

CO₂-neutrales Stopfen von Gleisen und Weichen

Anfang nächsten Jahres erfolgt die Auslieferung der ersten hybriden „USM 09-4x4/4S Dynamic E³“ Universalstopfmaschine von Plasser & Theurer an die DB Bahnbaugruppe.

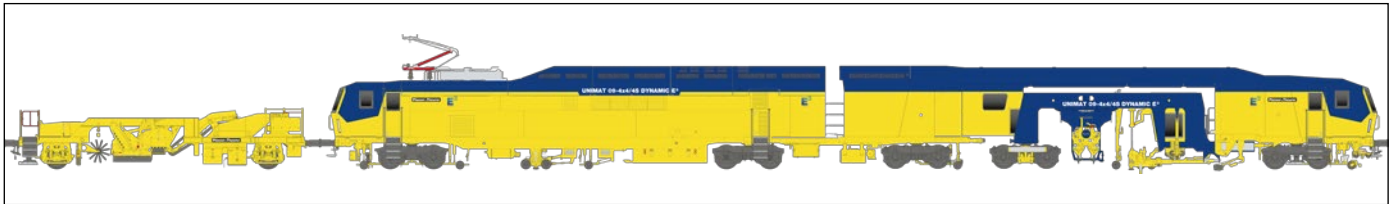


Abb. 1: USM 09-4x4/4S-Dynamic E³ (Gesamtansicht mit Kehranhängern)

Quelle: Plasser & Theurer

JÜRGEN BORCHERT | EIKE SCHRADER

In der heutigen Zeit werden bei der Investition in neue Fahrzeuge Entscheidungen getroffen, die vor allem verbunden sind mit Immissionsvermeidung, Umweltschutz, geringerer Lautstärke und minimalen Investitionskosten. Die Themen Life Cycle Costs und natürlich Kundenzufriedenheit beeinflussen die Entscheidungen immens. Aktuell beschäftigen sich alle Firmen in der Gleisstandhaltung mit hybriden Antriebskonzepten, alternativen Treibstoffen wie z.B. HVO¹ oder Wasserstoff. Der Beitrag erklärt, warum sich die DB Bahnbaugruppe (DB BBG) für die Investition in genau diese Maschine entschieden hat.

Klimaziele

Der Deutschen Bahn AG (DB) ist es gelungen, seit 1990 die CO₂-Emissionen signifikant um rund 70 % zu senken. Die DB BBG treibt im Rahmen der Investitions- und Modernisierungsoffensive „Starke Schiene“ das Thema spürbar für den Baubereich. Die auf der internationalen Fachmesse für Verkehrstechnik InnoTrans 2022 ausgestellte Universalstopfmaschine mit Hybridantrieb ist ein weiterer Meilenstein bei der Umsetzung der Klimaziele der DB. Mit der ersten Stopfmaschine mit alternativem Antrieb möchte die DB BBG ein Zeichen für den gesamten Markt setzen. Nachhaltigkeit und Ökonomie in Einklang zu bringen, ist das Ziel der DB BBG, denn Bahnfahren ist aktiver Klimaschutz. CO₂-neutral bis 2040 durch konsequente Modernisierung, aber auch durch den Einsatz von alternativen Treibstoffen. Die DB kommt beim Abschied vom Diesel schneller voran als geplant: Mit 17 Mio. l des Biokraftstoffs HVO

setzt die DB bereits 2023 die doppelte Menge an Biokraftstoff in ihren Dieselloks ein als ursprünglich einkalkuliert [1]. Davon partizipiert die DB BBG: Die neue USM-E³ wird den Anteil Baustellen auf nicht-elektrifizierten Strecken (ca. 30 %) mit einem Dieselmotor auf HVO-Basis bestreiten. Somit ist dies die erste Stopfmaschine, die vollkommen CO₂-neutral² arbeiten wird. HVO als Kraftstoff wird von der DB BBG in 2023 auf einer Gleisstopfmaschine GSM 09-3X und einer Universalschotterverteiler- und Planiermaschine USP 2002 getestet. Die Maschinen sind ca. 20 Jahre alt und mit Deutz-Motoren (BF8M1015CP, BF6M1015C) ausgestattet. Die Fahrzeugflotte der DB BBG umfasst mehr als 300 Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, wobei 85 % der Motoren als HVO-gesiegt eingestuft wurden. Temporär werden „untaugliche“ Motoren durch Piktogramme gekennzeichnet. Durch Motorentausch wird die Dekarbonisierung der bestehenden Dieselflotte forciert. Wo dies nicht möglich ist, bleiben nur Investitionen in Neufahrzeuge. Ein Beispiel dafür sind die Zweikraftloks „Vectron“, welche die Lok-Flotte der DB BBG ab 2025 verjüngen werden. Mit der Auslieferung der „USM 09-4x4/4S Dynamic E³“ an die DB BBG wird der erste Schritt bei den großen Baumaschinen vollzogen.

