfobjekt. Mithilfe der mechanischen Spannung kann eine punktuelle Aussage über die Belastungen der einzelnen Fahrzeugbauteile getroffen werden.

Abschließend sind die Messdaten sowie ein Prüfbericht an DB Cargo übergeben worden. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Versuchen werden nun für die Weiterentwicklung des m²-Waggons sowie der Timber-FLU verwendet.



Fotos 3x: Maximilian Bechert

Zertifizierung Bremsprüfgerät MI-8 Transformer BSK



Vorder- und Rückansicht vom angeschlossenen Bremsprüfgerät MI-8 während der Prüfungen



Fotos 2x: Uwe Koppotsch

Das elektronisch arbeitende Bremsprüfgerät vom Typ MI-8 Transformer BSK des nordmazedonischen Prüfgerätespezialisten EKA d.o.o.e.l. (Knorr-Bremse Gruppe) sollte im Prozess „Nachweis der Bahntauglichkeit“ für den internationalen Einsatz von bremstechnischen Prüfungen an Güterwagen mit UIC-Bremssystemen von der DB Systemtechnik zertifiziert werden.

Für die erforderlichen Prüfungen wurde die DB Systemtechnik durch die Firma Knorr-Bremse beauftragt.

Während der Zertifizierung im Zeitraum von 2019 bis 2021 wurden unterschiedliche Bremssysteme zusammen mit der Knorr-Bremse geprüft. Neben der vollständigen Erfüllung der Prüfspezifikationen lag ein Augenmerk auf einer zuverlässigen und zweifelsfreien Fehlererkennung. Zusammen mit den Kolleg:innen von der Knorr-Bremse und der EKA d.o.o.e.l. wurde die Software korrigiert und optimiert.

Ein reproduzierbarer Bremsprüfablauf und die damit verbundene Ergebnisbewertung sind in der Software fest implementiert. Die Prüfschritte und die Ergebnisse können nicht manipuliert werden. Eine Fehlbedienung bzw. Fehlinterpretation der Ergebnisse wird weitgehend ausgeschlossen. Die einzelnen Prüfschritte und deren Ergebnisse werden im Rahmen der Prüfung durch die Software dokumentiert. Es werden alle Ergebnisse der Bremsprüfung gemäß den relevanten Prüfspezifikationen automatisch ausgewertet.

Im Rahmen „Nachweis der Bahntauglichkeit“ wurden die beiden Softwarepakete für die Prüfspezifikationen nach VPI 07 EMG von Br 0 bis Br 3 und das UIC MB 543-1 mit manuellem und automatisiertem Prüfablauf erfolgreich bestätigt und durch die DB Systemtechnik zertifiziert.

Im nächsten Schritt sollen die Instandhaltungsvorgaben nach Regelwerk Ril 900.0080 (DB Cargo) von Br 0 bis Br 3 der Deutschen Bahn zusätzlich implementiert werden. Nach einer erfolgreichen Zertifizierung kann das Bremsprüfgerät vollumfänglich für Bremsprüfungen an Güterwagen bei der Deutschen Bahn eingesetzt werden.



Prüfgegenstand:
Elektrische Dachrüstung
von Lokomotiven

Fotos: DB Systemtechnik



Hochspannungsgenerator im
Lokomotiv-Prüffeld der DB Fahrzeug-
instandhaltung in Dessau

Hochspannungskalibrierung für den Eisenbahnsektor

Kein elektrisches Triebfahrzeug verlässt die Werkstätten der Hersteller oder der Instandhalter ohne Isolationsprüfung. Prüfspannungen bis 75 kV werden eingesetzt, um die Dachaufbauten von elektrischen Triebfahrzeugen hinsichtlich ihrer Isolation und Durchschlagfestigkeit sowie die Haupttransformatoren der Fahrzeuge zu prüfen. Eigens dafür verfügen die spezialisierten Firmen über elektrische Prüffelder, in denen die elektrischen Kenngrößen der Schienenfahrzeuge vor der Auslieferung ermittelt und geprüft werden.

Das Angebot der Kalibrier- und Prüfstelle der DB Systemtechnik umfasst alle Messgrößen, die für den Betrieb und die Instandhaltung im Eisenbahnsektor von Bedeutung sind. Neu im Angebot ist nun die Fähigkeit zur Kalibrierung von Wechselspannungen bis zu 75 kV und bei Gleichspannung bis 100 kV.

Die Kalibrierung kann vor Ort ausgeführt werden. Die notwendigen Normale sind transportabel. Die Messunsicherheit bei 75.000 V beträgt für Kalibrierungen im Feld ca. 680 V. Für die Arbeit mit solch hohen Spannungen ist viel Know-how erforderlich.

Einerseits, um die Kalibrierung fachgerecht und mit kleiner Messunsicherheit auszuführen, und andererseits, um bei Prüfungen vor Ort Gefährdungen auszuschließen. Entsprechend sorgfältig ist der Messaufbau zu realisieren, wobei insbesondere die Isolationsfähigkeit von Luft zu beachten ist. Dies ist von vielen Faktoren abhängig, unter anderem von der Beschaffenheit der Elektroden, der Spannungsart (Gleich- oder Wechselspannung) und der Spannungsform (Impuls- oder Sinusform).

Die zuverlässige Kalibrierung und Justierung der dafür verwendeten Prüfsysteme durch die Expert:innen der DB Systemtechnik ist auch hier ein wichtiger Beitrag für die Sicherheit der Kunden und des Personals auf den Schienenfahrzeugen.

Spannungsfestlegung für die DAK



Seit über einhundert Jahren wird im Schienengüterverkehr ausschließlich die Schraubenkupplung verwendet, die manuell bedient werden muss. Mit der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) soll der Kupplungsvorgang ohne notwendige Manpower automatisiert werden.

Güterwagen mit Digitaler Automatischer Kupplung (DAK) benötigen für die Funktionen des hoch automatisierten Schienengüterverkehrs der Zukunft eine leistungsfähige und zuverlässige Stromversorgung. Die Versorgung muss Sicherheitsanforderungen und eine Reihe technischer, normativer und betrieblicher Randbedingungen erfüllen, um europaweit interoperabel eingesetzt zu werden. Gleichzeitig wird eine kosteneffiziente Lösung angestrebt, das heißt ein möglichst geringer Kupferquerschnitt der Versorgungsleitungen und eine geringe Anzahl Kontakte in den Elektrokupplungen.

Die DB Systemtechnik legte im Rahmen eines Gemeinschaftsprojekts, dem European DAC Delivery Programme (EDDP) als Teil von Europe's Rail, gemeinsam mit europäischen Partnern die relevanten Anforderungen fest und übernahm die Leitung im Auswahlverfahren.

Eingebracht wurde Know-how aus dem Bereich elektrischer Bordnetze und der zugehörigen Normen in den Auswahlprozess und eine Zuverlässigkeitsbewertung für verschiedene Varianten der Stromversorgung wurde erstellt. Aus einer großen Anzahl infrage kommender Varianten wurde schließlich eine Vorzugslösung entwickelt, die sich an bestehenden Standards orientiert und für den Praxiseinsatz im Schienengüterverkehr optimiert wurde. Bei minimaler Anzahl Kontakte und einem geringen Leitungsquerschnitt wird eine hohe Zuverlässigkeit und elektrische Leistung auf jedem Wagen erreicht, bei bis zu 50 Wagen in einem bis zu 800 Meter langen Zugverband.



Foto: DB AG/Oliver Lang

Automatisiertes Fahren mit Automatic Train Operation (ATO) und Sensorik im Vollbahnbereich



Für das automatisierte Fahren im Vollbahnbereich ist ein technisches Fahrsystem (ATO-System mit Sensorsystem) erforderlich, das die heutigen betrieblichen Aufgaben des Triebfahrzeugführers mindestens gleichwertig ersetzen soll.

Der Ersatz der betrieblichen Kompetenz des Triebfahrzeugführers und seiner Wahrnehmungssinne durch technische Lösungen erfolgt schrittweise in sogenannten Automatisierungsgraden. Je nach Grad werden bestimmte betriebliche Aufgaben technisch implementiert, und in Abhängigkeit dazu wird auch die menschliche Wahrnehmung schrittweise durch geeignete Sensorik ersetzt.

Für das automatisierte Fahren ist daher die sichere, zuverlässige und verfügbare technische Wahrnehmung (Perzeption) der betrieblichen Umgebung des Schienenfahrzeugs eine wesentliche Voraussetzung. Auch die technische Bestimmung des Aufenthaltsorts des Schienenfahrzeugs (Lokalisation) auf dem befahrenen Gleis ist eine weitere Voraussetzung.

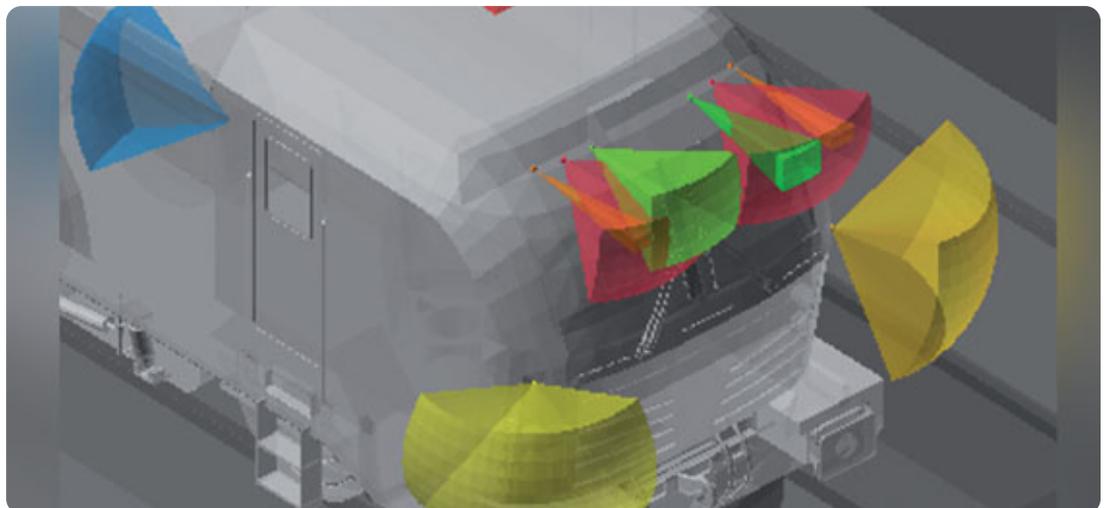
Für Perzeption und Lokalisierung werden über Sensoren Umgebungsdaten erfasst, aufgezeichnet und mittels intelligenter, softwarebasierter Verfahren und Algorithmen zu hochwertigen Informationen über die Umgebung des Schienenfahrzeugs verarbeitet. Sie werden dem ATO-System übergeben, um dort, je nach betrieblicher Situation, angemessene Handlungsentscheidungen treffen und automatisch ausführen zu können.

Datenerfassung und Informationsverarbeitung werden in einem eigenen Sensorsystem realisiert. Entwicklung, Verifikation und Validation von solchen softwarebasierten Sensorsystemen erfordern Test- und Trainingsdaten. Auch im Bereich der Nachweisführung zur funktionalen Sicherheit solcher Systeme werden umfangreiche Datensätze gebraucht.

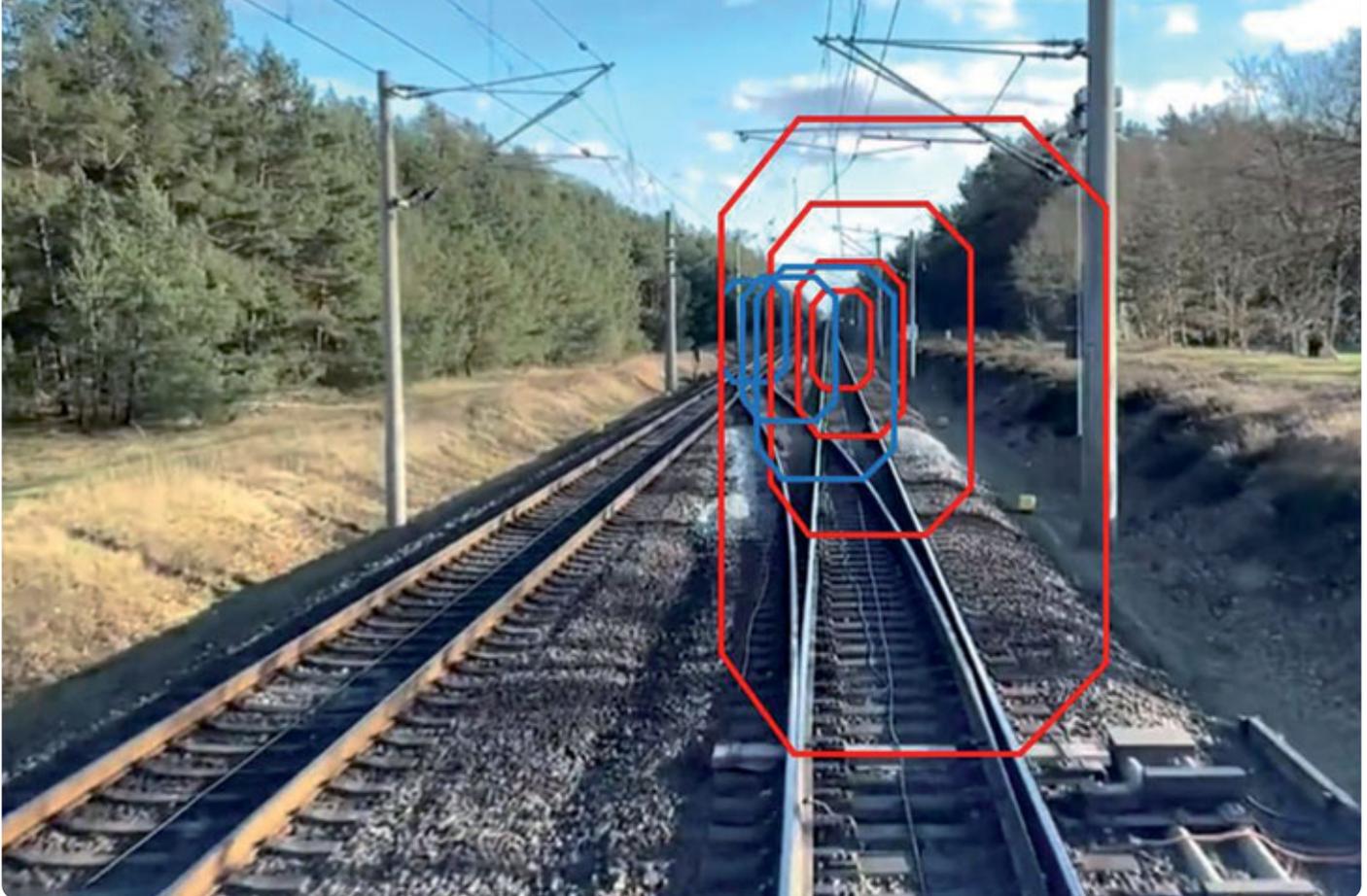
Vor diesem Hintergrund gab das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung die Studie „Sensorik als technische Voraussetzung für ATO-Funktionen“ bei der DB Systemtechnik in Auftrag.

