



Quelle: <https://www.zevrail.de/artikel/umruestung-von-bestandsfahrzeugen-zu-hochtechnologischen-messfahrzeugen>

2023 (Jahrgang 147) / Ausgabe 05 / Sprache: Deutsch

Umrüstung von Bestandsfahrzeugen zu hochtechnologischen Messfahrzeugen

Autoren: Dipl.-Ing. Alexander Brennsteiner, Christian Obexer, David Buchbauer

Zusammenfassung

Bereits seit ihren Anfängen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt sich die Messtechnik im Bereich der Inspektion von Bahninfrastruktur und der Bestandsaufnahme von Streckenabschnitten stetig mit großer Dynamik weiter. Dies führt oftmals dazu, dass die Lebensdauer der Trägerfahrzeuge die begrenzte Einsatzdauer der darauf verbauten Messsysteme um ein Vielfaches übersteigt. In diesen Fällen ergibt sich die Möglichkeit, Bestandsfahrzeuge grundlegend zu modernisieren, um den Anforderungen einer modernen Messdatenerfassung gerecht zu werden.

Plasser & Theurer verfügt über das Know-how, Bestandsfahrzeuge – unter bestmöglicher Ausnutzung bestehender Zulassungen – zu hochtechnologischen Messfahrzeugen umzurüsten. Eindrucksvoll umgesetzt wird dies am Beispiel der Modernisierung eines Fahrzeugs aus der Baureihe EM-SAT. Der daraus entstandene EM120VT zeigt einen Auszug aus dem Spektrum der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, die durch eine Umrüstung entstehen.

1 Entwicklung der Messtechnik im Laufe der Zeit

Bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde erkannt, dass die Vermessung der Gleislage durch Messfahrzeuge – und damit unter Last – notwendig ist, um die Sicherheit des Bahntransportes zu garantieren. Erste Messfahrzeuge gab es in den 1890er Jahren. Damals basierten die Systeme noch auf beweglichen Achsen, deren Bewegung über einen Drahtzug an das Aufzeichnungsgerät geleitet wurde. In den 1970er Jahren ersetzte Plasser & Theurer mit dem ersten elektronischen Gleismesswagen der Serie EM den Drahtzug durch induktive Wegsensoren und somit konnten die Daten auf Magnetbändern archiviert werden. In den 1990er Jahren wurden auf Inertialmessung basierende berührungslose Messsysteme eingeführt, die das Messen sämtlicher Gleisgeometrieparameter mit Geschwindigkeiten von bis zu 300

km/h ermöglichen. Darüber hinaus waren nun auch Videoinspektionssysteme und auf Lichtschnittverfahren basierende Messsysteme zum Messen des Schienenprofils verfügbar. Dank moderner Technik sind heute Messsysteme zur ganzheitlichen Bewertung der Qualität und Sicherheit des Gleiskörpers sowie des Gleisumfeldes und der Oberleitung im Einsatz. Unterstützt werden diese durch leistungsfähige Algorithmen, die teilweise auf Basis von künstlicher Intelligenz Messdaten automatisch auswerten und klassifizieren.

Eine Entwicklung der absoluten Gleisgeometriemessung zeigt Bild 1. Beachtlich ist hier neben der um ein Vielfaches gesteigerten Genauigkeit die mögliche Messgeschwindigkeit von bis zu 100 km/h.

Die Vorteile aus diesem Wandel liegen auf der Hand. Durch den hohen Automatisierungsgrad werden die Prozesse sicherer und der subjektive Einfluss wird reduziert. Die notwendigen Arbeiten im Zuge der Inspektion oder Bestandsaufnahme verlagern sich immer mehr weg vom Gefahrenbereich des Fahrwegs und hin zur Verarbeitung und Interpretation der Daten im Backoffice.



