Das FF-System IVES kombiniert die Vorteile gängiger FF-Systeme

Das Feste Fahrbahn (FF)-IVES-System vereint seit mehr als zehn Jahren die Aspekte Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Kundenorientierung.

Abb. 1: Fertiggestelltes IVES-Gleis in Österreich

NORMAN KRUMNOW | GEORG GABLER | SEBASTIAN ROTH | NICOLE WIETHOFF | THOMAS DÜLSNER

Die Deutsche Bahn AG (DB) hat ein elementares Anliegen: mehr Verkehr auf die Schiene zu bringen – für das Klima, für die Menschen, für die Wirtschaft und für Europa. Deshalb investiert die DB so viel wie noch nie und erhöht das Tempo für die Sanierung und den Ausbau des Schienennetzes. Gemeinsam mit Industrieunternehmen wie der Rhomberg Sersa Rail Group (RSRG) oder der Vossloh Fastening Systems GmbH (Vossloh) setzt die DB Netz AG bei Infrastrukturprojekten neueste Techniken und Innovationen ein, um nachhaltig, umweltschonend und kundenorientiert zu bauen. Ein innovativer Beitrag ist die Entwicklung des Feste-Fahrbahn (FF) -Systems Bauart IVES (Intelligent, Vielseitig, Effizient und Solide) sowie dessen Anwendung im weltweiten Eisenbahnnetz (Abb. 1).

Herausforderung und Entscheidung für den Bau einer Festen Fahrbahn

Komfort, kurze Fahrzeiten, Zuverlässigkeit und ein nachhaltiger Einsatz der zur Verfügung stehenden Ressourcen sind im Personen- und Güterverkehr für die Kundenzufriedenheit sehr wichtig. Aufgrund dessen müssen Fahrgeschwindigkeiten erhöht und angepasst werden. Weiterhin nimmt die Anzahl der Züge auf dem deutschen Schienennetz jährlich zu, sodass die Schienenfahrwege einer erhöhten dynamischen Beanspruchung ausgesetzt werden. Dadurch wird der Schotteroberbau (SchO) so weit belastet, dass sich die erhöhte Inanspruchnahme des Gleises negativ auf die Gleisgeometrie auswirken kann. Die Herausforderungen der somit steigenden Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten und der entsprechenden Betriebsbehinderungen sowie die damit verbundenen Fahrkomforteinbußen durch Gleislagefehler entstehen bei dem konventionellen SchO vor allem bei Fahrgeschwindigkeiten oberhalb von 200 km/h.

Um den vorher genannten steigenden Anforderungen gerecht zu werden, wurden ab ca. 1970 bis in die heutige Zeit die verschiedensten FF-Systeme entwickelt und bei der DB und / oder im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) eingebaut. Diese FF-Systeme zeichnen sich durch den Einsatz von gebundenen Tragschichten anstelle der Schotterbettung aus. Durch den steiferen Aufbau der einzelnen Tragschichten bei der FF können die höheren Beanspruchungen aus der betrieblichen Nutzung an den Gleisoberbau deutlich effizienter aufgenommen und abgetragen werden. Die Gleislage und damit die Streckenverfügbarkeit für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) bleibt dauerhaft stabil, ohne einen Ausfall oder eine Verringerung der Nutzbarkeit für das EIU befürchten zu müssen. Aus der Verwendung der gebundenen Tragschichten folgt jedoch ein größerer Aufwand (Personal, Geräte und Materialien) beim Herstellungsprozess und eine größere erforderliche Genauigkeit der zu errichtenden Bauwerke, was sich nachteilig

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz, Rhomberg Sersa Deutschland, Vossloh Fastening Systems / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

in Form höherer Herstellungskosten der FF auswirkt. In Deutschland wurden verschiedene FF-Systeme entwickelt und sukzessive im Streckennetz der DB verbaut und getestet. Auf Grundlage der unterschiedlichsten technischen Oberbauentwicklungen haben sich die kompakten FF-Systeme (einbetonierten Schwellen) und die aufgelagerten FF-Systeme (aufgelegte Platten oder Schwellen auf Asphalt) bei der DB bewährt.