Die DB Systemtechnik hatte den Forschungsauftrag mit zwei externen Projektpartnern bearbeitet: dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) und dem Institut für industrielle Informationstechnik der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe (TH OWL).

Das Ziel war die Spezifikation eines fahrzeugseitigen Messsystems, mit dessen späterer Anwendung reale Test- und Trainingsdaten aus dem Eisenbahnbetrieb zur Entwicklung und Prüfung (Verifikation, Validation) von Sensorsystemen erhoben werden können. Das Messsystem soll als allgemeingültige Plattform zur Datensammlung (Erfassung, Aufzeichnung und Bereitstellung) Realdaten aus der betrieblichen Umgebung aufnehmen können, um sie heutigen und zukünftigen Entwicklungsprojekten von Sensorsystemen zur Verfügung stellen zu können.



Fotos/Grafik: DB AG, DB Systemtechnik



Eine Herausforderung war die Festlegung eines möglichst universellen Lösungsansatzes, um geeignete Test- und Trainingsdaten aus den erhebbaren Daten erzeugen zu können. Das Messsystem muss technisch zumindest in der Lage sein, die menschliche Wahrnehmung eines Triebfahrzeugführers nachempfinden zu können. Die Prämisse war der 1-zu-1-Ersatz der menschlichen Wahrnehmung durch das Messsystem.

Diese Zielsetzung ist umso notwendiger, da sich bis heute noch keine hinreichend geeignete Ausstattung der Schienenfahrzeuge mit Sensorik aus den vielfältigen Entwicklungen in den Verkehrsarten Schienen- und Ersatzverkehr herausgebildet hat.

Ein wesentliches Ergebnis ist eine Übersicht über heute verfügbare Sensorsysteme für das automatisierte Fahren. Die heute verfügbaren Lösungen wurden hinsichtlich ihres Entwicklungsstands, ihrer Marktverfügbarkeit und ihrer Eignung für den Bereich der Vollbahn im Eisenbahnsystem analysiert und bewertet.

Zudem wurde die Realisierbarkeit von ATO-Lösungen durch heutige und absehbare Sensorsysteme in diese Bewertung einbezogen. Eine Schlussfolgerung zeigte auf, welche heute verfügbaren Sensor- und ATO-Lösungen für das automatische Fahren geeignet und welche technischen Anforderungen noch nicht erfüllt sind.

Für die analytische Betrachtung verfügbarer Sensorsysteme war die Herausarbeitung der wesentlichen Merkmale des heutigen, konventionellen Systems im Kontext der Fragestellung erforderlich. Aus dieser umfassenden Beschreibung wurden automatisierbare, betriebliche Standardaufgaben für das Fahrsystem sowie die Wahrnehmungs- und Lokalisierungsaufgaben für das Sensorsystem abgeleitet. Die Ergebnisse wurden im Rahmen einer Sektorbefragung abgestimmt.

Am Ende konnte eine Spezifikation des Messsystems beschrieben werden, die auch die aus den Ergebnissen der Sektorbefragung abgeleiteten konzeptionellen Anpassungen berücksichtigt. Ergänzt wird die Spezifikation des Messsystems durch eine Zuordnung von sinnvollen Sensor-kombinationen zu den herausgearbeiteten Standardaufgaben eines technischen Fahrsystems. Die betrachteten und als relevant eingestuften Sensoren wurden detailliert spezifiziert und im Kontext mit betrieblichen Anwendungsfällen für ein automatisches Fahrsystem bewertet.

Der Forschungsauftrag wurde ab Anfang August 2021 innerhalb der vorgesehenen sechs Monate vollständig durchgeführt. Die Ansprechpartner:innen des DZSF zeigten sich beeindruckt, dass für die komplexe Fragestellung innerhalb dieser kurzen Zeit umfangreiche Ergebnisse erarbeitet werden konnten.



Metrologische Rückführung

Oben: Reprofilierung von Radsätzen in der schweren Instandhaltung
Ganz unten: Metrologische Rückführung-Kalibrierung einer Unterflur-Radsatz-drehmaschine

Die Instandhaltung für Schienenfahrzeuge und Infrastruktur erfolgt heute dezentral. Während des Betriebs und der Instandhaltung werden Messdaten generiert, generiert, auf deren Grundlage Entscheidungen über Konformität von Assets, Instandhaltungsfristen und Instandhaltungsereignissen gefällt werden. Die Messdaten werden in der Regel mit verschiedenen Messverfahren und Messsystemen generiert. Sie wurden an unterschiedlichen Standorten und unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen gewonnen.

Um Instandhaltungsprozesse zu optimieren, werden die gewonnenen Messdaten zunehmend in Datenbanken überführt. Somit kann die Instandhaltung am Zustand der Assets ausgerichtet werden.

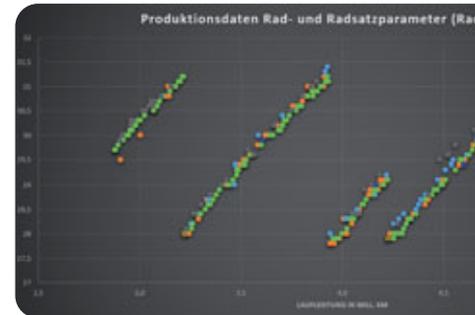
Die Voraussetzungen dafür, dass die Messergebnisse vergleichbar und verlässlich sind und für sinnvolle Prognosen verwendet werden können, schafft die Kalibrier- und Prüfstelle der DB Systemtechnik.

Als Beispiel zeigt Abbildung rechts den Verlauf der Spurkranzhöhe eines Eisenbahnwagens im Betrieb über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Die Messdaten wurden mit verschiedenen Messsystemen an bundesweit verteilten Standorten (STO) zu verschiedenen Jahreszeiten gewonnen. Die sprunghafte Reduzierung der Spurkranzhöhe entsteht durch Reprofilierung des Rads, die sukzessive Vergrößerung der Spurkranzhöhe dagegen durch den systemimmanenten Verschleiß der Laufflächen von Eisenbahnwägen im Betrieb.

Um den Messprozess in einen beherrschten Messprozess zu überführen, wurden zunächst die Merkmale, Bezüge und Auswertungsstrategien vereinheitlicht. Im nächsten Schritt wurden Verfahren für eine einheitliche metrologische Rückführung entwickelt. Damit war die Grundlage für die Vergleichbarkeit der Messergebnisse gelegt.

Im Rahmen der metrologischen Eignungsprüfungen wurden Abweichungen und Instabilitäten der hinzukommenden Messsysteme erfasst und beseitigt. Zur Aufrechterhaltung der Messsystemeigenschaften auf lange Sicht werden turnusmäßige Kalibrierungen durchgeführt sowie bei grundlegenden technischen Änderungen und messtechnisch relevanten Softwareupdates ergänzende metrologische Eignungsprüfungen.

Für den Anwender ergibt sich aufgrund der validen und präzisen Messdaten die Möglichkeit, verlässliche Prognosen anzuleiten und letztlich die Laufleistung der Räder voll auszuschöpfen.



Batterieuntersuchungen im laufenden Regelbetrieb

Die DB Systemtechnik bietet seit vielen Jahren erfolgreich umfangreiche Dienstleistungen für Batterieanlagen (ortsfeste Batterien als Teil der unterbrechungsfreien Stromversorgung in Stellwerken, Antriebsbatterien, Starterbatterien, Bordnetzbatterien) für Batteriehersteller sowie Infrastruktur- und Fahrzeugbetreiber an.

Im Batterielabor in München werden akkreditierte Prüfungen im Rahmen der Zulassung neuer Batterietypen gemäß DIN EN 50547, DIN EN 60896-11, -21, -22, DIN EN 60254-1 durchgeführt. Weiterhin werden Untersuchungen von Batterien im Regelbetrieb und im Labor angeboten.

So wurden im Jahr 2021 zwei Batterietröge der Triebzüge der BR 412 und 401 messtechnisch ausgerüstet und mehrere Monate im Regelbetrieb eingesetzt. Die Messungen hatten das Zusammenspiel der Batterien und der Batterieladegeräte hinsichtlich der temperaturgeführten Ladekennlinie, die Steuerung der einzelnen Zellen Spannungen und Kapazitäten sowie den Einfluss des täglichen Bahnverkehrs (Beförderung der Passagiere, Wartung, Abstellung) auf die Lebensdauer der Batterien im Fokus. Herausfordernd dabei war die sichere Unterbringung der Messtechnik für die Erfassung vieler einzelner Messgrößen (Batteriestrom, Batteriespannung, Temperatur und Spannung der einzelnen Zellen) in dem begrenzten Raum innerhalb des Batteriecontainers.

Im Rahmen der gleichen Aufträge wurden Untersuchungen an den eingesetzten Batterietypen im Batterielabor in München durchgeführt. Es wurden Zellen unterschiedlicher Batteriehersteller hinsichtlich der Temperaturentwicklung, der Steuerung der einzelnen Zellen und der Ladefähigkeit verglichen und bewertet. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen dem Kunden zur Anpassung der betrieblichen Regelungen, zur Fehleranalyse und zur Bewertung von Batterieanlagen, um auch künftige Beschaffungen zu optimieren.



Bedienerschulung Radsatz-Drehmaschinen

Unterflur- und Portal-Radsatz-Drehmaschinen erneuern hauptsächlich die Laufflächenprofile an Radsätzen sowie die Oberfläche von Bremscheiben, die inneren und äußeren Radkranzstirnflächen und die Kennrille. Durch diese sicherheitsrelevanten Arbeiten an Radsätzen (dem einzigen Kontaktelement zwischen Fahrzeug und Schiene) sind die Maschinen für die Schienenfahrzeuginstandhalter hochwertige und kritische Produktionsinfrastruktur.

Die Anlagen sind technisch daher so ausgelegt, dass mit ihnen große Mengengerüste in kurzer Zeit bearbeitet werden können – Voraussetzung dafür sind jedoch entsprechend qualifizierte Bediener:innen. Diese müssen den Bearbeitungsbedarf schnell treffend beurteilen und die Anlage entsprechend einrichten. Sie müssen in den Bearbeitungsprozess schnell eingreifen können und die Ergebnisqualität effizient sicherstellen. Dies erfordert neben umfangreichem Wissen zur Fahrzeug-, Radsatz- und Maschinentechnik auch die sichere Beherrschung des Gesamtprozesses: Von der Fahrzeugzuführung und Feinpositionierung über Abrüsten, Spannen, Messen und Bearbeiten bis hin zur Dokumentation und Durchführung der Nachstarbeiten.

Diese anspruchsvollen Aufgaben erfordern eine regelmäßige Aus- und Weiterbildung der Werkstattmitarbeiterinnen und -mitarbeiter zu Grundlagenthemen wie Regelwerk, Zerspanungs- und Radsatztheorie, aber auch zu aktuellen technischen Entwicklungen und zur praktischen Bedienung der Anlagentechnik. Die Kenntnis dieser Themen und Inhalte erhöht die Handlungssicherheit der Bediener:innen und steigert damit die Qualität der Fertigung des ausführenden Werks und zahlt somit auch auf einen noch sichereren Schienenverkehr ein.



Solches Spezialistenwissen wird in einer von der DB Systemtechnik entwickelten viertägigen Schulung vermittelt.

Die ersten beiden Termine fanden im Jahr 2021 als Schulungsmodell mit Praxisteil zwischen Unterrichtsraum und Maschine statt und stießen auf große Resonanz. Neben dem Erlernen und Auffrischen des Fachwissens nutzten die Teilnehmenden (in der Regel Personal aus den Instandhaltungswerken der DB AG: Bediener, Anlagenverantwortliche, Meister, Instandhalter) die Gelegenheit, um sich über die Grenzen der jeweiligen Unternehmensbereiche hinweg fachlich miteinander auszutauschen und so ihr Netzwerk zu erweitern. Nach den positiven Erfahrungen im Jahr 2021 ist vorgesehen, die Schulung ab 2022 regelmäßig anzubieten und auch für Teilnehmende außerhalb des DB Konzerns zu öffnen.



Referenz- und Einstellradsätze

Profil Einstellradsatz und Kalibrierung eines Radsatzes auf einer 3D-Messmaschine großer Bauart



Für die Fertigung, den Betrieb und die Instandsetzung von Radsätzen werden Radsatzbearbeitungsmaschinen und Radsatzmesssysteme verwendet. Die Bearbeitungsmaschinen werden für die Herstellung und Reprofilierung der Radsätze genutzt, die Messsysteme für die Fertigungssteuerung und die Überwachung der Radsätze im Betrieb. Mit beiden werden die geometrischen Eigenschaften der Radsätze gemessen und die Messergebnisse werden für die Konformitätsbewertung der Radsätze verwendet.

Radsätze werden sowohl im ausgebauten Zustand, z. B. bei der Herstellung und in der schweren Instandhaltung, als auch im eingebauten Zustand an Schienenfahrzeugen im Betrieb und in der betriebsnahen Instandhaltung gemessen. In den verschiedenen Einbausituationen sind die Radsätze verschiedenen Kräften ausgesetzt, was zu Verformungen der Radsätze führt. Die Herausforderung beim Messen geometrischer Merkmale von Radsätzen besteht darin, die Messprozesse so zu gestalten, dass die gewonnenen Messergebnisse trotzdem vergleichbar sind. Das wird unter anderem durch den Einsatz von Referenzradsätzen und Einstellradsätzen für die metrologische Rückführung und Kalibrierung erreicht.

Die DB Systemtechnik hat diese speziellen Radsätze in das Portfolio der Eisenbahn-Werkstätten-Fertigungsmittel aufgenommen.

Einstellradsätze sind Radsätze, die für die Einstellung und Justierung von Maschinen Verwendung finden. Die ansonsten regulären Radsätze sind mit einem Radprofil ausgestattet, das vom Regelprofil abweicht, dafür aber die Kalibrierung und Justierung von Maschinen mit kleinen Messunsicherheiten ermöglicht.

Mit Einstellradsätzen können bei der Prüfung von Maschinen nicht alle möglichen Fehler erkannt werden. Aus diesem Grund gibt es Referenzradsätze mit Regelprofilen, bei denen in besonderer Weise Rücksicht auf messtechnische Belange genommen wird. Das zeigt sich in der Behandlung der für die Messung grundlegenden Bezugselemente sowie der Oberflächen, die in einem gewissen Umfang an die Anforderungen der Messsysteme angepasst werden können.

Pro Jahr werden zehn bis zwanzig Radsätze hergestellt und über hundert Radsätze kalibriert. Beide Radsatzarten werden vollständig kalibriert ausgeliefert, sodass sie beim Anwender sofort eingesetzt werden können.



Alle Fotos: DB Systemtechnik

Die Abbildung zeigt das Streckennetz, das künftig mit diesen Fahrzeugen betrieben werden soll.

Umbauprojekt VT 642 des Verkehrsverbunds Oberelbe

DB Regio wird in den kommenden zehn Jahren das Dieselnetz VVO (Verkehrsverbund Oberelbe) betreiben. Dieses verläuft von Dresden nach Kamenz und Königsbrück, durch das Müglitztal von Heidenau nach Altenberg sowie zwischen Pirna und Sebnitz.* Der Start des Verkehrsvertrags erfolgte mit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2021. Das Redesign der 21 Fahrzeuge der Baureihe VT 642 wird im Dezember 2022 vollständig abgeschlossen sein.

DB Regio hat DB Fahrzeuginstandhaltung mit dem Umbau der Fahrzeuge beauftragt, um diese für den kommenden Verkehrsvertrag (ca. 1,8 Mio. km pro Jahr) vorzubereiten.



Das Engineering und die Zulassung der Fahrzeuge übernimmt die DB Systemtechnik, unterstützt durch die RAG (Railway Approvals Germany).

Ziel ist der termingerechte Umbau der Fahrzeuge, die Dokumentation des Umbaus und schließlich die Nachweisführung nach den Anforderungen des 4. Eisenbahnpakets inkl. der entsprechenden Zulassung. Durch das Redesign werden die bestehenden Fahrzeuge der BR 642 an die Forderungen des Aufgabenträgers angepasst.

Die Fahrzeuge erhalten ein neuwertiges Erscheinungsbild durch eine Grundreinigung und Neulackierung sowie neue Sitzpolster. Zudem werden sie an die aktuellen Anforderungen der TSI angepasst, die Fahrgastinformationssysteme werden modernisiert und der Reisendenkomfort wird gesteigert. Die Nachweisführung und Zulassung umfasst unter anderem folgende Nachweise, die innerhalb der DB Systemtechnik durch die Expertise der internen Fachdienste erstellt wurden: Brandschutzkonzept, EMV-Betrachtung, Softwareeinstufung, Risikomanagement, Einschränkungsbewertung, diverse Festigkeitsnachweise und Zulassungsdokumente.

Leistungen des mechanischen und elektrischen Engineerings im Detail:

- Anpassung der Fahrzeuganschriften innen und außen
- Nachrüstung Wärmeschutzverglasung
- Tausch/Einbau Türöffnungstaster innen und außen
- Nachrüstung Rampenschrank
- Anpassungen Fahrzeuggrundriss mit neuem Sitzlayout
- Nachrüstung Armlehnen
- Nachrüstung Wickeltisch
- Nachrüstung USB-Dosen Fahrgastraum
- Nachrüstung Haltegurte für Fahrräder
- Nachrüstung von 21 Ablageflächen (Tischchen)
- Nachrüstung von Kleiderhaken
- Nachrüstung von zwei Rollstuhlplätzen inkl. Anstellwand und Sprechstelle
- Nachrüstung AFZ (Automatisches Fahrgastzählsystem)
- Tausch/Einbau Innenanzeigen
- Nachrüstung FIS-System mit Antenne
- Nachrüstung 17-Zoll-Informationdisplay
- Nachrüstung WLAN

Da die Übergangsbestimmungen der Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 zum 30.10.2020 abgelaufen sind, ist dies das erste Redesignprojekt, das vollständig im Rahmen des 4. Eisenbahnpakets abgewickelt und zugelassen wird.

Durch die gebündelte Expertise innerhalb der DB Systemtechnik konnte dem Kunden ein Komplettangebot für das Fahrzeugengineering und die Zulassung gemacht werden. Der Kunde hat einen zentralen Ansprechpartner, den er in allen Belangen bezüglich des Redesignprojekts ansprechen kann und er erhält den Großteil der Dokumentation und Nachweise zum Redesign aus einer Hand.

Das erste Fahrzeug wurde Anfang Februar 2022 an den Kunden übergeben, die restlichen Fahrzeuge werden bis Dezember 2022 umgebaut sein.

* Quelle: regional.bahn.de

Ein neuer Hublift für den ICE 3 neo



Der stetig wachsende Zuwachs an Fahrgästen im Fernverkehr erfordert zusätzlichen Bedarf an neuen Hochgeschwindigkeitszügen. Um das zu realisieren, möchte der DB Fernverkehr kurzfristig insgesamt 73 Hochgeschwindigkeitszüge der BR 408 (ICE 3 neo) von Siemens beschaffen. Die Grundlage für diese Züge bildet die BR 407. Um mobilitätseingeschränkte Personen in Rollstühlen zu befördern, werden auch diese Züge, genauso wie der ICE 4 und die BR 407, mit Hubliften ausgerüstet.

Da die Bedienung der bisherigen Hublifte zu komplex und zeitaufwendig ist, kommt bei den Zügen der BR 408 eine neue Konstruktion zum Einsatz. Das Besondere daran ist, dass der Hublift in seiner Parkposition nicht wie bisher in einem Schrank verstaut wird, sondern aufrecht vor der Einstiegstür steht. Der Lieferant der Hublifte muss bei der Konstruktion dieser Hublifte neue Anforderungen beachten.

In enger Abstimmung mit der DB Systemtechnik und dem DB Fernverkehr wurde bereits in der Konstruktionsphase darauf eingewirkt, dass die Belange der Behindertenverbände Berücksichtigung finden.

Eine besondere Herausforderung stellt die lichte Öffnungsweite der Einstiegstür von 900 mm und die Einhaltung der Vorgaben der Mindestabmessungen aus der TSI PRM (person with reduced mobility) dar. Auch die Zugänglichkeit für die Wartung und Instandhaltung von angrenzenden Bauteilen galt es zu beachten. So war z. B. die Zugänglichkeit des Displays in dem Türflügel durch den davorstehenden Hublift nicht gewährleistet.

Mithilfe der Expert:innen der DB Systemtechnik wurde eine konstruktive Lösung erstellt, die es erlaubt mit geringem Aufwand die Plattform, auf der sich die PRM-Person aufhält, wegzuklappen.

Im Rahmen der durchgeführten und durch die DB Systemtechnik begleiteten Typprüfungen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien wurden Optimierungen identifiziert, die das Ziel haben die Zuverlässigkeit der Hublifte im Betriebseinsatz (z. B. bei Halt in einer Gleisbogenüberhöhung am Bahnsteig) zu erhöhen.





Foto: DB AG/Claus Weber
Grafiken: DB Systemtechnik

Energetische Betrachtung einer neuen Klimaanlage im ET440

Im Hinblick auf die F-Gase-Verordnung aus dem Jahr 2014 und der damit verbundenen Reduzierung von verfügbaren Kältemitteln wie R134a wurden im DB-Projekt „Fahrzeug-HLK Natur“ Klimaanlage mit natürlichen Kältemitteln erprobt und Maßnahmen wurden definiert, um einen nachhaltigen Betrieb der Fahrzeuge der DB AG sicherzustellen.

Als eine Maßnahme wurde die Umstellung zu sogenannten natürlichen Kältemitteln mit dem Hersteller FTL/Wabtec erprobt. Erstmals gelang es, eine Klimaanlage mit dem brennbaren Kältemittel Propan (R290) in der BR 440 im Betrieb zu testen.

Für die Untersuchungen wurden durch die DB Systemtechnik auf dem Triebzug 440 038 vier Datenlogger und zwei Energiemessgeräte installiert.

Dabei wurde die R290-Anlage mit einer herkömmlichen Anlage mit dem Kältemittel R134a verglichen, wobei Messdaten aus dem Betrieb als Grundlage dienen.

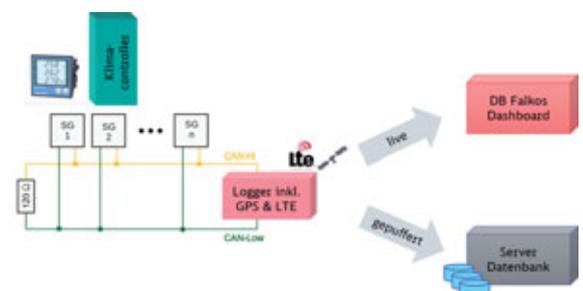
In enger Zusammenarbeit mit FTL konnten auch die Variablen der CAN-Schnittstelle des Klimarechners mitgeschrieben werden, sodass der Energiebedarf den jeweiligen Steuerbefehlen und Betriebszuständen zugeordnet werden konnte. Außerdem konnten die Ereignisse auf dem Zug durch GPS-Ortung geografisch in Bezug gesetzt werden. Die so gewonnenen Daten dienen als Grundlage für die Modellbildung und Simulation.

Der Vorteil der Messung während des Betriebs liegt in der direkten Rückmeldung unter Realbedingungen ohne Werkszuführung und unter relativ geringen Kosten.

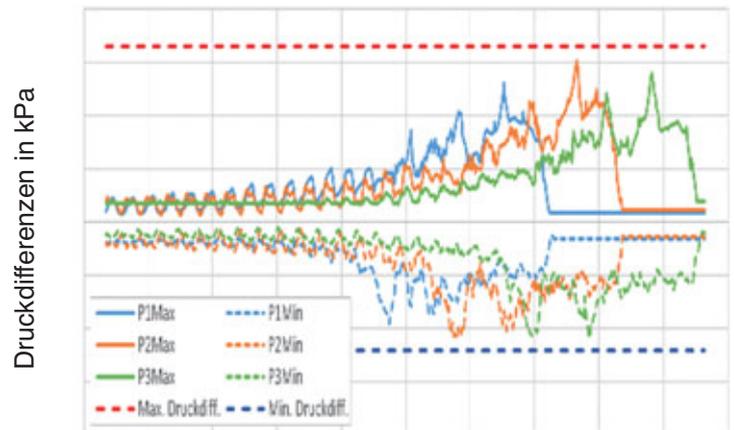
Durch die Messung der herkömmlichen R134a-Anlage konnte auch eine alte Schwachstelle aufgedeckt werden. Dies wird nun in einem Folgeauftrag untersucht, untersucht, wobei die mögliche Energieersparnis einer neuen Software mithilfe dieser Datenerfassung ermittelt und für die gesamte Flotte extrapoliert wird.

Vorteile der mobilen Datenerfassung:

- Schnelle Rückmeldung aus dem Betrieb und GEO-Tracking
- Keine Werkstattzuführung zum Auslesen der Daten notwendig
- Erfassung echter Betriebsbedingungen auch international
- Vergleichsweise geringe Kosten für einen Prototyp oder eine Konzeptvalidierung
- Relativ kurze Entwicklungszeit durch erprobte und bahnzertifizierte Messgeräte
- Große Datenmengen möglich z. B. 500 Variablen aus TCP/IP-Netzwerk
- Daten aus diversen Quellen, Steuer- und Messgeräten



Der Logger (pink) empfängt die Mess- und Prozessdaten des Klimasteuergeräts (türkis) und eines Leistungsmessgeräts über ein Bussystem. Die Daten werden mit Satellitenortung referenziert und gelangen über Mobilfunk an das DB-Falkos-Dashboard und für tiefgehende Analysen gepuffert auf einen Datenbankserver.



Relative Einfahrversatzzeit in Sekunden

Aerodynamische Aspekte des Tunnelbegegnungsverbots Tunnel Aichelberg

Die Neubaustrecke Wendlingen–Ulm ist gemäß der Aufgabenstellung des Projekts für den Mischbetrieb von Personen- und Güterzügen vorgesehen. Bei Zugbegegnungen in zweigleisigen Tunneln wirken hohe Druck- und Soglasten auf die Güterwagen ein, die keinesfalls Schäden auslösen dürfen.

In der Versuchskampagne HGV 90 wurde in den 1990-er-Jahren ein akzeptables Belastungsreferenzniveau für Güterzüge basierend auf Begegnungen von Güterzügen und Hochgeschwindigkeitszügen in zweigleisigen, nominell 82,1 m² großen Tunneln der Schnellfahrstrecken Mannheim–Stuttgart bzw. Hannover–Würzburg ermittelt. Bisher durchgeführte Berechnungen ergaben für ICE-Züge keine Einschränkungen bei der maximalen Streckengeschwindigkeit von 250 km/h. Für Züge mit größerem Querschnitt, wie z. B. TGV 2N2, wären im 253 m langen Aichelberg-Tunnel aufgrund des geringeren Querschnitts jedoch Beschränkungen der Maximalgeschwindigkeit erforderlich. Da Zugtypen betrieblich nicht unterschieden werden können und Zugbegegnungen durch die Leit- und Sicherungstechnik nicht ausgeschlossen werden konnten, bestand für die Inbetriebnahme ein signifikantes Risiko, das es zu entschärfen galt.

Die DB Systemtechnik hat daher in einer Studie im Auftrag des DB-Projekts Stuttgart–Ulm die aerodynamischen Druck- und Soglasten eingehend untersucht, die im Aichelberg-Tunnel durch Tunnelbegegnungsfahrten entstehen.

Hierzu wurden die Eingangsdaten früherer Studien, wie z. B. die gemessene Drucksignatur des TGV 2N2, überprüft und hinsichtlich Konservativität bewertet. Ein weiteres numerisches Berechnungstool wurde erprobt, validiert und für die sehr kurze Länge des Aichelberg-Tunnels angewendet. Das neue Tool erschloss methodisch bisher nicht zugängliche Parameterbereiche. Mithilfe des Berechnungstools konnte festgestellt werden, dass der TGV 2N2 und alle TSI-konformen Züge ohne Einschränkungen auf der Strecke verkehren können, ohne das Belastungsreferenzniveau für Güterzüge zu überschreiten. Somit sind zugspezifische Restriktionen für Züge wie TGV 2N2 auf der Neubaustrecke Wendlingen–Ulm nicht erforderlich. Ein restriktionsfreier Bahnverkehr mit Mischbetrieb konnte ausgewiesen werden.



Foto: Christopher Mergler



Probefahrten mit 360 km/h auf der Schnellfahrstrecke Nürnberg–Ingolstadt

2021 fand eine zweite Messkampagne mit dem Siemens-Einzelwagenerprobungsträger (EWET) und dem ICE S auf der Schnellfahrstrecke Nürnberg–Ingolstadt statt. Dabei war das Ziel, einen Streckenabschnitt mit 360 km/h zu befahren, um verschiedene technische Fähigkeiten des EWET bei hoher Geschwindigkeit zu prüfen.

Die Messungen wurden von der DB Systemtechnik betreut und durchgeführt.

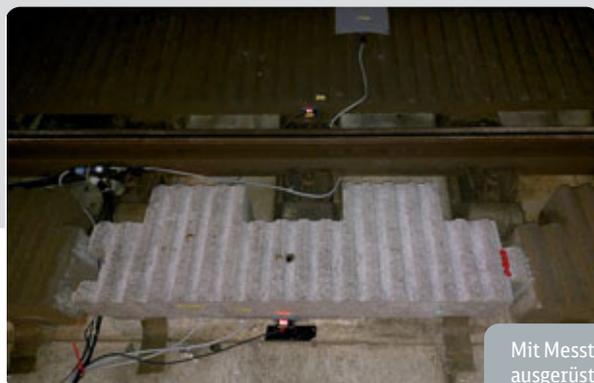
Dabei erhoben die Expert:innen zwischen Nürnberg und Ingolstadt Daten zu Lauftechnik, Bremstechnik, Zusammenwirken von Stromabnehmer und Oberleitung sowie zu den aerodynamischen und akustischen Auswirkungen auf die Infrastruktur.

Im Rahmen der aerodynamischen Stellungnahme wurden die Maßnahmen hinsichtlich des Risikos des Abhebens der Mitten- und Randabsorberplatten in den Tunneln Euerwang und Irlahüll durch das Prüflabor Aerodynamik der DB Systemtechnik evaluiert. Dafür wurde ein messtechnisches Überwachungskonzept mit Druck- und Laserdistanzmessungen, flankiert von numerischen Berechnungen des Abhebens an ausgewählten Platten, erstellt. Das Abheben wurde auf Grundlage früherer Messungen bewertet. Die Ergebnisse wurden anschließend in dem Überwachungskonzept berücksichtigt.

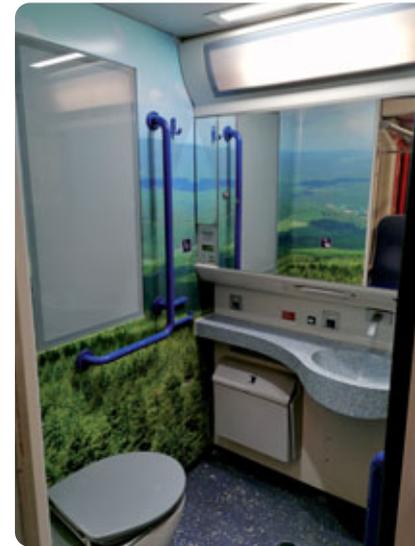
Die angepassten Maßnahmen, unter anderem auch hinsichtlich der Mikrodruckwellenimmissionswerte, flossen in eine Ergänzung zum Risikomanagementverfahren für die Infrastruktur der befahrenen Strecke ein.

Die zusätzlichen Überwachungsmaßnahmen der Absorberplatten haben sich als robust hinsichtlich des Vermeidens von Risiken im Versuchsbetrieb erwiesen. Weiterhin können sie als Vorlage für weitere Versuchsfahrten mit hohen Geschwindigkeiten auf der Schnellfahrstrecke dienen.

Insgesamt hat die Adressierung der aerodynamischen Fragestellungen, wie Druckwellen in Tunneln, Lasten auf Komponenten, Mikrodruckwellen und speziell Absorberplatten in den ausgewählten Tunneln zu behandeln sind, zum Erfolg der Versuchsfahrten mit diesen hohen Geschwindigkeiten beigetragen.



Mit Messtechnik ausgerüstete Absorberplatten



Beleuchtungsmessungen nach Redesign- und Instandhaltungsmaßnahmen

Die Fahrzeuge der Baureihe 650.3, 648.25 und 425.3 haben im Rahmen von Redesignprojekten bzw. Instandhaltungsmaßnahmen Anpassungen und Umbauten bei der Beleuchtung im Innenraum erfahren. Insbesondere wurden die Fahrzeuge auf energiesparende LED-Technik umgerüstet.

Nach der Umrüstung gilt es, die Ausleuchtung des Innenraums nach den Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) und der DIN EN 13272, die die Leistungsanforderungen und Empfehlungen zur elektrischen Beleuchtung in Schienenfahrzeugen des öffentlichen Verkehrs angibt, zu bewerten.

Die DB Systemtechnik führte daher im Auftrag der DB Regio folgende Messungen und Berechnungen durch:

- Messung der Beleuchtungsstärke an Messpositionen nach DIN EN 13272 für die Allgemein- und Notbeleuchtung
- Messung in Führerraum, Fahrgastraum und WC
- Messungen an Sitzplätzen, in Gängen und Einstiegsbereichen und auf Stufen
- Berechnung der Gleichmäßigkeit

Die Messungen fanden mittels Handmessgeräten und Abstandslehren in den Werkstätten der DB Regio oder in Werken der DB Fahrzeuginstandhaltung statt. Somit konnte der Nachweis zur Einhaltung der Mindestbeleuchtungsstärke für Allgemein- und Notbeleuchtung und Gleichmäßigkeit gemäß TSI LOC&PAS Abschnitt 4.2.10.4.1. (Notbeleuchtungssystem), TSI-PRM Abschnitt 4.2.2.4 (Teilsystem Fahrzeuge) sowie DIN EN 13272 erbracht werden.

Oben: Fahrgastraum des VT650.12 mit eingeschalteter Allgemeinbeleuchtung nach Umbau auf LEDs
Unten: WC-Kabine des VT648.25 nach Umbau auf LED-Beleuchtung

Fotos: Kai Nowak

Neue Technologien zur Aufprallerkennung im Bahnbetrieb

Die Einführung des vollautomatischen Fahrens ist eines der wichtigsten Handlungsfelder der Digitalen Schiene Deutschland. Züge werden dabei, neben der Ausrüstung mit Modulen zur Automatic Train Operation (ATO), auch mit hochmoderner Sensorik ausgestattet, die es ihnen ermöglicht, ihr Umfeld wahrzunehmen und sich präzise zu orten. Diese Technologien werden aktuell in verschiedenen Pilotprojekten erprobt (Sensors4Rail und Digitale S-Bahn Hamburg).

Um die Qualität des Zugbetriebs noch zusätzlich zu erhöhen und die Triebfahrzeugführer künftig mit intelligenten Funktionen zu unterstützen, beteiligt sich die Digitale Schiene Deutschland an dem Förderprojekt „KI-Methoden in der Zustandsüberwachung und bedarfsangepassten Instandhaltung von Schienenfahrzeugstrukturen“ (KI-MeZIS), das Ende 2021 startete. Das Ziel des Projekts ist es, das Potenzial von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) für die Überwachung von Zugfahrten zu erschließen. Mittels KI sollen Daten von Sensoren an der Zugfront und am Fahrwerk ausgewertet und interpretiert werden.



Fotos: DB Systemtechnik



Eine wichtige Komponente ist dabei die Aufprallerkennung („Impact Detection“), die es ermöglicht, sowohl Aufprälle und Einschläge auf die Zugfront korrekt einzuordnen als auch angemessene Reaktionen für den automatisierten Fahrbetrieb abzuleiten. Dieses Verfahren soll am DB-Testzug „Advanced TrainLab“ erstmals erprobt werden.

Der Fachbereich Konstruktion Fahrzeuge der DB Systemtechnik in Leipzig unterstützt dieses Vorhaben und ist damit beauftragt das Einbauengineering für das Sensor-Setup zur Entwicklung dieses Aufprallerkennungssystems vorzunehmen sowie die Kolleg:innen in technischen Fragestellungen und Zulassungsthemen zu unterstützen. Anhand der Systemanforderungen erarbeiten die Kolleg:innen die Systemintegration in das „Advanced TrainLab“ und erstellen Fertigungsunterlagen für den Umbau des Zugs. Das Förderprojekt KI-MeZIS wird bis Ende 2023 abgeschlossen sein.

Fotos und Illustration: Christian Nowaczyk

Prinzipdarstellung der Unterfluradsatzdrehbank (URD) mit Kamerasystem



Bildaufnahme Lauffläche mit Vermessung eines Fehlers

Kamerasystem ersetzt Sichtprüfung

Der DB Fernverkehr startete 2018 das Pilotprojekt URD Express. Ziel dieses Projekts war die Optimierung einzelner Prozesse, um den Übergang zu einer präventiven Reprofilierung von Laufflächen durchzuführen.

Die bisher durchgeführte zustandsbezogene Reprofilierung (bei ca. 200 bis 300 Tausend Kilometer Laufleistung) soll somit drastisch herabgesetzt werden. Als Folge davon werden die Drehmaschinen zur Reprofilierung höher, aber planbarer ausgelastet. Eine höhere Auslastung wiederum erfordert auch die Anpassung und Optimierung der bestehenden Durchführungsprozesse. Ein Teilprojekt ist der Übergang von der manuellen zerstörungsfreien Sichtprüfung zur kamerabasierten Sichtprüfung nach der Reprofilierung.

Hierbei wurden die DB Systemtechnik Expert:innen bereits im Anfangsstadium konsultiert, um herauszufinden, was bei einer kamerabasierten Sichtprüfung zu beachten ist.

Dabei wurde festgestellt, dass Vergleichskörper benötigt werden, um das System zu überwachen, analog zur Verfahrungsweise bei den mechanisierten Ultraschallprüfständen.

Im Folgenden wurde ein Testradsatz mit natürlichen und künstlich eingebrachten Vergleichsfehlern gebaut. Dessen metallisch blanke Oberflächen wurden schnell matt und konnten nicht in dem Zustand gehalten werden, wie es bei einer frisch abgedrehten Lauffläche der Fall ist.

Inzwischen sind die Fachleute auf händelbare Vergleichskörper und Testcharts übergegangen. Vergangenes Jahr erfolgte seitens DB Fernverkehr die maschinentechnische und seitens DB Systemtechnik die prüftechnische Freigabe für den Probetrieb. Dieser Probetrieb beinhaltet Vergleichsprüfungen an mindestens 300 Rädern bezüglich der manuellen und kamerabasierten Prüfung.

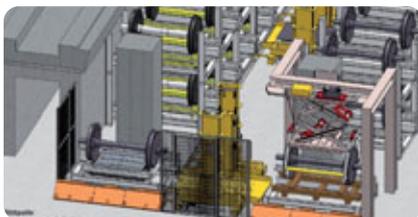
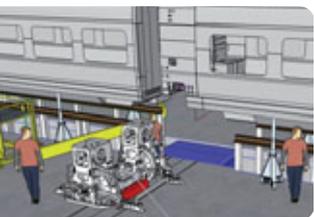
Nach Abschluss des Probetriebs in diesem Jahr und der anschließenden Vorstellung des Systems mit Sicherheitsnachweis im Expertenkreis Fahrzeuginstandhaltungsprogramme wird über die Inbetriebnahme weiterer kamerabasierter Sichtprüfsysteme entschieden. Dabei sind unter anderem auch die Weiterentwicklung und die Einbindung von künstlicher Intelligenz in Planung.

Low Floor im Workshop: Einführungssupport ICE L



Rendering und Illustrationen: DB Systemtechnik

Als Nachfolgefahrzeuge der Eurocity-Reisezüge wird ab 2024 die Flotte der ICE L den Betrieb aufnehmen. Das „L“ steht dabei für „Low Floor Entry“, also Fahrzeuge mit barrierefreiem, stufenlosem Zustieg auf Ebene der Bahnsteigkante. Hierzu geht DB Fernverkehr neue Wege und beschafft das Zugsystem eines spanischen Herstellers mit ungewöhnlicher Fahrwerkstechnik: In den sogenannten Rodalen sind die Räder nicht über eine Radsatzwelle mechanisch gekoppelt, sondern laufen unabhängig voneinander auf kurzen Einzelachsstumeln in quer zur Fahrtrichtung liegenden Tragrahmen. Der Abstand dieser Rodale im Zugverband beträgt 13,3 m, dies entspricht der Mittelwagenlänge im bis zu 311 m langen Zugverband, dessen Fahrzeuge nach der finalen Konstruktionsphase 2021 im Jahr 2022 in die Fertigung beim Hersteller übergehen.