Anforderungen der DB Bahnbaugruppe

Vor dem Hintergrund der aktuellen Energiekrise ist eine deutliche Einsparung von Dieselmotoren ein wichtiger Faktor. Nach Einschätzungen des Herstellers ist mit einer CO₂-Verminderung von ca. 27 t pro 100 Stunden im Arbeitsbetrieb auszugehen. Für die Herstellung von einer Kilowattstunde Strom im Bahnstrommix 2020 entstanden ca. 284 g CO₂/kWh. Dem gegenüber stehen für die Herstellung und Bereitstellung von Dieselmotoren sowie die anschließende

Verbrennung zur eigentlichen Erzeugung von einer kWh ca. 755,5 g CO₂ [3].

Personen, die am Tage über einen längeren Zeitraum einem Schallpegel im Mittel von mehr als 65 dB(A) und nachts von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt sind, tragen ein erhöhtes Risiko, eine Herz-Kreislauferkrankung zu entwickeln. Das kann und will die DB BBG als Betreiberin von Gleisbaumaschinen den Anwohnenden in dicht besiedelten Gebieten im innerstädtischen Bereich nicht länger zumuten. Gesetzliche Vorgaben zwingen sowohl Hersteller als auch Betreiber von Gleisbaumaschinen zum Einhalten gesetzter Grenzwerte. Für elektrisch angetriebene Gleisbaumaschinen liegt der Grenzwert gemäß TSI Lärm (TSI Noise) [4] bei 84 dB(A), für dieselbetriebene Maschinen bei 87 dB(A). Somit war ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Beschaffung von neuen Gleisbaumaschinen die Verminderung von Lärm, hinzu kam aber auch eine Reduzierung von Vibrationen.

Zur Nachweisführung einer Lärmreduzierung für die Antriebsvarianten voll-elektrisch und diesel-elektrisch im Gegensatz zu einem diesel-hydraulischen Antrieb diente eine Unimat 09-4x4/4S E³



Abb. 2: Piktogramm „HVO verboten“

Quelle: DB Bahnbaugruppe – ECM II

¹HVO: Hydrotreated Vegetable Oil

²Sobald die Deutsche Bahn den Bahnstrom zu 100 % CO₂-neutral bereitstellen kann. Aktuell 62 % [2]

als Untersuchungsobjekt für die umfangreichen Lärmmessungen. Allein durch die Umstellung auf die Betriebsart voll-elektrisch wurde am Antriebswagen im Mittel eine Lärmreduzierung von 13 dB(A) gegenüber der diesel-hydraulischen Variante ermittelt. Selbst bei der Antriebsart diesel-elektrisch konnte im Mittel noch eine Minderung von 4 dB(A) erzielt werden. Durch die Anwendung einer hochdynamischen Regelung der Drehzahlen des Elektroantriebes der Stopfaggregate und der damit verbundenen verbesserten Einstellungen auf die Anforderungen im Gleisbett wurde die Differenz der Lärmemission zwischen Leerlauf- und Arbeitsdrehzahl um bis zu 20 dB(A) vermindert. Ermöglicht wurde dies durch eine situationsbedingte Anpassung der Drehzahl und der damit verbundenen Frequenzen der Stopfpickel beim Eintauchen in den Schotter. Durch die Kombination eines wahlweisen diesel- oder voll-elektrischen Antriebskonzeptes mit einer variablen Drehzahlsteuerung der Arbeitsaggregate konnten die Vorgaben der TSI Lärm nicht nur eingehalten, sondern sogar deutlich unterschritten werden.