Entwicklung und Wirkungsprinzip des FF-Systems IVES

Das FF-System IVES wurde von der RSRG im Jahr 2010 entwickelt. Die Entwicklung hatte den Grundgedanken, die Vorteile der bereits bestehenden aufgelagerten Systeme zu nutzen, welche hinsichtlich ihrer Errichtung auf dem „Bottom-Up"-Prinzip basieren (u. a. höhere Einbaugeschwindigkeit), und diese mit der höheren Einbaugenauigkeit der „Top-Down" errichteten Systeme zu kombinieren. Hierbei galt es, ein größtmögliches Maß an Flexibilität beim Einbauprozess und für den zukünftigen Anwendungsbereich zu ermöglichen. Um diese Flexibilität zu erreichen, wurde bei der Entwicklung das Hauptaugenmerk auf die Herstellungsgeschwindigkeit und damit auf die Realisierung der FF IVES als aufgelagertes System mit Asphalttragschicht (ATS) gelegt. Das Verlegen der Quertragelemente mit herkömmlichen Zweiwegebaggern auch in beengten Bereichen ist in kürzester Zeit möglich. Die ATS bietet somit gegenüber den Betontragschichten eine deutliche Zeitersparnis im gesamten Projektablauf. Darüber hinaus kann die ATS mit herkömmlichen Straßenbaugeräten und mit einem hohen Automatisierungsgrad hergestellt werden.

Das Unternehmen Vossloh wurde frühzeitig als Entwicklungspartner mit eingebunden, um eine speziell für das FF-System konstruierte Schienenbefestigung zu erarbeiten. Dieses hochelastische System DFF (Direct Fixation Fastener) 304 RS basiert auf der 300er Serie und wird nach dem Ausrichten der Schienen auf dem Quertragelement mit einem hochfesten Zementmörtel vergossen. Dieser Arbeitsschritt gehört ursprünglich zur Top-Down Arbeitsrichtung und bietet eine sehr hohe Genauigkeit in der Justierung der Gleislage, hier aber in Kombination mit einer kurzen Herstellungszeit. Die Symbiose von Vorteilen der Herstellungsverfahren Bottom-Up und Top-Down liefert ein hohes Maß an Genauigkeit und Geschwindigkeit beim Einbau. Aus wirtschaftlicher Sicht ist das FF-System deshalb attraktiv für den Einsatz auf Neu-, Bestands- und HGV-Strecken.

Die Lastabtragung auf die ATS erfolgt in gewohnter Weise von der Schiene über das Quertragelement, welches durch die breite Auflagefläche eine geringe Flächenpressung bewirkt. Die ATS verteilt die Lasten fortlaufend auf das Planum und in den Bahnkörper.

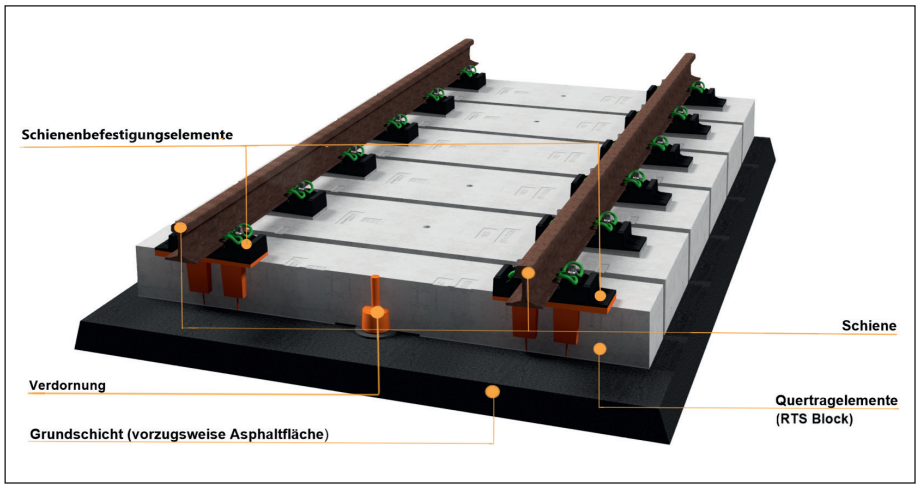

Abb. 2: Aufbau der FF Bauart IVES mit dem Schienenstützpunkt DFF 304

Sollte es zu Lagekorrekturen kommen, hat das bei diesem System verwendete o. g. Schienenbefestigungssystem DFF 304 RS die Möglichkeit, Korrekturen von -4 mm bis +26 mm mittels spezieller Zwischenplatten vorzunehmen. Größere Lageänderungen, sofern sie denn vorkommen sollten, können anders als bei kompakten FF-Systemen durch kleinere und kostengünstige Baumaßnahmen erfolgen, da die Quertragelemente aufgelagert und nicht einbetoniert sind.