Für die Fahrzeuginstandhaltung in den Werkstätten der DB AG sind dies entscheidende Veränderungen, auf die sich die Werkstätten bezüglich der Fertigungstechnologien und der Ausrüstung rechtzeitig einstellen müssen.

Die DB Systemtechnik in Kirchmöser wurde vom DB Fernverkehr deshalb mit einer Schnittstellenanalyse beauftragt, um aus der neuen Fahrzeugtechnik systematischen Anpassungsbedarf der Werke abzuleiten und Lösungsansätze für notwendige Änderungen aufzuzeigen.

Die darauf basierende Ausformung konkreter Anpassungsprojekte hinsichtlich der Inhalte, Budgets und Umsetzungszeiten erfolgte in standortbezogenen Machbarkeitsstudien.

Die Werkstattexpert:innen der DB Systemtechnik erstellten diese für die Standorte Berlin–Rummelsburg, Dortmund–Spähenfelde und begleiteten die Studien für Hannover–Pferdeturm und Hamburg–Eidelstedt fachlich.

Inhaltliche Schwerpunkte der Anpassungsprojekte sind die Universalisierung bestehender konventioneller ICE-Arbeitsstände auf die Systemmaße der neuen Niederflurfahrzeuge sowie ihrer elektrischen Lokomotiven:

- Realisieren des Niederflurzustiegs von der Lokführerlaufstegeebene durch Installation zusätzlicher Ausschübe
- Gewährleisten eines sicheren Zugangs zu den Dachbaugruppen durch Einbau von Sperrkörpern
- Längsanpassung der Ver- und Entsorgungstechnik, Messgleisabschnitte und Radsatzwechselstellen
- Technologiefindung und -gestaltung für den Rodalwechsel mit Umsetzung im aufgeständerten Fertigungsgleis

Der Rodalwechsel stellt für den ICE L das Pendant zum Vorgang des Radsatztauschs am ICE-Triebzug dar und muss zuverlässig in kurzer Fertigungszeit erfolgen. Zur Umsetzung dieses anspruchsvollen technologischen Ablaufs wurde aufgrund der baulichen Enge eine spezielle Wechsel- und Transporttechnik entwickelt. Deren Funktionalität wird 2022 anhand eines Baumusters erprobt und nach ihrer Validierung werden die Erstellung und der Einbau der Maschinenteknik für die große Wagenhalle in Berlin ausgeschrieben.

Die Aufarbeitung der Rodale wird nach gegenwärtigem Planungsstand im Werk der DB Fahrzeuginstandhaltung in Neumünster erfolgen. Nach der Machbarkeitsuntersuchung laufen im Jahr 2022 auch hier Planungen an, um die Fertigung von Komponenten und vollständigen Wageneinheiten des ICE L durchführen zu können. Mit dem Know-how aus der Schnittstellenanalyse der Fahrzeugtechnik und den Infrastrukturprojekten der DB Fernverkehr begleitet DB Systemtechnik diese Planungen aufseiten der Fahrzeug- und Maschinenteknik.



Fotos und Illustrationen: DB Systemtechnik

Fußausbrüche an Neuschienen für die eingleisige Strecke 5832

Im Oktober 2020 wurden auf der eingleisigen Strecke zwischen Passau und Neumarkt-Sankt Veit von km 63 bis km 76 Neuschienen (Vignolschienen) eingebaut. Um den Regelbetrieb auf der Strecke schnellstmöglich wieder aufnehmen zu können, wurden die eingebauten Schienen zunächst nur gelascht und dann sukzessive bis Mitte Dezember 2020 miteinander verschweißt. Während der Schweißarbeiten wurden an drei Schienenenden Materialausbrüche im Schienenfuß festgestellt, die den sofortigen Wiederausbau der Schienen erforderten. Weitere Fehler in Form von Längsrissen im Schienenfuß wurden bei der technischen Abnahme der Strecke festgestellt.

Zur Klärung der Ursache für die Brüche und Risse im Schienenfuß wurde eine werkstofftechnische Schadensuntersuchung beauftragt, die durch die nach DIN EN ISO 17020 akkreditierte Inspektionsstelle der DB Systemtechnik – Inspektionsgebiet Werkstoff- und Schadensanalytik – übernommen wurde.

Folgende Untersuchungsmethoden kamen zum Einsatz:

- Magnetpulverprüfung
- Ultraschallprüfung
- Bruchflächenuntersuchung (Fraktografie)
- Makroskopische Gefügeuntersuchung
- Mikroskopische Gefügeuntersuchung
- Kerbschlagbiegeversuch

Die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen wurden bewertet und in einem Inspektionsbericht dokumentiert. Im Ergebnis der Untersuchungen waren die Brüche und Risse im Schienenfuß zweifelsfrei von einem aus dem Herstellungsprozess stammenden Walzfehler ausgegangen, der bei der Qualitätsprüfung beim Hersteller unentdeckt geblieben war. Der nach Norm EN 13674-1 unzulässige, ca. 1 mm tiefe Walzfehler lag auf der Seite der Warmstempelung (Chargennummer) im Übergang vom Schienensteg zum -fuß über die gesamte Schienenlänge vor.

Da gemäß DIN EN 13674-1 Fehlertiefen von „Warmbeschädigungen und überwalzungsartigen Unregelmäßigkeiten auf der Schienenoberfläche“ nur bis max. 0,5 mm Tiefe zulässig sind, waren die normativen Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit einer Vignolschiene nicht erfüllt.

Durch die durch DB Systemtechnik zur Verfügung gestellten Untersuchungsergebnisse konnte die Position des Auftraggebers gegenüber dem Schienenhersteller bezüglich der einzuleitenden Maßnahmen wesentlich gestärkt werden.



Magnetpulverprüfung, Befund (Pfeil) am Makroquerschliff, Aufnahme unter UV-Licht



Tiefe Materialtrennung mit eingewalztem Zunder, ungeätzter Mikroschliff

Rad-Schiene-Kontakt über Kopf



Im Sommer 2020 berichtete die Presse über massive Störungen bei der Wuppertaler Schwebebahn, die den Betreiber – die WSW mobil GmbH (WSW) – dazu zwangen, den Betrieb ab August werktags montags bis freitags für ein Jahr einzustellen.

Daraufhin erhielten die Bereiche Fahrtechnik und Werkstoff- und Fügetechnik der DB Systemtechnik eine Anfrage, mit ihrem Expertenwissen zum Thema Rad-Schiene-Verschleiß kurzfristig fachliche Unterstützung zu leisten und bei der Systemanalyse des Rad-Schiene-Problems der Wuppertaler Schwebebahn zu unterstützen.

Die Wuppertaler Schwebebahn ist ein Rad-Schiene-System der anderen Art: Hier sitzt der Fahrgast unten, Rad und Schiene sind oben, die Räder haben einen Doppelspurkranz und jedes Fahrwerk umfasst nur zwei Räder.

Ab September 2019 waren nur noch Neufahrzeuge der Baureihe GTW 2014 im artreinen Verkehr im Einsatz, was einen enormen Anstieg des Rad-Schiene-Verschleißes, einhergehend mit massiven Geräuscentwicklungen vor allem bei Bogenfahrten, verursachte.

Die Räder mussten in immer kürzeren Intervallen reprofiliert werden, was deren Laufleistungen erheblich einschränkte. Auch die Werkstattkapazitäten kamen an ihre Grenzen, sodass die Fahrzeugverfügbarkeit mehr und mehr zum Problem wurde. Dies alles führte schließlich zu der für die Region drastischen Entscheidung, den Fahrgastbetrieb nur noch an den Wochenenden aufrechtzuerhalten. Zu diesem Zeitpunkt hatten die WSW bereits ein Projekt aufgesetzt, dessen Organisationsstruktur auch externe Sachverständige unterschiedlichster Fachgebiete umfasste. Dabei übernahm die DB Systemtechnik die Projektleitung.

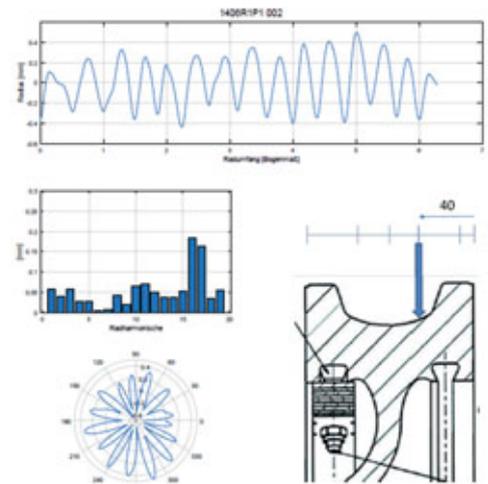


Die Expert:innen der DB Systemtechnik starteten mit einer Vor-Ort-Besichtigung und nahmen eine Priorisierung sowie Ergänzung von Arbeitspaketen im laufenden Projekt mit folgenden Schwerpunkten vor:

1. **Schmiersystem Rad-Schiene und Materialprüfung der Räder**
2. **Messungen der Rad- und Schienenprofile sowie des Rundlaufs der Räder**
3. **Lichttraumprofil, Mehrkörpersimulation, Rad-Schiene-Verschleiß**

Die Themen ETCS, zulässige Fahrgeschwindigkeit und Rückkehr zum bereiften Rad konnten nach ersten analytischen Überlegungen zurückgestellt werden. Die Aufrechterhaltung und Sicherstellung des Betriebs an den Wochenenden stand an erster Stelle, dann sollte im zweiten Schritt zügig die Wiederaufnahme eines stabilen und langfristig gesicherten Betriebs bis August 2021 vorangetrieben werden, um sich schließlich in der letzten Phase des Projekts der Optimierung und Rückkehr in einen verbesserten Normalzustand zu widmen.

Die Kollegen der Fahrtechnik aus Minden übernahmen die Messungen des Schienenquerschnitts an mehreren Streckenabschnitten und die Rundlaufmessungen an den Rädern. Daneben wurden die Ergebnisse von bereits durchgeführten Radprofilmessungen analysiert und berührgeometrisch bewertet. Die Arbeiten mündeten schließlich in die Entwicklung eines neuen Radprofils.



Die Kolleg:innen der Werkstoff- und Fügetechnik aus Brandenburg-Kirchmöser analysierten die Ergebnisse von bereits durchgeführten Materialuntersuchungen der Räder, nahmen aber auch eigene Untersuchungen vor. Im Ergebnis der Untersuchungen konnten sie einen engen Zusammenhang zwischen dem vorliegenden Gefüge und den Radunrundheiten herstellen. Vor diesem Hintergrund bewerteten sie die Herstellerspezifikation der Räder und gaben Empfehlungen zu Herstellungsprozess und Werkstoff.

Auch notwendige Qualitätsanforderungen an Räder und Schienen für zukünftige Beschaffungen wurden genauer beleuchtet.

Ab August 2021 konnte der Betrieb der Wuppertaler Schwebbahn auch werktags wieder vollständig aufgenommen werden. Die kurzfristig eingeleiteten Maßnahmen hinsichtlich des Schmiersystems und des neuen Radprofils wirkten sich positiv sowohl auf die Verschleiß- als auch die Lärmreduktion aus. Die mittelfristigen Maßnahmen wie die Beschaffung neuer Räder unter veränderten Qualitätsanforderungen dürften zu einer weiteren Stabilisierung des Fahrbetriebs beitragen. Ein Erfolg, zu dem die DB Systemtechnik einen entscheidenden Beitrag geleistet hat.



Foto und Illustration: DB Systemtechnik

Generische Checkliste für eine besetzungsabhängige Außenluftzufuhr (bAL)



Durch die Anpassung der Klimasteuerung in Regio-Fahrzeugen soll die Frischluftmenge in Verbindung mit einer Messung des CO₂-Gehalts in der Raumluft besetzungsabhängig und rückwirkungsfrei geregelt werden. Dadurch dass weniger Frischluft erwärmt oder gekühlt werden muss, können elektrische Energie und somit Kosten eingespart werden.

Je nach Fahrzeugtyp wird anhand des ermittelten CO₂-Gehalts in der Raumluft die Klappenstellung (z. B. DoSto) oder die Lüfterstufe des Zulüfters (z. B. ET423) gesteuert. Dies erfordert Anpassungen an Hard- und/oder Software des Klimasystems und stellt entsprechende Anforderungen an den Zulassungsprozess.

Die von der DB Systemtechnik erstellte Checkliste hilft bei der Umsetzung, indem sie eine Übersicht der generischen Anforderungen an Hard-/Software, die bei der Umrüstung von Regio-Fahrzeugen auf eine besetzungsabhängige Außenluftzufuhr (bAL) aus Sicht der Zulassung und unter Berücksichtigung der Änderungen durch das 4. Eisenbahnpaket relevant sind, gibt.

Die für die Erfüllung dieser Anforderungen notwendigen Nachweisdokumente und Arbeitspakete werden generisch dargestellt und in einen prozessualen Kontext gebracht. Primär notwendige Ingenieursleistungen, potenzielle Risiken sowie

die benötigten Nachweise für den Zulassungsprozess werden dabei identifiziert. Auch die Kommunikation mit den relevanten Schnittstellen (Fahrzeughersteller, Engineering und Fachexperten der Zulassung) erfolgte durch die DB Systemtechnik. Abschließend wurden die Ergebnisse in einer grafischen Darstellung in einem Gesamtprozessschaubild dargestellt.

Die Ergebnisse liefern eine solide Grundlage für eine effektive und effiziente Projektplanung/-koordination des Umrüstvorhabens und bilden die Basis für eine möglichst schnelle Umsetzung der Maßnahme sowie der damit verbundenen Energie- und Kosteneinsparungen im Betrieb.

Aufwände und Kosten für zukünftige bAL-Umrüstungen bei Regio-Fahrzeugen können durch die Anwendung dieser generischen Checkliste schneller und genauer bestimmt werden. Durch die erzielbaren Energieeinsparungen liefert das Projekt außerdem bei jeder zukünftigen Anwendung einen indirekten Beitrag zur Erreichung der Umweltziele des Konzerns.