Das Antriebskonzept

Die große Ersparnis im Konzept der E³-Maschine besteht in der Energieverteilung auf elektrischer Basis: Keine langen Hydraulikschläuche und keine mechanischen Antriebsstränge mit vielen Getrieben und Kardanwellen, wodurch sich das Gewicht der Maschine erheblich verringert. Die Hydraulik wird, wenn sinnvoll, so dezentral wie möglich aufgebaut, um die Wege in der Fluidtechnik so kurz wie möglich zu halten. So wird ca. 65 % weniger Hydrauliköl auf der Maschine benötigt. Da die rotatorischen Bewegungen an der Maschine (Stopfaggregat-Vibrationswellen, Vorkopfverdichter, ...) rein elektrisch betrieben werden, kann der Hydrauliktank wesentlich kleiner ausfallen, weil es nur noch wenig

schnell-fließendes Öl gibt und damit keine lange Beruhigungszeit mehr im Tank. Durch weniger Hydraulik sinkt zudem die Gefahr von Ölhavarien im Betrieb, was auch aus ökologischer Sicht sinnvoll ist. Durch die kurzen Wege sind auch die Verluste in den verbleibenden Hydraulikwegen geringer. Der vollelektrische Fahrtrieb erlaubt es, vor allem im Überstellbetrieb, beim Bremsen Energie zurückzuspeisen (Rekuperation). Durch die E-Motoren ist ein vollkommen ruckfreies Anfahren und Anhalten der Maschine sowie des integrierten Satelliten³ gegeben, was den Verschleiß erheblich reduziert. Auch trägt der E-Antrieb dazu bei, dass die Mitarbeitenden weniger körperlichen Belastungen, Vibrationen und Emissionen ausgesetzt sind. Auch wenn bei abgeschalteter Oberleitung, z.B. im Umbau, mit dem Dieselmotor gearbeitet werden muss, ist der HVO-Verbrauch aufgrund der Elektroantriebe der Aggregate und des Fahrtriebs entsprechend geringer.

Die Umstellung des Antriebskonzeptes von einer reinen diesel-hydraulischen auf eine diesel-elektrische bzw. voll-elektrische Variante brachte eine messbare Reduzierung des Schallpegels sowie von störenden Vibrationen durch variable Frequenzen im Arbeitsteil. Das Antriebskonzept der E³ treibt dabei die Maschine entweder diesel-elektrisch oder voll-elektrisch an. Die dafür erforderliche Energie wird über einen Dieselmotor oder die Fahrleitung zur Verfügung gestellt. Alle drehenden Bewegungen, sowohl für das Fahren als auch Arbeiten, sind bei diesem Konzept elektrisch ausgeführt, welches für den Fahrtrieb einen Wirkungsgrad von mehr als 90 % mit sich bringt.

³Satellit: Längsverschiebbarer, separat angetriebener und integrierter Fahrzeugrahmen zur Aufnahme der Stopfaggregate, welcher die kontinuierliche Arbeitsfahrt der Stopfmaschine ermöglicht.

Elektrisches Stopfen

Die Technologie der Stopfaggregate bei Plasser&Theurer (P&T) hat sich über die Jahre stark gewandelt, wobei aber das Grundprinzip beibehalten wurde (z.B. Vibrationswelle, 35 Hz Stopffrequenz). Sicher können die ältesten Maschinen auch heute noch die geforderte Lagequalität erreichen, doch in Bezug auf die verwendeten Stopfaggregate sind die Ansprüche der DB BBG heute weit höher. Erwartet werden geringe Life Cycle Costs (LCC) in Verbindung mit weniger Lärm und Energieverbrauch sowie eine maximale Stopfleistung der Maschine (m/h). Bessere Ergonomie und der Schutz der Maschinenbedienenden vor Emissionen aller Art sind oberstes Gebot. Durch den integrierten Satelliten³ mit elektrischem Aggregateantrieb wird der Schutz der Mitarbeitenden vor Erschütterungen, Lärm und Vibration enorm verbessert. Die „E³“ kann mit 20 dB(A) weniger Lärmemission punkten und dies ohne Leistungsverlust. Elektrisches Stopfen im Tunnel erfüllt alle Anforderungen der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 554) bzw. der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Die integrierte Staubniedernebelungsanlage sorgt dafür, dass die Emissionen durch Quarzstaub stark reduziert werden.

Die neue „E³“ ist mit vier Universal-Stopfaggregaten mit elektrischen Vibrationswellenantrieben ausgestattet (Split-Head 4x4). Durch die paarweise Anordnung der Stopfpickel für das Streckenstopfen und die vier unabhängig voneinander absenkbaren Stopfaggregathälften, wobei jeweils vier einzeln schwenkbare Stopfpickel verbaut sind, kann jede Bauform von Weichen, Kreuzungen oder Schienenauszügen in hoher Geschwindigkeit gestopft werden. Mittels drehbarer Teleskopsäulen kann der Aggregaterahmen um 7° gedreht werden. So können schrägliegende Schwellen in der Weiche einwandfrei unterstopft werden.

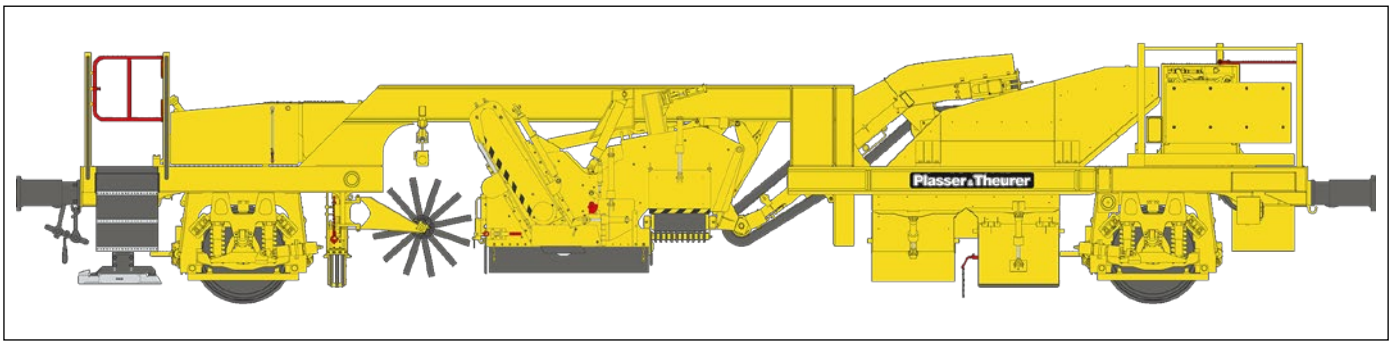


Abb. 3: Kehranhänger

Quelle: Plasser & Theurer

Durch die Möglichkeit, jeden einzelnen Pickel zu schwenken, wird es real, jeden Bereich der Weiche zu verdichten – auch Radlenker, Flügelschienen und Herzstücke.

Auch ein „Rückhandstopfen“ z.B. zum Anstopfen der Bockschwellen⁴, also das Verdichten mit der Rückseite des Stopfpickels, ist möglich.

Doch nun zu den heutigen Ansprüchen: Durch den elektrischen Vibrationswellenantrieb sind extrem kurze Reaktionszeiten realisiert. Die Vibrationswelle kann, mit 45 Hz angetrieben, äußerst leicht ins harte Schotterbett eindringen, während die bewährten 35 Hz für eine optimale Unterstopfung im Bereich unter der Schwelle sorgen. Diese „Frequenzmodulation“ wurde bereits in einigen USM 09-32/4S und einer GSM 09-3X nachgerüstet, was Lärmreduktion und längere Standzeiten (somit geringere LCC) auch bei alten Maschinen ermöglicht.

P&T bietet analog zum 4x4-Aggregat auch eine 8x4-Variante an. Die DB BBG hat sich aber für die „kompaktere“ Ausführung entschieden als optimaler Kompromiss zwischen LCC und Kundenanforderung; außerdem hat die DB BBG bereits sechs USM 09-32/4S im Portfolio. Die Geschwindigkeit beim Stopfen ist mit ≥ 700 m/h bei „2. Stabi“ und ≥ 600 m/h bei Durcharbeitung im Lastenheft der „E³“ festgeschrieben.

Der separate Kehranhänger

Grundsätzlich ist diese Anordnung der Kehranlage und des Silos am Ende einer Stopfmaschine bei „reinrassigen“ Weichenstopfmaschinen schon seit Jahren im Einsatz. Bei der neuen Unitat 09-4x4/4S Dynamic E³ wurde wieder eine ähnliche Variante gewählt, jedoch mit dem Unterschied, dass der Kehranhänger (Abb. 2) als separates Fahrzeug vorgesehen ist, welches mittels Puffer und Zughaken mit der Hauptmaschine verbunden werden kann. Der Hänger ist ausgestattet mit einem 3 m³ fassenden Schotterkübel und einer Kehreinrichtung. Mit der Integration der Schotterbewirtschaftung in die Stopfmaschine wurde das Ziel erreicht, das gesamte Fahrzeug emissionsfrei zu betreiben. Der direkte Antrieb der Kehranlage erfolgt nach wie vor hy-

draulisch, aber über eine dezentrale elektrisch angetriebene Hydraulik. Auch am Kehranhänger sorgt eine Staubbiedernebelungsanlage für die Einhaltung der GefStoffV.

Warum ein DGS in einer USM bestellt wurde

Die DB BBG betreibt aktuell einen Solo-DGS und fünf Stopfmaschinen mit integriertem dynamischem Gleisstabilisator (DGS). Auch wenn aktuell sicher nicht genug Maschinen mit DGS für alle Umbauten in Deutschland zur Verfügung stehen, so ist doch seit langem klar, dass ein DGS enorme Vorteile bringt (siehe auch El 03/2021). Er erlaubt es, die „6-Wochen-Stopfgänge“ zu vermeiden, indem so wie im Regelwerk DB Ril 824.2200A01 noch als Sollvorschrift formuliert, konsequent mit DGS bei Umbau und Neubau gearbeitet wird, was ökologisch und wirtschaftlich sehr sinnvoll ist (siehe Infokasten). Die DB BBG hat mit der Integration eines DGS in die neue USM 09-4x4/4S-Dynamic darauf reagiert.

Letzte Vorbereitungen bis zur Auslieferung

Nach dem Ende der InnoTrans im September 2022 wurde die ausgestellte E³ wieder zu P&T in Linz für Test- und Probefahrten überführt. Diese stehen im Zusammenhang mit der Erlangung der behördlichen Zulassung.

Schulungen

Vertraglich wurde vereinbart, die Bedienenden, Führungskräfte und Instandhaltenden intensiv zu schulen.

In diesem Jahr werden acht Instandhaltende ca. 15 Tage geschult. Außerdem werden die Bedienenden etwa zwei Wochen vom Hersteller für ihre Aufgaben eingewiesen. Der Fokus liegt in der Bedienung der Maschine, Fehlersuche und dem Wechsel zwischen rein elektrischer Antriebsart und der diesel-elektrischen Betriebsart, weil dabei diverse Prozesse durchlaufen werden müssen. Übungsfahrten unter realen Bedingungen runden das Bild ab. Das Fahren und Arbeiten unter eingeschalteter Oberleitung erfordert Kenntnisse über zusätzliche Signale für den elektrischen Betrieb. Um einen sicheren Zugbetrieb zu gewährleisten, werden die Bedienpersonalen nach DB Ril 046.1480 im Modul „Technische Grundlagen der E-Triebfahrzeuge“ geschult.

Werkstatteinrichtung/-infrastruktur

Ein wesentlicher Punkt im Beschaffungsprozess war die Forderung der DB BBG, dass für die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen keine zusätzliche Werkstattausrüstung beschafft werden muss. Ein Vorhalten bzw. Neubeschaffen von Sonderwerkzeugen wurde ausgeschlossen, alle Instandhaltungsmaßnahmen sollen mit den bereits vorhandenen Werkzeugen durchführbar sein. Diese Forderungen wurden seitens P&T zugesichert und umgesetzt.

Resümee

Eine Stopfmaschine mit einem Stromabnehmer auf dem Dach ist ein Novum auf den Gleisen. Aus Sicht der DB BBG ist ein E-Antrieb die sicherste Variante, klimaneutral zu stopfen, allerdings ergänzt durch einen alternativen Antrieb, der die restlichen 35 % nicht-elektrifizierter Gleise



Zitat aus dem Regelwerk 824.2200A01:

(3) Eine dynamische Stabilisierung soll bei einem Neu- bzw. Umbau bei jedem Stopfgang durchgeführt werden. Gleislageauswertungen zum Setzungsverhalten haben gezeigt, dass eine dynamische Stabilisierung bei allen Stopfgängen ein besseres Arbeitsergebnis liefert als bei nur einmaligem Einsatz (nach der 1. Stabilisierung). Die dynamische Stabilisierung ist in der DS 820 03 15 geregelt. Die Wirksamkeit eines integrierten DGS (Dynamische Gleisstabilisators) entspricht dem eines einzelfahrbaren DGS. Bei der nächsten Aktualisierung dieser Ril ist ein verbindlicher Einsatz des DGS bei jedem Stopfgang im Rahmen eines Neu- bzw. Umbaus vorgesehen.