Bild 1: Entwicklung der Geschwindigkeit beim Messen der absoluten Gleislage

2 Einsatz moderner Messtechnik

Infrastrukturbetreiber setzen beim Bau und bei der Instandhaltung von Eisenbahnfahrwegen im Interesse der Wirtschaftlichkeit immer mehr auf eine ganzheitliche Betrachtungsweise, die alle relevanten Faktoren und Parameter mit einbezieht. Die Grundlage dafür bilden hochauflösende Daten der einzelnen Komponenten des Fahrwegs. Für eine zeitgerechte, effektive Planung und kosteneffiziente Umsetzung von Baumaßnahmen ist somit eine genaue und lückenlose Zustandserfassung der Parameter für Gleis, Gleisbett, Unterbau und Umgebung unabdingbar. Hier setzen moderne Messfahrzeuge mit dem Ziel der

umfänglichen Datenakquirierung für Großbaumaßnahmen an. Durch moderne Messtechnik wird nicht nur ein 1:1-Abbild der Strecke geliefert – die kumulierten Daten informieren auch darüber, wo auf der Strecke welcher Eingriff erfolgen muss.

3 Modernisierung von Messfahrzeugen

Den rasanten Entwicklungen im Bereich der Messtechnik steht die Langlebigkeit der Trägerfahrzeuge gegenüber. Diese meist dieselbetriebenen und in jüngster Zeit auch elektrisch angetriebenen Fahrzeuge haben bis zu 36 Jahre Lebensdauer. Messsysteme entsprechen durchschnittlich schon nach 15 Jahren nicht mehr dem neuesten Stand der Technik und somit in vielen Fällen auch nicht mehr den geltenden Richtlinien und Verordnungen. Ein Upgrade durch den Einbau entsprechender Messsysteme kann ein Messfahrzeug wieder in einen einsatzbereiten Zustand bringen, in dem es aktuellen Anforderungen gerecht wird.

Außerdem können ältere Messfahrzeuge mit zusätzlichen Messsystemen ausgerüstet werden. Dafür stellt die DRS Alliance (Digital Railway Solutions) ein umfangreiches Portfolio zur Verfügung – von Messsystemen für Gleiskörper und Gleisumfeld bis hin zur Oberleitung. Welche Systeme installiert werden können, hängt vom verfügbaren Platz, von der Stromversorgung und dem zulässigen Gewicht des Messfahrzeugs ab. Neuere Messsysteme sind meist platzsparend, was die Integration beträchtlich erleichtert.

Ohne großen Aufwand lassen sich auch Computer und Auswertesysteme ersetzen. Diese IT-Systeme sind die Kerneinheit der Messfahrzeuge und sorgen für die Synchronisation und Zuordnung der von den Messsystemen gelieferten Daten. Dank moderner Lösungen mit neuen IT-Architekturen und benutzerfreundlichen Bedieneroberflächen wird die Prozesssicherheit wesentlich verbessert.

4 Vom EM-SAT zum hochmodernen Messfahrzeug

Ein herausragendes Beispiel für die Modernisierung eines in die Jahre gekommenen Messfahrzeugs zeigt die Geschichte des EM120VT. Ausgangspunkt für das im Jahr 2021 gestartete Projekt EM120VT war ein Messfahrzeug zur Ermittlung der absoluten Gleislage aus der Serie EM-SAT, das in den 1990er Jahren von Plasser & Theurer entwickelt wurde.

Das Gleisgeometriemessverfahren des EM-SAT basiert auf einer Langsehnenmessung, mit der langwellige Gleislagefehler in Höhe und Richtung gemessen werden. Bild 2 zeigt das charakteristische absetzbare Satellitenfahrzeug, mit dessen Hilfe die Langsehne, basierend auf einem Laserstrahl, gebildet wird. Zusätzlich wird mit einem Fixpunktmessgerät ein Soll-Ist-Vergleich in Bezug auf die Vermarkungspunkte vorgenommen. Aus diesen beiden Informationen werden anschließend Gleiskorrekturwerte für die Stopfmaschinen errechnet. Dieses Messprinzip hat sich weltweit bewährt und war für lange Zeit die effizienteste Methode der absoluten Gleisvermessung. Nachteile des Messsystems sind allerdings die relativ

langsame Messgeschwindigkeit von 2,5 km/h und die Notwendigkeit von Personal im Gleisbereich. Nach jahrzehntelangem erfolgreichem Einsatz bei einem deutschen Unternehmen wurde das in die Jahre gekommene Fahrzeug von Plasser & Theurer zurückgenommen und eine umfassende Modernisierung geplant.



Bild 2: Außenansicht des EM-SAT mit abgesetztem Satellitenfahrzeug

5 Ziele der Umrüstung eines EM-SAT zum modernen Messfahrzeug

Bei der Modernisierung zum EM120VT wurden folgende Hauptziele definiert und verfolgt:

- Es ist keine Neuzulassung des Messfahrzeugs notwendig.
- Die bestehende Substanz des Messfahrzeugs wird bestmöglich wiederverwendet.
- Das Messfahrzeug ist mit hochmodernen Messsystemen zur volldigitalen Bestandsaufnahme von Eisenbahnfahrwegen ausgestattet.
- Die Lebenszeit des Messfahrzeugs ist um 12 bis 18 Jahre verlängert.
- Eine einfache Wartbarkeit aller Systeme ist gegeben.
- Wichtige Messsysteme sind redundant aufgebaut, um eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten.
- Das Messfahrzeug kann als Plattform für Prototypentests von Neuentwicklungen genutzt werden.

6 Vorgehen bei der Umrüstung des Messfahrzeuges

Zur Umsetzung der Ziele wurde ein bereichsübergreifendes Projektteam zusammengestellt, dessen erste Hauptaufgabe die Auswahl der Messsysteme war. Dafür konnte das Team auf das umfangreiche Messsystem-Portfolio der DRS Alliance zurückgreifen. Nach der Auswahl hatten die Konstrukteure den Einbau dieser Systeme im Messfahrzeug zu planen. Die Herausforderung bestand darin, dass der Platz im Messfahrzeug begrenzt war und mechanische Änderungen so gering wie möglich sein sollten, um das oberste Ziel der Zulassungserhaltung zu erreichen. Dies wurde durch das Know-how und die jahrzehntelange Erfahrung der Expertinnen und Experten von Plasser & Theurer in Zusammenarbeit mit den offiziellen Zulassungsbehörden ermöglicht.

Nach dem konstruktiven Design entlang der gemeinsam erstellten Anforderungen begann der Umbau in den spezialisierten Werkshallen von Plasser & Theurer und Plasser Italiana. Neben der Generalüberholung aller Teile für Fahrwerk, Rahmen und Kabinen wurden dabei folgende Umbauten vorgenommen:

- Installation eines neuen Stromgenerators und des Versorgungsnetzes
 - Versetzen des Treibstofftanks und Abbau des Hydrauliksystems
 - Installation eines neuen Beleuchtungssystems
 - Neugestaltung der Fahrkabinen
 - Neue Innenverkleidung gemäß aktuellen Brandschutzstandards
 - Entfernen der alten Messsysteme
 - Installation der neuen Messsysteme
- In Bild 3 und Bild 4 ist der Umbau der Fahrkabine und der elektrischen Anlagen zu sehen.

Nach der Fertigstellung der Umbaumaßnahmen folgte die statische und dynamische Inbetriebnahme aller Messsysteme. Diese wurden abschließend überprüft und nach aktuellen Normen – wie der EN 13848-2 – abgenommen.

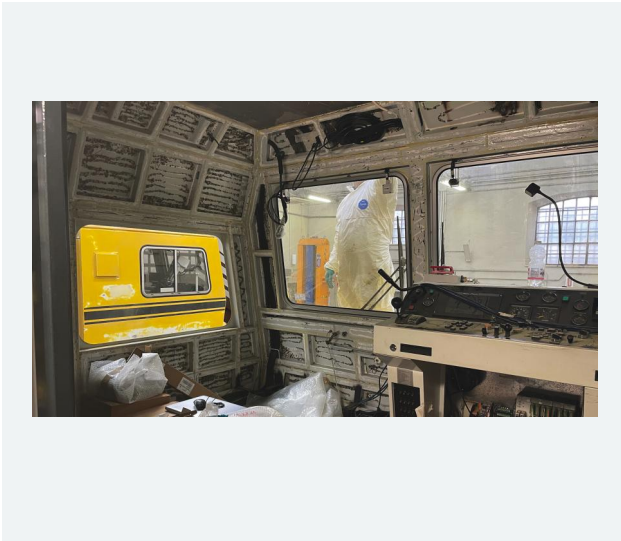


Bild 3: Umbau des Fahrstands

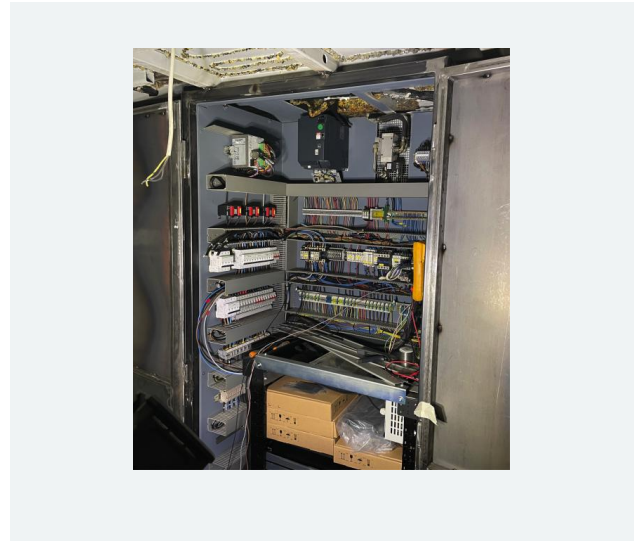


Bild 4: Umbau der elektrischen Anlagen

7 Ergebnis der Modernisierung des EM-SAT

Bild 5 zeigt das vollständig modernisierte Messfahrzeug EM120VT in der Außenansicht. Hier ist zu erkennen, dass das vorne absetzbare Satellitenfahrzeug, das ursprünglich für die Langsehnenmessung benötigt worden war, entfernt und durch den Treibstofftank ersetzt wurde. Des Weiteren sind die zusätzlich integrierten Messsysteme an den Drehgestellen, dem Fahrzeugrahmen sowie dem Kabinendach abgebildet. Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung der technischen Daten und der verbauten Messsysteme im neuen EM120VT im Vergleich zum ursprünglichen EM-SAT.

Die Fahrstände und Bedienplätze für die Messsysteme wurden von Grund auf überarbeitet. Bild 6 zeigt den modernisierten Fahrstand und Bedienplatz. Dabei wurde auf eine ergonomische Anordnung geachtet, um das Bedienpersonal auch bei langen Messfahrten optimal zu unterstützen und frühzeitige Ermüdung zu vermeiden.