Ein weiterer positiver Aspekt des FF-Systems ist es, im Falle einer Havarie nach kurzen Instandsetzungszeiten den Eisenbahnbetrieb wieder aufnehmen zu können, da sich die einzelnen Oberbaukomponenten, vergleichbar einem „Baukasten", zusammensetzen. Ähnlich dem klassischen SchO können die Quertragelemente bevorratet und bei Bedarf schnell ersetzt werden. Die ATS und das Planum sind wie der SchO schnell austauschbar. Das Ausrichten der Stützpunkte und das „Wieder-in-Betriebnehmen" erfolgt innerhalb von 48 Stunden und somit deutlich zeitsparender im Vergleich zu anderen FF-Systemen.

Konstruktionsmerkmale

Konzeptionell und konstruktiv ist die FF zu unterscheiden nach der Art des Unterbaus und der konstruktiven Durchbildung. Die erforderlichen Bemessungen für die FF erfolgen nach den geltenden Deutsche Industrie Normen (DIN) und Richtlinien der DB (Ril), z. B. nach DIN EN 16432-2 und Ril 820.2020. Bei der FF Bauart IVES werden die erwähnten Quertragelemente im Abstand von 65 cm auf einer höhengenau hergestellten mehrlagigen Asphalttragschicht verlegt. Im Anschluss werden die Schienen zusammen mit den daran angehängten Einzelstützpunkten in Aussparungen der Quertragelemente höhen- und lagegenau eingerichtet. Anschließend werden die Schienenstützpunkte, unter Nutzung der Vergussöffnungen in ihrer Unterlagsplatte, mit einem hochfesten Spezialvergussmörtel untergossen. Dadurch wird die oben bereits erwähnte „Top-down"-Genauigkeit erreicht. Die Quertragelemente sind wie die herkömmlichen Gleisschwellen im SchO längs vorgespannt (Abb. 2).

Zur Sicherung der Gleislagestabilität gegen Verschiebung in Längs- und Querrichtung werden in die ATS in Gleisachse Öffnungen eingefräst und Stahldorne in Form von Stahlrohren eingeschlagen. Nach Auflegen der Quertragelemente ragen sie in mittige Öffnungen der Quertragelemente hinein, welche diese Rohre mit Übermaß umfassen. Die Öffnungen in den Quertragelementen werden von oben vergossen, wodurch die ATS formschlüssig mit den Quertragelementen verbunden wird. Am Anfang und Ende der FF wird auf einer Länge von 50 m jedes Quertragelement mit der ATS verdornt. Alle weiteren Verdornungen erfolgen gemäß Zulassung des Eisenbahn-Bundesamts (EBA) in Abhängigkeit von der Örtlichkeit und der zulässigen Geschwindigkeit.

Im Auflagerbereich der Quertragelemente ist zum Ausgleich von Unebenheiten der Asphalttragschicht ein Kunstfaservlies aus Polypropylenfasern aufgelegt.

Testphase und internationale Referenzen

Die erste FF der neuen Bauart wurde zusammen mit dem hochelastischen Schienenbefestigungssystem DFF 304 RS für Vollbahn-Anwendungen vor etwa zehn Jahren testweise in einem Industriegleis in Dornbirn (Österreich) verbaut. Parallel zum Zulassungsprozess der Bauart beim EBA war der Einsatz des Systems im Asfordby Tunnel im Jahr 2013 in Großbritannien (GB) als Grundlage für die Zulassung bei NetworkRail (NR) der nächste Meilenstein. Dabei wurde in dem zweigleisigen Tunnel auf einem ca. 250 m langen Gleisabschnitt der alte SchO durch das neue System ersetzt.

Die Bauart ist nicht nur in Hinblick auf die Streckenart flexibel anwendbar, sondern auch in der Bauausführung sehr vielseitig. So kam das System in GB bei NR mit Quer-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz, Rhomberg Sersa Deutschland, Vossloh Fastening Systems / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Abb. 3: Fertiggestelltes IVES-Gleis bei der Network Rail in Manchester