DB Regio plant, die Checkliste zukünftig als Leitfaden für weitere geplante vergleichbare Energiesparprojekte zu nutzen und damit eine schnellere und genauere Bestimmung der dabei anfallenden Aufwände und Kosten zu ermöglichen.

CBM-Datenpfad bei DB Cargo AG

Die Aktivitäten der DB Cargo zu Condition Based Maintenance (CBM) begannen bereits im Jahr 2012 mit dem Projekt „TechLok“, bei dem eine große Anzahl von Loks mit Sensorik und Telematikgeräten ausgerüstet wurde. Mit den Projekten CBM und CBM 2.0 folgten dann Projekte, deren Ziele die Potenzialerschließung, der Aufbau einer geeigneten Organisation und die Schaffung der technischen Infrastruktur zur Sammlung und Analyse der CBM-Daten war.

Für die Erhebung, Speicherung und Verarbeitung der Daten wurde eine einheitliche IT-Architektur aus Netzwerk, IT-Komponenten und dem Analysemodul AIC (Asset Intelligence Center) entwickelt, deren zentrale Datenstrecke im Projektverlauf als CBM-Datenpfad bezeichnet wurde. Der Zweck des CBM-Datenpfads ist die Übertragung, Anreicherung und Auswertung von CBM-Daten (Sensor- bzw. Messwerte, Diagnosedaten, GPS-Daten) zur Nutzung für verschiedene CBM-Use-Cases.

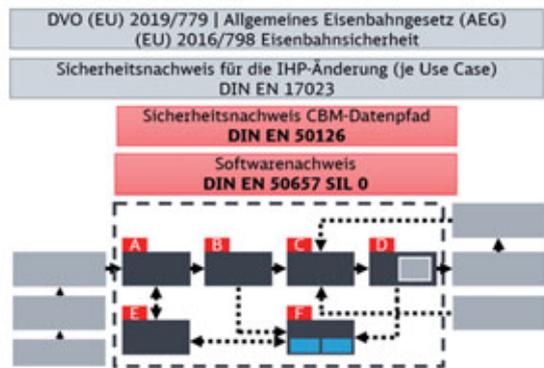
Damit die CBM-Use-Cases auch in den Regelprozess des Betriebs und der Instandhaltung der DB Cargo überführt werden können, erarbeitete die DB Systemtechnik gemeinsam mit DB Cargo einen generischen Sicherheitsnachweis für die Datenübertragung nach DIN EN 50126 und DIN EN 50657.

Mit Blick auf die Anforderungen der zum damaligen Zeitpunkt klassifizierten CBM-Use-Cases (z. B. Dieselpartikelfilter) wurde das geforderte Softwareintegritätslevel (SIL) im Rahmen des Risikomanagementverfahrens auf SIL0 (Basisintegrität) festgelegt und damit wurde der Umfang der nach DIN EN 50657 zu erzeugenden Dokumente für die im CBM-Projekt entwickelte Software definiert.

Aufgabe der DB Systemtechnik war es dann, diese laut Norm geforderten Unterlagen und Nachweise vom Projekt einzufordern bzw. zu erstellen, deren Qualität und Konsistenz in Form von Verifikationsberichten zu bewerten und zu begutachten und Anpassungen sicherzustellen.

Außerdem wurden den IT-Verantwortlichen Rückmeldungen über die Anforderungen höherer SIL-Einstufungen für weitere künftige Use-Cases gegeben.

Relevante Normen und Regelwerke für die Umstellung von frist- auf zustandsbasierte Instandhaltung
Quelle: DB Systemtechnik



Der CBM Algorithmus löst am 29.11.2021 einen Instandhaltungsauftrag zur Reinigung des DPF aus
Quelle: DB Cargo



Ein von den Expert:innen der DB Systemtechnik aufgebaut Framework der vorhandenen Ergebnisdokumente und -module stellt für die Zukunft sicher, dass Anpassungen an den Dokumenten bzw. die notwendige Erstellung neuer Dokumente durch Wiederverwendung auf ein Minimum reduziert werden.

Kurz vor dem offiziellen Projektende von CBM 2.0 zum Jahresende 2021 konnte noch ein wichtiger Meilenstein gefeiert werden, als die ersten Loks der Baureihen 261 und 265 sich im November via CBM-Datenpfad selbstständig per Schadcode in den Werkstätten der DB Cargo angemeldet haben.

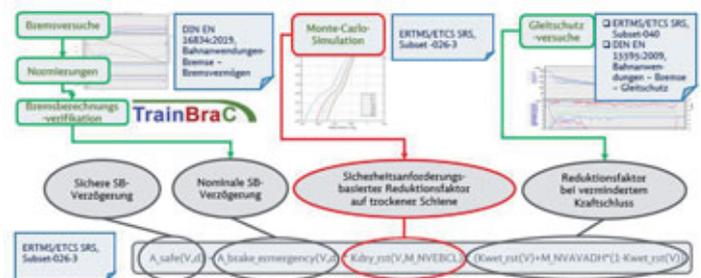
ETCS-Monte-Carlo-Simulationstool V 2.0

Für das European Train Control System (ETCS) sind die Berechnung und Überwachung von Bremskurven wesentliche und sicherheitsrelevante Bestandteile. Zu jeder Zeit muss gewährleistet sein, dass die Züge zulässige Geschwindigkeiten nicht überschreiten und vor Gefahrenpunkten rechtzeitig die Bremsung einleiten.

Zu den fahrzeugeitigen ETCS-Bremskurvenparametern für Gamma-Züge (das sind unter anderem Triebzüge mit einer Höchstgeschwindigkeit von über 200 km/h) zählen die äquivalente Bremsentwicklungszeit, die nominale Schnellbremsverzögerung und die beiden sicherheitsanforderungsbasierten Korrekturfaktoren (K_{dry} und K_{wet}). K_{dry} findet Anwendung für das Bremsen auf trockener Schiene und K_{wet} berücksichtigt den verminderten Kraftschluss auf schmierigen Schienen. Dabei sind die Korrekturfaktoren so zu bestimmen, dass der betrachtete Gamma-Zug während einer Schnell- bzw. Zwangsbremmung die sichere Verzögerung mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht unterschreitet. Der Korrekturfaktor K_{dry} muss also alle Streuungen und Ausfälle derjenigen Parameter bzw. Komponenten berücksichtigen, die Einfluss auf die Bremskraft und schließlich die Verzögerung des Zugs haben.

Die DB Systemtechnik ermittelt bereits seit Jahren ETCS-Bremskurvenparameter und bietet dabei ein Gesamtpaket, beginnend mit der Versuchsdurchführung über die Analyse und Bereitstellung der nominalen Größen bis hin zu der Ermittlung der Korrekturfaktoren an.

Zur Berechnung des Korrekturfaktors K_{dry} wird ein von der DB Systemtechnik entwickeltes Monte-Carlo-Simulationstool verwendet. Eine aktuell entstehende Euronorm zur Ermittlung der ETCS-Bremskurvenparameter und die steigende Komplexität der Bremssystemarchitekturen machte es notwendig, eine Toolmodernisierung durchzuführen. Im Zeitraum von 2021 bis 2022 wurde diese im Rahmen eines internen Innovationsprojekts realisiert. Die Erweiterung führt neben der EN-Standardisierung zu Rechenzeitreduktion und Flexibilisierung bei der Abbildung beliebig komplexer Bremssystemarchitekturen. Das weiterentwickelte Tool wird bereits bei aktuell laufenden Projekten für den digitalen Knoten Stuttgart eingesetzt.



Fotos: DB AG/Frank Kniested, DB AG/ Barteld Redaktion



EBA-Forschungsauftrag: Systematisierung der Infrastruktur- instandhaltungsplanung

Das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) des EisenbahnBundesamtes hat die Expert:innen der DB Systemtechnik mit einem sieben Monate dauernden Forschungsprojekt beauftragt, dessen Ziel es war, Anwendungsbeispiele für Predictive Maintenance in der Eisenbahninfrastruktur zu finden und zu eruieren, welche Anpassungsbedarfe es in der Instandhaltungsplanung gibt.

Zusammen mit der DB Netz positionierte sich die DB Systemtechnik in dem Ausschreibungsprozess gegen acht fachliche Mitbewerber für dieses perspektivische F&E-Innovationsprojekt. Gemeinsam entwickelten die Expert:innen der DB Systemtechnik ein Arbeitskonzept, das zur Ausführung dieser übergreifenden und strategischen Instandhaltungsaufgabe das Bewertungsgremium überzeugte.

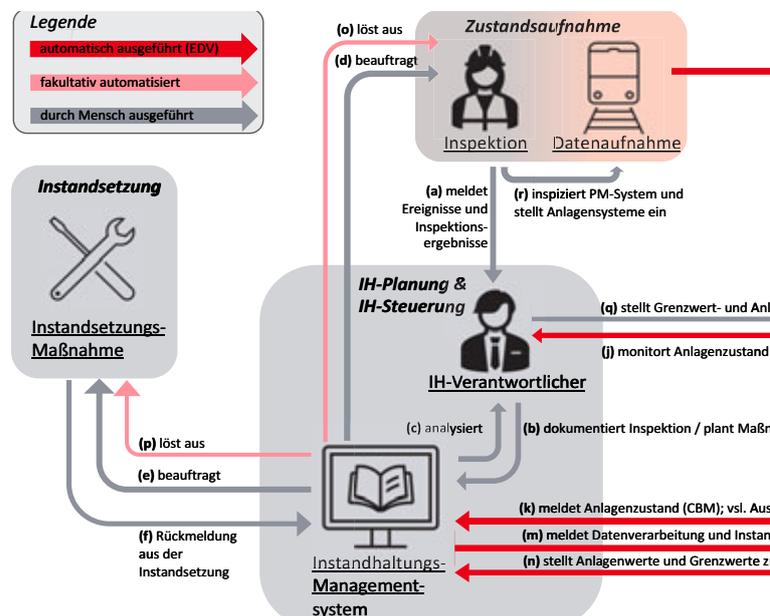
Von der vorbeugenden zur vorausschauenden Instandhaltung

Avisiertes Ziel war es, im Bahnsektor die Instandhaltung der Infrastruktur von der derzeit planmäßig vorbeugenden Instandhaltung hin zu einer vorausschauenden Instandhaltung (Predictive Maintenance (PM)) fokussiert weiterzuentwickeln sowie den datengetriebenen Instandhaltungsansatz weiter zur praktischen und funktionellen Anwendungsreife voranzutreiben.

- Hierbei stehen insbesondere die übergreifenden Planungsprozesse und die gesamte IH-Verzahnung der Infrastruktur im Konzeptfokus.
- Weiterhin sollen die mögliche Verwendungs- und Kostenreichweite sowie technisch vielversprechende Entwicklungsstränge und Perspektiven eruiert werden.

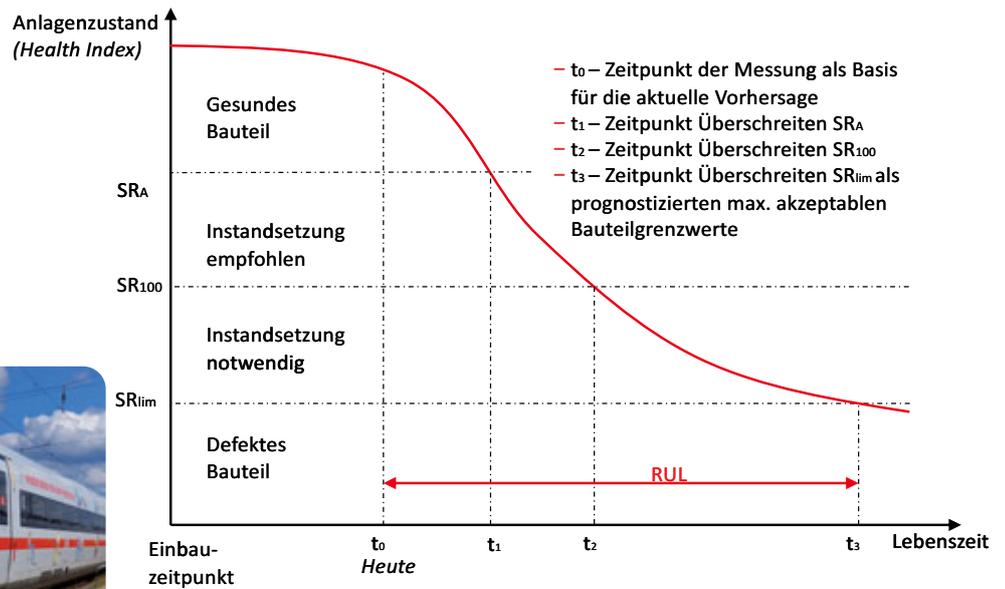
Hierbei kommen auch insbesondere die DB-Systemtechnik-eigenen Entwicklungen zum Monitoring von Schieneninfrastrukturen (CTM, ESAH) oder Schienenfahrzeugen (CIM) zum Tragen. Aber auch Entwicklungen im DB Konzern zur zustandsorientierten Instandhaltung (Condition Based Maintenance) werden eingebracht.