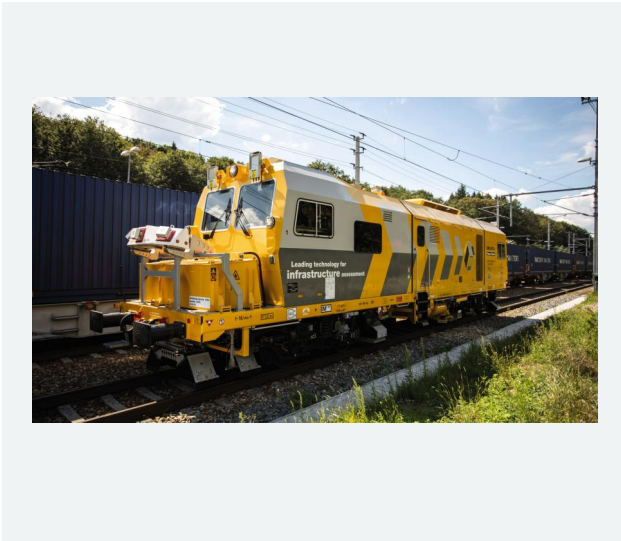


Bild 5: Außenansicht des EM120VT

EM-SAT	EM120VT
Fahrzeug:	Fahrzeug:
- Länge über Puffer: 16,14m	- Länge über Puffer: 16,14m
- Gewicht: 53t	- Gewicht: 53t
- Maximale Achslast: 20t	- Maximale Achslast: 20t
- Maximale Geschwindigkeit Eigenfahrt: 120 km/h	- Maximale Geschwindigkeit Eigenfahrt: 120 km/h
Messsysteme:	Messsysteme:
- Referenzierte Gleisgeometrie (Langsinnen- und Fixpunktmessung)	Zentrale Steuerung über Track-Net
- BPMS (Schotterprofilmessung)	- InertialTrackGeometry (innere Gleisgeometrie)
	- ReferencedTrackGeometry (äußere Gleisgeometrie)
	- Rail Profile Measurement System (Schieneprofilmessung)
	- SafeRailSystem und Multikanalsystem (Georadaruntersuchung)
	- Videoinspektionssystem mit automatischer Auswertung (optische Überwachung)
	- Digital Twin (virtueller Fahrwegzwilling)
	- Radar-Oberleitungsgeometriemesssystem
	- InfraScan (Infrastrukturüberwachung)

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Leistungsdaten des Messfahrzeugs nach der Modernisierung

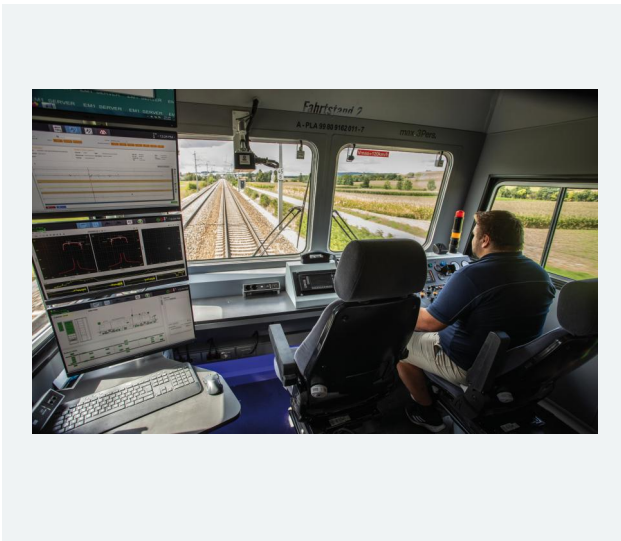


Bild 6: Fahrkabine nach der Modernisierung

8 Zentrale Steuerung über TracksNet

Alle Messsysteme werden von einem Arbeitsplatz aus bedient und gesteuert, ermöglicht durch eine zentrale Steuerungssoftware. Ausgewertet und angezeigt werden die Messdaten über die Softwareplattform TracksNet, eine hochflexible Mehrbenutzer-Softwarelösung für Datenmanagement, Analyse und Berichterstellung von Messdaten.

Damit können Benutzer auf Daten in einer Umgebung zugreifen, die auf dem Prinzip von Widgets (Bild 7) basiert, sodass jede Arbeitsumgebung an die spezifischen Bedürfnisse angepasst werden kann. Mit TracksNet lassen sich benutzerdefinierte Regeln und Algorithmen auf Daten aus einer Vielzahl unterschiedlicher Systeme und Messdatenquellen applizieren und anwenden. Alle Daten und Analyseergebnisse werden in umfassenden digitalen Berichten dargestellt, die zur Definition von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen sowie zur Überwachung der Entwicklung von Fehlern im Laufe der Zeit verwendet werden können.

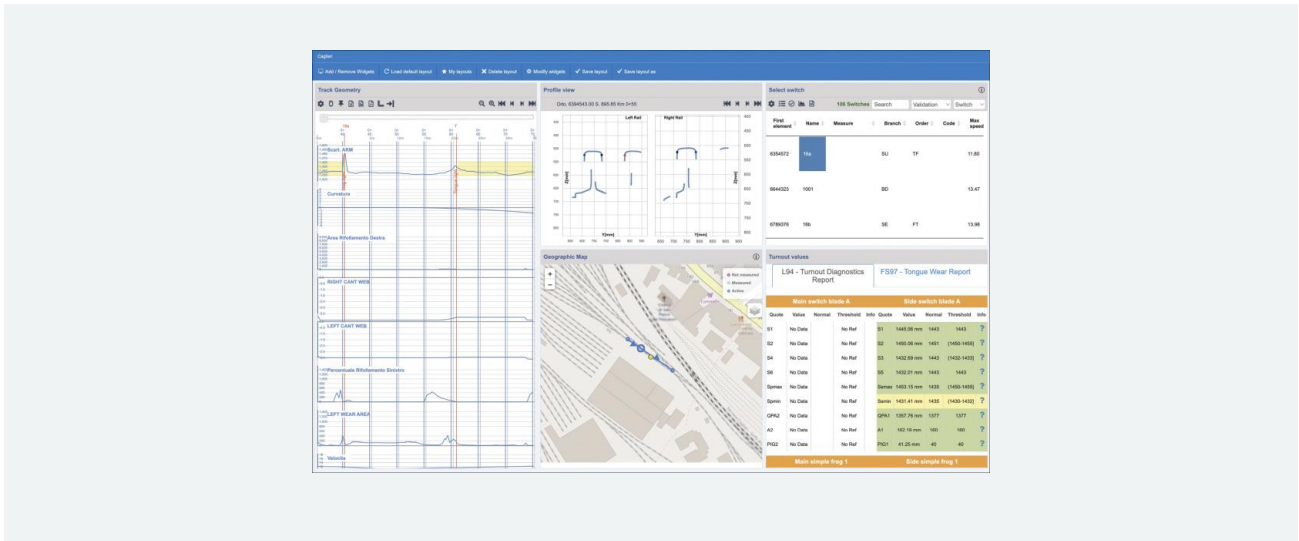


Bild 7: Darstellung einer TracksNet-Bedienoberfläche

9 Mess- und Überwachungssysteme am modernisierten EM120VT

Der EM120VT ist mit folgenden Messsystemen ausgerüstet:

9.1 Plasser InertialTrackGeometry (innere Gleisgeometrie)

Eine korrekte Gleisgeometrie ist essenziell für einen sicheren Fahrweg und trägt maßgeblich zum Fahrkomfort der Zugreisenden bei. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden und hohe Zuverlässigkeit der Daten zu gewährleisten, wurde auf dem EM120VT erstmals ein redundant aufgebautes inertiales Gleisgeometriemesssystem verbaut. Durch die Verwendung von doppelter Sensorik können fehlerhafte Messdaten schnell erkannt und die Verfügbarkeit des Systems gesteigert werden.

9.2 Plasser ReferencedTrackGeometry (äußere Gleisgeometrie)

Das Aufnehmen der äußeren Gleisgeometrie ist Voraussetzung für die moderne Vermessung der gesamten Gleisinfrastruktur, besonders für Hochgeschwindigkeitsstrecken. Durch das Einbeziehen von Fixpunkten entlang des Fahrwegs bleibt das Gleis auch nach mehreren Durcharbeitungszyklen in der geplanten Lage. Mit dem Plasser ReferencedTrackGeometry-System gehört die arbeits- und zeitintensive Handarbeit zum Ermitteln der absoluten Gleislage der Vergangenheit an.

9.3 Rail Profile Measurement System (Schienenprofilmessung)

Zur Feststellung und Analyse des Verschleißzustandes am Schienenkopf verfügt der EM120VT über Lichtschnittsensoren zur Schienenprofilmessung. Mit einer Geschwindigkeit von bis zu 120 km/h messen diese das Ist-Profil der Schiene, das am Computer mit dem Soll-Profil verglichen wird. Die Software klassifiziert die Abweichungen nach vorab definierten Toleranzwerten.

9.4 SafeRailSystem und Multikanalsystem (Georadaruntersuchung)

Eine Georadaruntersuchung ermöglicht eine umfassende, lückenlose Erkundung des Gleiskörpers. Im kontaktlosen Verfahren durchdringen elektromagnetische Wellen diesen bis in 2,5 m Tiefe, werden entsprechend der Untergrundbeschaffenheit reflektiert und in Radargrammen aufgezeichnet. Das erlaubt die Erfassung von Parametern wie Auftreten von Schlammstellen, Verschmutzungsgrad und Schichtgrenzenverlauf. Der EM120VT verfügt über zwei sich ergänzende Georadarsysteme.

9.5 Videoinspektionssystem mit automatischer Auswertung (optische Überwachung)

Ein Überwachungssystem einschließlich Algorithmen erkennt bei Messgeschwindigkeiten von bis zu 120 km/h automatisch fehlende, beschädigte oder falsch ausgerichtete bzw. beschädigte Gleiskomponenten wie Schienenbefestigungselemente oder Schienenverbindungsmittel sowie Schwellenfehler und Schienenoberflächenfehler.

9.6 Digital Twin (virtueller Fahrwegzwilling)

Der Digital Twin liefert die Basis für eine nachhaltige Optimierung des Eisenbahnfahrwegs – besonders hilfreich bei Retrassierungen. Alle relevanten Attribute des realen Fahrwegs werden in eine virtuelle Welt gespiegelt. Das Ergebnis ist ein konsistentes datenbankgestütztes Fahrwegmodell, das eine Fülle von Informationen sowie deren Abhängigkeiten untereinander enthält. Der Digital Twin bildet eine qualitativ hochwertige Datengrundlage für eine Planung gemäß Building Information Modeling (BIM). Im virtuellen

Fahrwegzwilling werden ganzheitliche Untersuchungen durchgeführt und Möglichkeiten zur Optimierung entwickelt.

9.7 Radarmesssystem zur Überprüfung der Oberleitungsgeometrie

Neben der Position des Fahrdrahtes wird auch dessen Höhe und Seitenlage gemessen. Der Vorteil der Radartechnologie liegt darin, dass diese – im Gegensatz zu videobasierten Systemen – auch bei Wettereinwirkungen und Sonne ideal nutzbar ist. Das System ist zudem komplett wartungsfrei, wodurch eine Begehung des Fahrzeugdachs nicht mehr notwendig ist.

9.8 Plasser InfraScan (Infrastrukturüberwachung)

Um die hohen Sicherheitsansprüche des Bahnbetriebes zu erfüllen, müssen Gleisinfrasturktur und angrenzende Strukturen regelmäßig überprüft werden. Mit dem System Plasser InfraScan lassen sich Gefahren wie beispielsweise eine Verletzung des Lichtraumprofils frühzeitig erkennen. Die Messergebnisse können als Datenbasis für die Freigabe von Gleisabschnitten nach Umbauarbeiten an Oberbau oder Oberleitung dienen.

10 Erfolge des Vorgängerprojekts EM100VT

Ein ebenfalls von Plasser & Theurer modernisiertes Messfahrzeug ist der EM100VT, der seit seiner Inbetriebnahme im intensiven Einsatz steht.

Das in Kooperation mit Track Machines Connected GmbH und Planungsbüro Obermeyer Planen & Beraten GmbH durchgeführte Projekt kann als herausragendes Beispiel für die Bestandsaufnahme der Hochgeschwindigkeitsstrecke 1733 (Kassel–Würzburg) genannt werden. Bild 8 zeigt einen digitalisierten Streckenabschnitt mit eingefärbter Punktwolke. Erwähnenswert ist dabei vor allem die hohe Sicherheit für das Messpersonal sowie die kurze Zeit, die benötigt wird, um die Daten aufzunehmen. Nach der nur zwei Arbeitsschichten dauernden Ausmessung der Infrastruktur wurden die Daten aufbereitet und der DB AG zur weiteren Baustellenplanung übergeben. Plasser & Theurer ist stolz, dass der EM100VT eine Produktfreigabe für die kinematische Ausmessung der Gleise gemäß RiL 883.3100 und topografischer Objekte nach RiL 883.7100 vorweisen kann.



Bild 8: Darstellung einer digitalisierten Strecke mit eingefärbter Punktwolke

11 Fazit

Das Umrüsten von Bestandsfahrzeugen ist eine kosteneffiziente Alternative zur Anschaffung eines Neufahrzeuges. Wie das Beispiel EM120VT zeigt, kann aus einem veralteten Fahrzeug innerhalb kurzer Zeit ein hochmodernes Messfahrzeug entstehen. Dies ist möglich, da im Gegensatz zu Neufahrzeugen keine langen Zulassungsprozesse notwendig sind, die Messsysteme relativ kurze Lieferzeiten haben und der Konstruktionsaufwand überschaubar ist. Voraussetzung dafür ist das notwendige Know-how des Herstellers und eine flexible Arbeitsweise.