Abb. 4: Fertiggestelltes FF-System IVES im Zierenbergtunnel

tragelementen ohne vorgespannte Bewehrung sowie in einer Metrostrecke mit Betonlängsträgern (Abb. 3) zum Einsatz.
Aufgrund der schnellen und stabilen Bauweise mit Fertigelementen auf einer Tragschicht kann das FF-System direkt nach dem Verlegen der Betonelemente belastet werden. Das bietet speziell bei Tunnelprojekten bzw. Projekten mit begrenztem Bauraum Vorteile bei der Baulogistik. Als passendes Beispiel kann die Sanierung des eingleisigen und 100 Jahre alten Bruggwaldtunnels in der Schweiz herangezogen werden, welcher mit der FF IVES ausgerüstet wurde.
Durch den Top-Down-Einbau mit dem anschließenden Verguss der Unterlagsplatte können extreme Überhöhungen stabil ausgeführt werden. Bei der DB wurde die Bauart das erste Mal im Zierenbergtunnel (Abb. 4) auf der Bahnstrecke Kassel – Korbach eingesetzt. Der 918 m lange, eingleisige Tunnel wurde im Oktober 2018 eröffnet. Auch hier wurde das FF-System als Kombination aus ATS und Quertragelementen ausgeführt.
Das FF-System ist ebenfalls im Bereich der Schmalspurbahn im schweizerischen Bergünersteintunnel im Jahr 2021 erfolgreich in Betrieb genommen worden.
Neben Einsätzen auf Metro- und Vollbahnstrecken ist das FF-System seit mehreren Jahren auch unter Schwerlastbedingungen bis 35 t Achslast erprobt. Im australischen Branxton wurde ein Brückenwaagen-System mit IVES und dem Schienenbefestigungssystem DFF 304 Heavy Haul ausgestattet. Das bestehende Waagensystem sollte aufgerüstet werden, um eine Hochgeschwindigkeitswaage einzubauen, die in der Lage ist, Daten von Zügen zu erfassen, die diese mit 80 km/h befahren. Da für diese Anwendung ein Schottergleis aufgrund des zu erwartenden Setzungsverhaltens ungeeignet ist, wurden die Übergangsbereiche mit dem Versatile Transition System (V-TRAS) (vgl. EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 05/21) ausgeführt. Dieses System besitzt eine leiterartige Struktur, die innerhalb des Schotters auf einem Widerlager am Ende des FF-Systems sitzt. Es bietet einen fließenden Übergang vom schwimmend gelagerten Schottergleis zur FF.