Informationsfluss im PM-System



Fotos: DB AG/Uwe Miethke, DB Systemtechnik
Grafiken: DB Systemtechnik

Anlagenzustand über die Zeit: Health Index RUL



Inhalt der Studie:

„Anwendung von Predictive Maintenance in der Schieneninfrastruktur mit Anpassung der Planung und Steuerung“

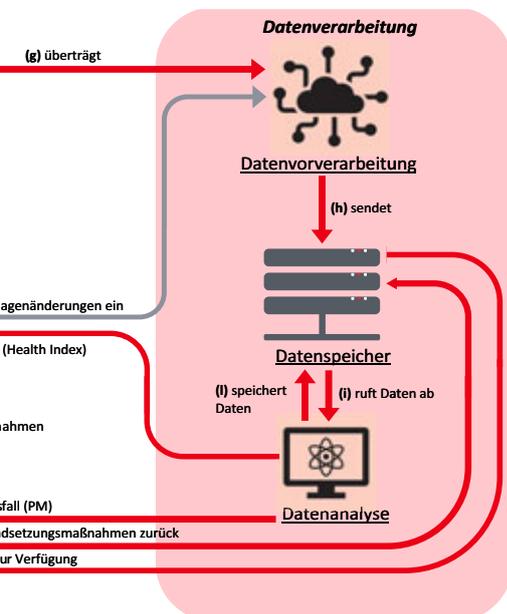
Derzeit erfolgt die Instandhaltung in der Industrie und der Eisenbahntechnik überwiegend planmäßig vorbeugend. Das bedeutet, dass Instandsetzungsarbeiten erst ausgeführt werden, wenn in einer Inspektion festgestellt wurde, dass ein Grenzwert überschritten wurde. Die Grenzwerte sind dabei so gesetzt, dass Bauteile auch trotz geringfügiger Überschreitung der Grenzwerte sicher funktionieren. Ersetzt man die durch einen Menschen ausgeführte Inspektion durch eine automatische, sensorbasierte Überwachung des Bauteilzustands (Health Index), dann nennt man dies zustandsbasierte Instandhaltung (CBM). Die in der Überwachung entstehenden Daten können durch Algorithmen verarbeitet werden. Diese können dann basierend auf digitalen Modellen die verbleibende Bauteillebenszeit (remaining useful Lifetime – RUL) errechnen. Dann spricht man von Predictive Maintenance.

Auf Basis der Prozesse der DB Netze wurden Vorschläge zur Umsetzung für die lang-, mittel- und kurzfristige Planung sowie für die operative Arbeitsebene der Eisenbahninfrastruktur aufgestellt. Dabei wurden die Vorteile von PM für die jeweiligen Planungsebenen genannt. Insgesamt wurde erforscht, dass sich der Planungsvorlauf durch PM in allen Infrastrukturgewerken durch Vorhersage der RUL erhöht und dass dadurch eine Qualitätssteigerung erfolgt.

Dadurch können Kosten (z. B. durch zu späte oder überflüssige Maßnahmen) eingespart werden, wodurch sich eine Erhöhung der Trassenkapazität ergibt. Es wurden Chancen im Zusammenhang mit der Einführung von PM aufgezeigt, insbesondere, dass es für PM nötig ist, dass mehrere Firmen zusammenarbeiten, und dass die Einführung selbst und damit die Änderung der Prozesse nicht kurzfristig geschehen kann. 2022 wurden die Ergebnisse dem DZSF, der DB Netze und DB Systemtechnik intern sowie vor Fachpublikum präsentiert. Die Studie steht auf der Seite des DZSF zum Nachlesen zur Verfügung.

Georg Ermer betreut für das DB Systemtechnik-Team den Forschungsauftrag:

„Wir erarbeiteten für das Eisenbahnbundesamt nun die PM-Szenarien in Form eines Leitfadens. Mit ihm können sich dann sowohl Eisenbahninfrastrukturunternehmen als auch Entwickler von PM-Lösungen orientieren, um weiterführende Anwendungen von PM in der Praxis zu implementieren.“



Zustandsüberwachung von Transformatoren

Der Haupttransformator von E-Lokomotiven zählt zu den wichtigsten und auch teuersten Bauteilen einer E-Lokomotive. Aus diesem Grund liegt auf diesem Bauteil ein besonderes Augenmerk. Der Ausfall eines Haupttransformators führt in jedem Fall zu einem Gesamtausfall des Fahrzeugs. Schädigungen am Transformator führen vor allem zu sehr hohen Instandsetzungskosten und langen Ausfallzeiten des Transformators.

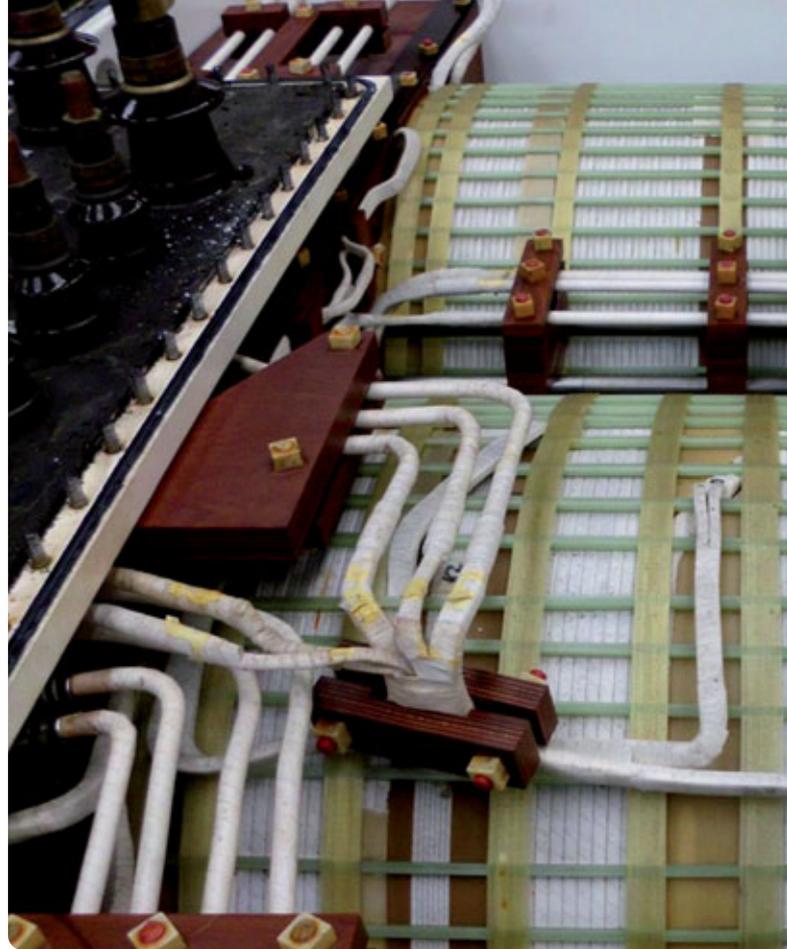
Bislang wird durch die Analyse von Trafoölproben (Routineprüfungen und Gas-in-Öl-Analyse) der Zustand von Transformatoren im eingebauten Zustand überwacht, um so Schädigungen zu erkennen. Werden Schädigungen über die Ölanalysen erkannt, ist eine sehr kostenintensive Neuwicklung des Spulenpakets in der Regel unvermeidbar.

In Kooperation der DB Fahrzeuginstandhaltung Werk Dessau, DB Cargo und DB Systemtechnik wurde nun im Auftrag der DB Cargo ein neues Verfahren entwickelt, um den Zustand von Transformatoren im eingebauten Zustand zu beurteilen.

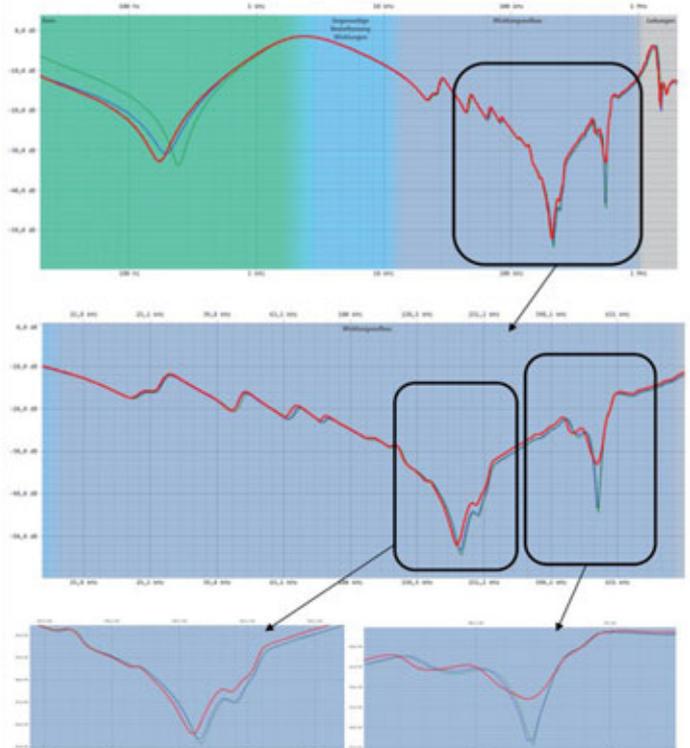
Die sogenannte Frequenz-Resonanz-Analyse (kurz FRA-Messung) ermöglicht es, Verschiebungen der Wicklungen im Aktivteil des Transformators zu erkennen. Solche Verschiebungen treten durch die Lockerung des Aktivteils auf, die wiederum durch Vibrationen und Schwingungen der Fahrzeuge im Betrieb erzeugt werden. Infolgedessen kann es zu Schädigungen der Isolation kommen, die zu Windungs- oder Kurzschlüssen können, die wiederum zu einer kostenintensiven Instandsetzung führen.

Bei der Frequenz-Resonanz-Analyse wird die jeweilige Wicklung einer Spule über ein Messgerät in Schwingungen versetzt. Die gesendeten Schwingungen (Eingangsschwingungen) werden mit den am anderen Ende der Wicklung gemessenen Schwingungen (Ausgangsschwingungen) verglichen. Die unterschiedlichen Eingangs- und Ausgangsschwingungen (der sogenannte Frequenzgang am Transformator) ist charakteristisch für einen bestimmten Trafotyp. An neuen bzw. neu gewickelten Transformatoren wird eine charakteristische Schwingungskurve, die sogenannte Referenzkurve, aufgezeichnet.

Nun kann bei einer Messung an einem im Fahrzeug eingebauten Transformator die Referenzkurve als Vergleichskurve herangezogen werden. Sind Abweichungen zwischen den beiden Kurven zu erkennen, deutet dies auf eine Lockerung des Aktivteils und die Verschiebung einzelner Wicklungen im Spulenpaket hin. Je nach Größe der Abweichungen kann abgeschätzt werden, ob der Transformator direkt aus dem Betrieb genommen werden muss oder noch bis zur nächsten Werkszuführung im Betrieb bleiben kann. Es kann gegenüber einer Ölanalyse also nicht nur eine Schädigung, sondern auch ein Schädigungsgrad erkannt werden. Durch ein frühzeitiges Erkennen schon von leichten Verschiebungen können auch teure Instandsetzungen vermieden werden.



Geöffneter Trafo BR 145, Ansicht auf die Wicklungen



Hier sind die Messergebnisse zu sehen. Eine Kurve ist die Referenzkurve, welche durch die Messung an baugleichen intakten Transformatoren aufgenommen wurde. Die andere Kurve zeigt das Messergebnis am Messobjekt. Sind signifikante Abweichungen zwischen den Kurven erkennbar, dann deutet dies auf einen Schaden hin.

Deutsche Bahn beschafft 14 Radsatzdiagnoseanlagen

Eine enge Zustandsüberwachung der Radsätze ist ein elementarer Bestandteil der Schienenfahrzeuginstandhaltung. Im Rahmen des Konzernprogramms Digitale Fahrzeuginstandhaltung (DIFa) veröffentlichte die Deutsche Bahn AG im November 2020 eine Markterkundung zur Beschaffung von Radsatzdiagnoseanlagen für den Werkstattbereich. Mit 15 internationalen Anbietern wurden im Anschluss Gespräche über die technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen der Systeme geführt.

Auf Basis dieser Gespräche hat die DB AG ein Projekt zur Beschaffung von Radsatzdiagnoseanlagen ins Leben gerufen. Der Auftrag bestand darin, die Bedarfe der Geschäftsfelder zu erfassen und entsprechende Anlagen mit einer messtechnischen Eignung zu beschaffen.

Hierzu war fachkundige Expertise erforderlich und zum Team kamen daher auch weitere Expert:innen – unter anderem von der DB Systemtechnik – hinzu.

Innerhalb des DB Konzerns wurden die Bedarfe für Radsatzdiagnoseanlagen gebündelt und mit der DB Systemtechnik wurde ein Lastenheft erstellt, das den den technischen Anforderungen der Geschäftsfelder DB Regio und DB Fernverkehr entspricht.

Auf das eingeleitete Bieterverfahren im Rahmen einer EU-Vergabe haben sich fünf Unternehmen aus Deutschland und den europäischen Nachbarländern beworben. Nach Veröffentlichung des Lastenhefts wurden drei Angebote abgegeben. Auf Basis der abgegebenen Angebote kam es mit jedem Bieter zu insgesamt drei Klärungsgesprächen. Dabei wurden sowohl technische als auch kaufmännische Aspekte verhandelt und es gelang dem Projektteam, den Beschaffungspreis, bei gleichbleibenden technischen Randbedingungen, um mehr als 30 % zu reduzieren. Als Referenz wurde die zuletzt beschaffte Anlage im Jahr 2019 herangezogen.

Die Firma Hegenscheidt MFD erhielt den Zuschlag für einen Rahmenvertrag mit einer Laufzeit von fünf Jahren und der Liefermenge von bis zu 14 Überfahrmessanlagen. Bereits 2022 sollen vier Anlagen und im Folgejahr weitere drei Anlagen in den Werkstätten der DB Fernverkehr und DB Regio installiert werden, weitere Standorte und Stückzahlen sind in Planung. Das Schaffen von Wettbewerb, gepaart mit der fundierten Leistungsbeschreibung, einer sehr guten Ausschreibungsdurchführung und professionellen Verhandlungen, haben den Erfolg für die DB AG gebracht.



Häufig kann das Aktivteil „nachgespannt“ werden, was deutlich günstiger ist als eine Neuwicklung des Spulenpakets. Durch eine regelmäßige FRA-Messung im Abstand von fünf bis sieben Jahren kann der Transformator über seine gesamte Lebensdauer beurteilt werden.

Die neue Beurteilungsmethode ermöglicht eine bessere Fahrzeugverfügbarkeit und deutlich gesenkte Instandhaltungskosten. Die Messungen können sowohl durch die DB Fahrzeuginstandhaltung Werk Dessau als auch durch die Fahrzeugbetreiber mit dem notwendigen Equipment durchgeführt werden.

Das neue Verfahren wurde bei allen Transformatoren der BR 145 (DB Cargo) vollumfänglich angewandt und soll nun auf weitere Fahrzeugbaureihen (E-Lokomotiven) der DB Cargo ausgeweitet werden. Die Vorbereitung und Durchführung der Messung der gesamten Fahrzeugflotte der BR 145 wurde durch das Projektteam, bestehend aus DB Fahrzeuginstandhaltung, DB Cargo und DB Systemtechnik, entwickelt und konnte innerhalb kürzester Zeit realisiert werden. Im Ergebnis der Messungen wurde eine Schädigungsübersicht inklusive einer entsprechenden Handlungsempfehlung erstellt.

Liegen Ergebnisse und Erfahrungen der FRA-Messung für eine gesamte Fahrzeugflotte vor, so kann diese über den gesamten Lebenszyklus beurteilt werden. Es können daraus für neue und folgende Fahrzeuggenerationen vorbeugende Maßnahmen für die Instandhaltung von Transformatoren erarbeitet werden.

Die DB Systemtechnik unterstützt durch ihre Fachexpertise bei der stetigen Weiterentwicklung der Zustandsüberwachung von Transformatoren und bei der Beurteilung von Schäden bis hin zur Entwicklung von Instandsetzungskonzepten. Dabei arbeitet sie intensiv mit dem Instandsetzer und den Fahrzeugbetreibern zusammen.

Kompaktes Radsatzlager im ICE-Werk München Hbf

Im ICE-Werk München werden die Radsätze verschiedener ICE-Baureihen im Keller der Instandhaltungshalle in kleineren Abstellbereichen gelagert. Die Blocklagerung der Radsätze führt grundsätzlich zu einem höheren Bedarf an Lagerfläche und einem erhöhten Suchaufwand in Verbindung mit der Auslagerung von Radsätzen.

Im Rahmen einer Konzeptstudie der DB Systemtechnik für das ICE-Werk München sollten mindestens 100 Lagerplätze für Radsätze in einem zusammenhängenden Lagerbereich im Keller der ICE-Halle umgesetzt werden.

Die Anforderung erfordert eine hoch verdichtete Einlagerung der Radsätze auf zwei Ebenen. Die Ein- und Auslagerung der Radsätze erfolgt in speziell entwickelten Lagermodulen durch ein Regalbediengerät. Durch automatisierte Prozessabläufe können die Ein- und Auslagerung, das turnusmäßige Durchdrehen der Radsätze sowie die Bereitstellung der Radsätze auf speziellen Radsatzwechselfaletten vollständig und ohne Einsatz von Mitarbeitenden erfolgen. Die Anforderung zur Ein- bzw. Auslagerung des Radsatzes erfolgt durch das Lagerverwaltungssystem. Die Vergabe des Lagerplatzes erfolgt durch die interne Leit- und Steuerungstechnik des Radsatzlagers. Ein modularer Aufbau stellt die flexible Erweiterbarkeit des Radsatzlagers sicher.

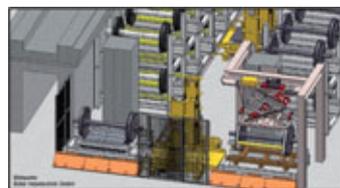
Durch die kompakte und automatisierte Lagerung von Radsätzen entfallen manuelle, unfallträchtige und zeitaufwendige Staplertransporte im Lager. Mitarbeitende können sich verstärkt wertschöpfenden Tätigkeiten zuwenden und somit werden Kosten eingespart.



Oben: Vorrichtung zum Tausch der RS-Paletten

Unten links: Ein- und Ausgabeöffnung zur Übergabe der Radsätze

Unten rechts: Ansicht des automatischen Radsatzlagers mit flexibler Möglichkeit zur Erweiterung durch Lagermodule



Alle Grafiken: DB Systemtechnik

Die Referenzen der DB ESG 2021/2022

DB ESG erhält Zuschlag für Projekt bei Transport for Wales



Transport for Wales (TfW) benötigte vier zusätzliche fünfteilige Garnituren von Reisezugwagen des Typs Mark 4, die zusammen mit einer Class-67-Lokomotive und einem Steuerwagen eingesetzt werden sollten. Diese Fahrzeuge waren nicht miteinander kompatibel. Deshalb waren Umbaumaßnahmen erforderlich, um ihren Einsatz als Zugsinheit im kommerziellen Betrieb zu ermöglichen.

2021 wurde die DB ESG mit der Entwicklung, Zulassung, Lieferung, Montage und Prüfung der erforderlichen Fahrzeugumbauten sowie allen anfallenden Überführungsfahrten beauftragt, um den Betrieb der Reisezugwagen mit Lokomotiven der britischen Baureihe Class 67 und mit Steuerwagen zu ermöglichen.

Das Projekt umfasste nicht nur technische Änderungen zur Gewährleistung der Kompatibilität, sondern auch eine Neukonfiguration der Videoüberwachungsanlage und des Fahrgastinformationssystems mit voller Funktionsfähigkeit im Fahrgastbetrieb.

Diese Arbeiten begannen im April 2021 und wurden im März 2022 abgeschlossen.



Batteriemodule für AT 300



CTM 2.0 für Network Rail in Großbritannien



Fotos: Hitachi Rail, DB ESG, DB Systemtechnik



Im März 2021 beauftragte Hitachi Rail Ltd. die DB ESG mit einer Konzeptstudie, in der die Möglichkeit geprüft werden sollte, einen Tragrahmen für Batteriemodule mit einem Gewicht von insgesamt fünf Tonnen herzustellen. Dieser Akkutragrahmen sollte anstelle des ursprünglichen Generators in den Untergestellen der AT300-Fahrzeuge angebracht werden. Gleichzeitig sollte auf dem Fahrzeugdach ein neues Kühlsystem montiert werden. In jedem Akkutragrahmen sollten – neben einem Kasten für Schalter und elektrische Regler – 18 einzelne Batterieeinheiten untergebracht werden, jeweils in einem eigenen feuerfesten Fach und an einen Kühlmittelkreislauf angeschlossen. Die einzelnen Einheiten sollten über ein eigenes geschlossenes Fremdbelüftungssystem gekühlt werden, wobei das zugeführte Kühlmittel zur Kühlung der Luft innerhalb der Batterieeinheit dienen sollte.

Zunächst prüfte die DB ESG mit fachlicher Unterstützung der DB Systemtechnik die Machbarkeit des Hitachi-Batteriekonzepts und untersuchte, wie es am besten weiterentwickelt werden könnte. Diese ersten Arbeiten wurden im Juli 2021 abgeschlossen. Im Anschluss daran beauftragte Hitachi Rail die DB ESG, auf der Grundlage dieses Konzepts einen umfassenden Entwurf mit detaillierten Fertigungszeichnungen auszuarbeiten, anhand dessen drei Prototypen hergestellt werden sollten. Bei der Fertigung, dem Einbau und der Prüfung dieser Prototypen für künftige Akkutragrahmen wurde Hitachi vor Ort in Italien unterstützt.

Die DB ESG war für das Projektmanagement verantwortlich und lieferte den Entwurf und die konstruktionstechnische Bewertung. Die DB Systemtechnik wiederum spezifizierte die Schalttechnik für die Hochspannungsanlage und alle brandschutztechnischen Aspekte des Projekts.

Im Juli 2022 wurde die DB ESG zusammen mit dem Lieferanten der Batterieeinheiten, der britischen Firma Turntide, für dieses Projekt von Hitachi Rail mit dem „Partner Award“ in der Kategorie Nachhaltigkeit ausgezeichnet – ein beachtlicher Erfolg, wenn man bedenkt, dass das Hitachi-Lieferantennetzwerk weltweit Tausende von Unternehmen umfasst.

Die DB ESG wurde vom britischen Infrastrukturbetreiber Network Rail beauftragt, das System Continuous Track Monitoring (CTM 2.0), ein Produkt der DB Systemtechnik zur kontinuierlichen Überwachung der Eisenbahninfrastruktur durch Regelzüge, für eine Betriebserprobung in Großbritannien bereitzustellen, die 2021/2022 stattfinden sollte.

Dieses Projekt ist Teil einer umfassenderen „In-Service-Monitoring“-Erprobung unter der Leitung des F&E-Teams von Network Rail, in deren Rahmen eine Reihe zugeseitiger Gleismess- und -überwachungssysteme auf Fahrzeugen im Regelbetrieb getestet werden soll. Insgesamt wurden acht Lösungen verschiedener Anbieter für die Erprobungen ausgewählt.

Für dieses Projekt stellte die DB Systemtechnik (DB ST) die CTM2.0-Anlage zur Verfügung, wertete während des sechsmonatigen Erprobungszeitraums im Rahmen einer Fernüberwachung die Daten aus und lieferte regelmäßig Berichte zum aktuellen Zustand und Prognosen zur weiteren Zustandsentwicklung an Network Rail.

Die von der DB ST bereitgestellte CTM2.0-Anlage wurde in einen Steuerwagen des Typs Mark 3 eingebaut, der von Chiltern Railways im regulären Personenverkehr auf der Strecke von Birmingham nach London Marylebone eingesetzt war.

Die Anlage bestand lediglich aus außen am Fahrzeug montierten Sensoren und einer Antenne, die mit einem Gerätegehäuse im Fahrzeuginneren verbunden war. Mit den Sensoren wurden die Streckenlängsneigung, die Gleisverwindung, die dynamische Gleislage, der Fahrkomfort, aufeinanderfolgende Höhenlagenfehler („Cyclic To“), die Geschwindigkeit und das Bewegungsverhalten des Fahrzeugs gemessen. Die Antenne übertrug die Daten an eine stationäre Computerplattform, wo sie empfangen, verarbeitet und ausgewertet wurden.

Die DB ESG war verantwortlich für die erforderlichen Änderungen an der Fahrzeugkonstruktion, die Einholung aller erforderlichen Genehmigungen, die Lieferung des Materials, den Einbau der CTM-Ausrüstung sowie die Prüfung und Inbetriebnahme des Systems.

Durch diese Erprobung konnte sich Network Rail ein Bild davon machen, wie das System der DB Systemtechnik dazu beitragen kann, die Anzahl technischer Störungen mit Beeinträchtigung des Bahnbetriebs zu reduzieren, ihre Auswirkungen zu verringern und Prognosen zu dem künftigen Zustand der Infrastruktur zu treffen, um rechtzeitig vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen einleiten zu können.

**Die
DB Systemtechnik
Gruppe**



Nehmen Sie Kontakt zu uns auf



Sergej Samjatin
Leiter Vertrieb
International,
Osteuropa, nicht EU
✉ sergej.samjatin@deutschebahn.com

Vertrieb
international



Heinz-Jörg Ehlers
Rest of the world
✉ heinz-joerg.ehlers@deutschebahn.com



Xing Liu
Asien
✉ xing.liu@deutschebahn.com



Robert Lanzl
Nordamerika, UK
✉ robert.lanzl@deutschebahn.com



Alfred Hechenberger
Leiter Vertrieb
DB Konzern
✉ alfred.hechenberger@deutschebahn.com

Vertrieb
DB Konzern



Tobias Meyer
DB Geschäftsfelder
✉ tobias.meyer@deutschebahn.com



Stefan Schroeder
DB Geschäftsfelder
✉ stefan.s.schroeder@deutschebahn.com



Anna Traudt
DB Geschäftsfelder
✉ anna.traudt@deutschebahn.com



Steve Goebel
Leiter Vertrieb
Europa
✉ [steve.goebel@
deutschebahn.com](mailto:steve.goebel@deutschebahn.com)

Vertrieb Europa



Hassan Benaich
EVUs, ÖPNV (CH & A),
Instandhalter
✉ [hassan.benaich@
deutschebahn.com](mailto:hassan.benaich@deutschebahn.com)



Yilmaz Tosun
Südosteuropa (Balkan,
Ungarn, Türkei), Däne-
mark und Finnland
✉ [yilmaz.tosun@
deutschebahn.com](mailto:yilmaz.tosun@deutschebahn.com)



Francisco Trinidad
Spanien, Italien,
Portugal
ÖPNV, Aufgabenträger (DE)
✉ [francisco.trinidad-
navarro@deutschebahn.com](mailto:francisco.trinidad-navarro@deutschebahn.com)



Mirko Dräger
Europa
OEMs
✉ [mirko.draeger@
deutschebahn.com](mailto:mirko.draeger@deutschebahn.com)



Jerome Robin
Frankreich, Benelux,
Nordic
✉ [jerome.robin-extern
@deutschebahn.com](mailto:jerome.robin-extern@deutschebahn.com)



Artur Demski
Polen, Tschechische
Republik, Slowakei,
Baltische Staaten
✉ [artur.demski@
deutschebahn.com](mailto:artur.demski@deutschebahn.com)

Die Leitung der DB Systemtechnik Gruppe



Hans Peter Lang
Vorsitzender der
Geschäftsführung

DB Systemtechnik



Christoph Kirschinger
Geschäftsführer
Vertrieb



Stefan Schneider
Geschäftsführer
Finanzen/Controlling,
Personal

Die Business Lines



Dr. Lars Müller
Business Line
Prüfdienstleistungen



Nils Dube
Business Line
Engineering



**Dr. Burkhard
Schulte-Werning**
Business Line
Instandhaltungstechnik



**Rupert
Lange-Brandenburg**
Business Line
Digitale Produkte und
Services

DB ESG und Railway Approvals



Nick Goodhand
Managing Director



Sergej Samjatin
Director Sales,
Marketing &
Communication

DB ESG



Kevin Dilks
Sales UK
✉ kevin.dilks@
dbesg.com



Yan Tao
Sales Asia
✉ yan.tao@
deutschebahn.com

DB ESG Sales



Dr. Lars Müller
Vorsitzender der
Geschäftsführung



Guido Fiefstück
Geschäftsführer Finanzen,
Controlling, Produktion

railway approvals

Impressum

DB Systemtechnik GmbH

Pionierstraße 10
D-32423 Minden

Weitere Informationen:

Internet: www.db-systemtechnik.de

E-Mail: db-systemtechnik@deutschebahn.com

Kontakt: Alfred Hechenberger

Änderungen vorbehalten
Einzelangaben ohne Gewähr
Stand: September 2022