⁴Es handelt sich hierbei um Antriebs- bzw. Verschlusschwellen, die aufgrund des mechanischen Weichenantriebes nicht maschinell gestopft werden können.

abdeckt. Diese Lücke wurde mit einem Motor gefüllt, der Stage V Emissionsgrenzwerte der EU erfüllt und analog der Invest-Strategie bei Lokomotiven mit HVO betrieben wird.

Die USM 09-4x4/4S-E³ erfüllt alle Vorgaben der DB Ril 824.2200 bzw. 824.0550. Ausgestattet mit DRP-Schreiber (EI 08/2014 S. 22) und Compact-ALC zum Einlesen von Gleisgeometriedifferenzen verschiedenster Vormesssysteme, werden alle erforderlichen Nachweise erbracht. Somit ist die Maschine universell auf allen deutschen Gleisen und Weichen einsetzbar. Auch für ETCS ist die Maschine vorbereitet.

Der alternative Antrieb ist aus der Sicht der DB BBG das allgemein größte Problem für die Maschinenbetreiber: Welche Technologie ist die richtige? Die Maschinen sollen mindestens 24 Jahre betrieben werden, und niemand weiß genau, wo die Entwicklungen hingehen. Ob Wasserstoff, Brennstoffzellen oder E-Fuels – die

Maschinen sollen über die Jahre wirtschaftlichen Erfolg sichern und allen Regularien entsprechen. Es ist zwingend notwendig, dass Bund und Auftraggeber sich gemeinsam mit der Bauindustrie an den Kosten für Innovation und Ökologie beteiligen. Diese Herausforderungen sind nur gemeinsam zu bewältigen und umzusetzen. Um bis 2040 die DB CO₂-neutral aufzustellen ist es erforderlich, alternative Kraftstoffe wie HVO einzusetzen. Der THG-Quotenhandel⁵ könnte den Preis von HVO unter den Preis von Diesel drücken. Noch hilfreicher wäre eine Steuerbefreiung für HVO seitens der Bundesregierung.

Die DB BBG hat bereits umfassend in Technologien investiert, um die Klimaziele zu erreichen und wird dies konsequent fortsetzen. Die Exposition von Mitarbeitenden gegenüber gasförmigen Ge-

⁵THG: Treibhausgasminderungsquote

fahrstoffen (insbesondere CO, NO, CO₂, NO₂) und partikelförmigen Gefahrstoffen (insbesondere A- und E-Stäube) und somit auch die Belastung der Anwohner, Reisenden und der Natur müssen maximal begrenzt werden. Eine höhere Bewertung des Emissionsthemas bei den Ausschreibungen und Schichtpreisen könnte ein Weg sein, mehr Anreize für ökologische Innovationen und Investition zu setzen. Das würde den gesamten Markt zwingen, Emissionen zu vermeiden bzw. zumindest deutlich zu reduzieren. ■

QUELLEN

[1] https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/DB-macht-beim-Abschied-vom-Diesel-maechtig-Tempo-10004228#;Zugriff:03.01.2023,11:00

[2] <https://nachhaltigkeit.deutschebahn.com/de;Zugriff:20.01.20238:00>

[3] Brunner, M.: „E³-Technologie für DB“, 20.09.2022

[4] https://www.era.europa.eu/domains/technical-specifications-interoperability/noise-tsi_en;Zugriff:20.01.20238:00



Jürgen Borchert

Instandhaltungsentwickler (ECM II)
juergen.borchert@bahnbaugruppe.com



Dipl.-Ing. (FH) Eike Schrader

Bauartbetreuung/
Instandhaltungsentwicklung (ECM II)
eike.schrader@bahnbaugruppe.com

Beide Autoren:

DB Bahnbau Gruppe, Königsborn

RADSATZ UND DREHGESTELL SERVICE

Zertifizierte Qualität beim Rad-Schiene-Kontakt

SERVICES

IHR MEHRWERT

- ➔ Vollständiger Aufarbeitungsprozess für Lauf/Triebradsätze und Drehgestelle
- ➔ One-Stop-Shop: Übernahme der gesamten Teile- und Zulieferlogistik
- ➔ Kurze Prozesszeiten durch Flexibilität bei Ressourcen und hohe Ersatzteilverfügbarkeit

MULTIBRAND
Service für alle
Marken!

www.pr-services.com

pr-services.com/linkedin