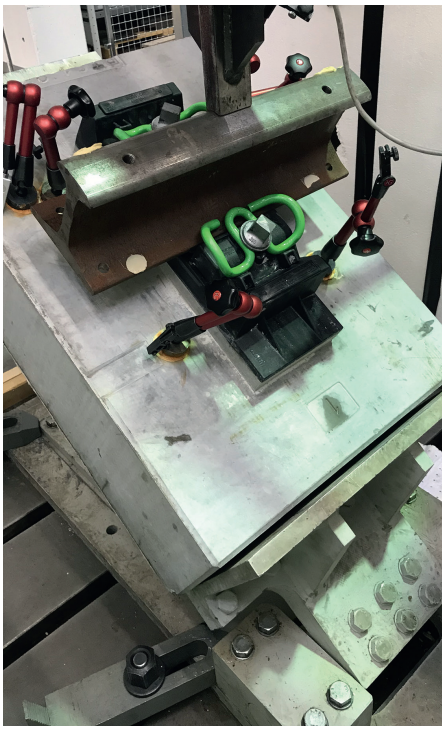

Abb. 5a, 5b: Eingespanntes FF-System IVES bei den Prüfungen an der TU Dresden

Weitere Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit

Das FF-System durchlief erfolgreich die Untersuchungen für eine Zulassung für den Einsatz im HGV-Streckennetz der DB. Auf deren Grundlage erhielt das FF-System am 1. September 2015 vom EBA die Zulassung zur Betriebserprobung. Um die vorliegenden Prüfungen und Zulassungen zu untermauern, entschied sich die RSRG, eine erweiterte Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit des FF-Systems in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität (TU) Dresden und der DB durchzuführen (Abb. 5a, 5b). Das Ziel der zusätzlichen Untersuchungen bestand darin, von einem unabhängigen, anerkannten und vom EBA zugelassenen Institut eine Überprüfung des FF-Systems nach Kategorie D der DIN EN 13481-5 vorzunehmen. Die genehmigungsrelevanten Schritte und Auswertungen bei der zusätzlichen Untersuchung erfolgten unter Beteiligung der DB, die einschlägigen DIN, Ril und anerkannten Regeln der Technik wurden eingehalten. Allerdings wurden die Lastspiele der vorzunehmenden Versuche, abweichend von der Norm für Schienenbefestigungssysteme, auf 6 Mio. Lastwechsel verdoppelt. Gleichzeitig erfolgten Frost-Tau-Wechsel von –20 °C bis +50 °C in drei nacheinander folgenden Zyklen. Nach Abschluss der Prüfungen gab es keinerlei Beanstandungen an dem Untergussmaterial.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz, Rhomberg Sersa Deutschland, Vossloh Fastening Systems / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Im Zuge der Gespräche mit den entsprechenden Fachingenieuren bei der Vorbereitung der Versuche wurde den Verantwortlichen der RSRG klar, dass aufgrund der steigenden Beanspruchung infolge der stattfindenden Klimaveränderung weitere Untersuchungen im Sinne des Nachweises der Betriebsfestigkeit und damit der Ermittlung der Lebenserwartung ratsam sind, da zukünftig verstärkt die erforderlichen Instandhaltungskosten und nicht nur die anfallenden Herstellkosten für das betreffende Bauwerk maßgebend sein werden. Vielmehr wird die Betrachtung der Lebenszykluskosten eines Bauwerks immer mehr in den Fokus der Betrachtung rücken, um eine höchstmögliche Nachhaltigkeit der Bauwerke zu generieren. Dementsprechend entschieden sich RSRG und Vossloh, die TU Dresden für vertiefende Untersuchungen der Betriebsfestigkeit (unter Berücksichtigung der Wöhlerlinie) des FF-Systems einzubinden, welche eine Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) über den gesamten Lebenszyklus ermöglichen. Die Versuchsplanung sieht 27 Untersuchungen zur Erzeugung der Wöhlerlinie in drei Versuchsreihen mit drei gestaffelten Lastgrößen und jeweils drei Prüfkörpern (PK) vor, 18 davon sind bereits durchgeführt (Stand August 2021). Die Staffelung der Kräfte, die für den Dauerschwingversuch in den PK eingebracht werden, ist – entgegen der Euronorm EN 13481-5 mit max. 60 kN – bewusst überhöht worden und auf 75, 90 und 105 kN festgesetzt, um so ein Versagen des Systems zu erzeugen. Die Versuchsreihen sind so aufeinander aufgebaut, dass die ersten neun PK unter „Laborbedingungen" geprüft werden. In der zweiten Versuchsreihe werden neun PK zunächst einem Frost-Tau-Wechselzyklus ausgesetzt. Im Anschluss erfolgt eine Prüfung mit den vorher genannten Belastungen gemäß erster Versuchsreihe. Die dritte Versuchsreihe umfasst die letzten neun PK, welche vor den eigentlichen Belastungstests einer mechanischen Ermüdung und einem anschließenden Frost-Tau-Wechselzyklus ausgesetzt werden. Das Ziel dieser wissenschaftlichen Untersuchung ist es, die mögliche Lebensdauer für das FF-System unter Berücksichtigung von klimatischen Einflüssen, mechanischen Ermüdungen und dynamischen Belastungen, wie diese im Streckennetz der Eisenbahn vorkommen, erstmalig für ein FF-System zu ermitteln. Die Ergebnisse der Untersuchungsreihen bieten für den zukünftigen Aus- und Neubau der schienengebundenen Verkehrswege eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die EIU.

Resümee und Ausblick

Das FF-System hat das Potenzial, sich für sämtliche Streckenkategorien zu bewähren. Aus den vergangenen zehn Jahren liegen weltweit Referenzen vor, welche die gleichermaßen einfache und präzise Herstellung sowie qualitativ hochwertige und dauerhafte Ausführung der FF-Bauform bestätigen. Mit Blick auf die Einführung des Deutschlandtaktes für das Jahr 2030 und die ehrgeizigen europäischen Ziele für den Aus- und Neubau der schienengebundenen Infrastruktur, bieten RSRG und Vossloh mit dem FF-System IVES eine nachhaltige, zuverlässige Alternative für kommende Infrastrukturprojekte. ■

Sebastian Roth, M.Sc.
Zentraler Fachdienst Gleistechnik
DB Netz AG, Frankfurt am Main
sebastian.roth@deutschebahn.com

Dipl. Ing. (FH) Norman Krumnow
Prokurist, Leiter Innovation
Rhomberg Sersa Deutschland GmbH, Berlin
norman.krumnow@rsrg.com

Nicole Wiethoff
Vice President System Technology
Vossloh Fastening Systems GmbH, Werdohl
nicole.wiethoff@vossloh.com

Dipl. Ing. Georg Gabler
CEO
Rhomberg Sersa Deutschland GmbH, Berlin
georg.gabler@rsrg.com

Dipl. Ing. Thomas Dülsner
Entwicklungsingenieur
Rhomberg Sersa Deutschland GmbH, Dresden
thomas.duelsner@rsrg.com

// BIM FÜR LEIT- UND SICHERUNGSTECHNIK

ProVI
Verkehr und Infrastruktur planen

Mit Sicherheit gut planen

ProVI LST – durchgängig BIM planen im Trassierungskontext

www.provi-cad.de

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz, Rhomberg Sersa Deutschland, Vossloh Fastening Systems / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH