

Neues Leistungsniveau für die Inspektion der Bahninfrastruktur

Mit zwei Versuchsträgern zeigt Plasser & Theurer, wie aktuelle Infrastrukturdatenerfassung am Gleis heute aussieht.

CHRISTIAN OBEXER

Aufwendige Vermessungsarbeiten sind Vergangenheit. Die erforderlichen digitalen Daten werden bei einmaliger Überfahrt durch eine Vielzahl von Sensoren und Messsystemen erfasst und stehen sofort digital aufbereitet zur Verfügung. Andere Maschinen können die Ist-Daten direkt nutzen, oder sie dienen fortlaufender Zustandsbewertung im Sinne der vorausschauenden Instandhaltung. Die eingesetzten Messverfahren führen zu Daten in nie dagewesener Detailgenauigkeit. Doch ist dies nicht Selbstzweck, sondern wichtige Grundlage effizienter Instandhaltung von Bahninfrastruktur – auch zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

Ohne exakte Kenntnis des Infrastrukturzustands läuft in der modernen Instandhaltung nur noch sehr wenig. Die Zukunft der dafür heute unerlässlichen, umfassenden Datenerfassung des Fahrwegs der Bahnen hat bereits begonnen. Mit derzeit zwei Messfahrzeugen (Abb. 1) demonstriert Plasser & Theurer, wie hochauflösende Daten aller Komponenten des Fahrwegs zeitgemäß und zuverlässig, effizient und wirtschaftlich mit nur einer Überfahrt gewonnen werden können. Bereits seit Jahren arbeiten Experten des Unternehmens intensiv am „virtuellen Gleis“ als künftig unverzichtbarem Planungsinstrument.

An Bord der zwei „Mess-Universalisten“ EM100VT (VT – Virtual Track) und EM120VT findet sich umfangreiches Mess-Equipment, um die Vision vollumfänglicher Datenakquise der Infrastrukturanlagen Realität werden zu lassen. Ob es um die Ist-Datenerfassung in regelmäßigen Abständen für die prädiktive Instandhaltung oder für eine umfassende Streckenaufnahme vor einer Großbaumaßnahme geht – die aktuelle Technik führt zu einer exakten und lückenlosen, nachvollziehbaren und vielfältig nutzbaren Datensammlung aller relevanten Parameter von Gleis, Weiche, Schotterbett/Oberbau, Unterbau, Oberleitung und Umgebung. Dies ist vor dem Hintergrund relevant, dass bei Bau und Instandhaltung des Fahrwegs im Interesse der Wirtschaftlichkeit immer mehr auf eine ganzheitliche Betrachtungsweise zu setzen ist, die sämtliche relevanten Faktoren und Parameter einbezieht. Dafür muss der Zustand möglichst exakt bekannt sein.

Zwei besondere Inspektionsfahrzeuge

EM100VT und EM120VT repräsentieren den letzten Stand der (Mess-)Technik und sind auch Umsetzungen des Plasser & Theurer-Versprechens „future track technology – NOW“.

In beiden Messfahrzeugen ist viel aktuelle Messtechnik implementiert (Abb. 2 und 3). Vorteilhaft war, dass es im Unternehmen bereits reiche Erfahrung mit unterschiedlichsten Messverfahren rund um die Bahninfra-

struktur gibt. Stopfmaschinen beispielsweise nehmen in der Regel vor Arbeitsbeginn Ist-Daten auf und berechnen autonom, wie die Gleislage zu bearbeiten ist. Die jeweilige Ausstattung der zwei „Mess-Universalisten“ – beim EM100VT zwischenzeitlich einem Update unterzogen und um ein Weichenvermessungssystem erweitert – kombiniert erprobte Verfahren. Dabei ist die Testphase längst abgeschlossen, gewonnene Daten fließen bereits real in Arbeitsprozesse ein.

Zustandsbasierte Instandhaltung planen

Die Versuchsträger zeigen den Weg vom nach Aufgaben geteilten Modell (Divided Concept, wie beim Stopfmaschinen- oder beim Fahrleitungsmesseinsatz) zum integrierten, gesamtheitlichen Ansatz (Integrated Concept) auf. Zukünftig richtet sich der Fokus somit auf eine mehrdimensionale Betrachtung des Fahrwegs. Sie führt Konstruktionsdaten, Messergebnisse, Datenmodelle und vieles mehr bis hin zu Zeit- und Kostendaten zusammen. Unabhängig von den Planungsaufgaben kann zudem durch die direkte Vernetzung von Infrastrukturdaten mit den Informationen der Maschinenflotte – Stichwort Maschine-zu-Maschine-Kommunikation – ein erheblicher Mehrwert geschaffen werden.

Die Messtechnik auf den zwei Versuchsträgern untersucht die Infrastruktur von tief unter der Schiene bis zur Oberleitung, registriert Masten und Einbauten an beiden Seiten



Abb. 1: Die beiden Messfahrzeuge EM100VT (links) und EM120VT (rechts) von Plasser & Theurer

Quelle Abb. 1-3 u. 6-8: Plasser & Theurer

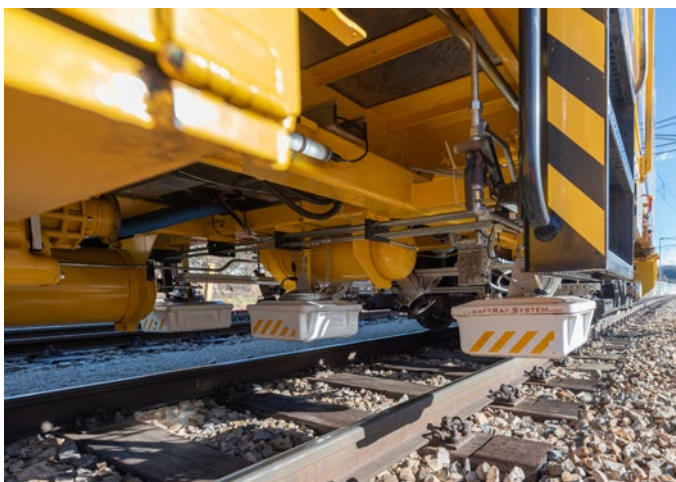


Abb. 2: Das Georadar-System Ground Control am EM100VT



Abb. 3: Detailansicht der Scaneinrichtung an der Fahrzeugfront des EM120VT

des eigentlichen Fahrwegs, erfasst die Gleislage und den Schienenzustand. Die „Mess-Universalisten“ ermöglichen es, das heute bereits bekannte vertraute, virtuelle Abbild der Infrastruktur (Virtual Track) (Abb. 4, Detail Abb. 5, Abb. 6) mittels Datenwolke aus Mess- und Bilddaten im Rahmen des Building Information Modeling (BIM) zu erzeugen, sofort oder später, an jedem beliebigen Ort und für jede denkbare Anwendung. Jedoch wird nicht nur ein 1-zu-1-Abbild der Strecke im Sinne des „Digital Twin“ im BIM geliefert. Für die Zustandsbewertung oder Handlungsempfehlungen wichtiger ist zunächst die aus den Daten zu gewinnende Information über den Streckenzustand im Detail respektive zu seiner Veränderung über die Zeit. Jedes Gewerk kann seine Aktivitäten entsprechend der prädiktiven Instandhaltung entfalten, idealerweise werden dabei die anstehenden Arbeiten rechtzeitig und optimal koordiniert, was die Streckenverfügbarkeit erhöht und Belastungen mindert.

Übersicht: Messverfahren im Detail

EM100VT und EM120VT sind hinsichtlich der installierten Messtechnik unterschiedlich ausgerüstet. Ein Trägerrahmen an der Fahrzeugfront ist mit den Scaneinheiten für die 3D-Bilddatenerfassung (Mobile Mapping) bestückt. Jeder EMVT selbst dient als Datenzentrale für Aufzeichnung und Auswertung und bietet entsprechende Bildschirmarbeitsplätze. Grundsätzlicher Vorteil gegenüber anderen Vormessverfahren ist beim Einsatz der beschriebenen Fahrzeuge, dass hier die Messdaten im belasteten Gleiszustand gewonnen werden. Das führt in einigen Punkten zu erheblich anderen – praxisnäheren – Ergebnissen als beispielsweise eine Vermessung von Hand am unbelasteten Gleis. Zudem werden Abhängigkeiten besser erkannt, beispielsweise jene zwischen Überhöhungsfehler und korrekter Lage des Fahrdrachts zur Gleisachse.

Die exakte Lage des Gleises im Raum

Der Bezug auf diese unverrückbaren Referenzpunkte sorgt dafür, dass das Gleis auch nach mehreren Durcharbeitungszyklen seine geplante Lage hat. Die EMVT sind mit dem bewährten inertialen Gleisgeometriemesssystem von Plasser&Theurer zum Messen der inneren Geometrie ausgerüstet. Zusammen mit dem ebenfalls installierten neuen innovativen Stereokameramesssystem zum Vermessen der Fixpunkte wird die absolute Gleislage im Raum mit einer Geschwindigkeit bis zu 80 km/h ermittelt. Vom Messfahrzeug und seinem Messsystem werden einmal angebrachte Messmarken optisch bei Vorbeifahrt in hoher Geschwindigkeit erfasst und so die absoluten Bezugspunkte für die Gleislage generiert (Abb. 7).

Den Verschleiß im Blick dank Schienenprofilmessung

Zur Feststellung und Analyse des Verschleißzustands am Schienenkopf sind Lasersensoren für die Schienenprofilmessung im Einsatz. Bei einer Maximalgeschwindigkeit bis zu 120 km/h vermessen sie das Ist-Profil der Schiene. Eine Software klassifiziert dessen Abweichungen vom Soll-Profil nach vorab definierten Toleranzgrenzwerten und dokumentiert diese.

Videoinspektion mit automatischer Auswertung

Das optische Überwachungssystem erkennt dank Künstlicher Intelligenz automatisch Fehler in der Schienenoberfläche, fehlende

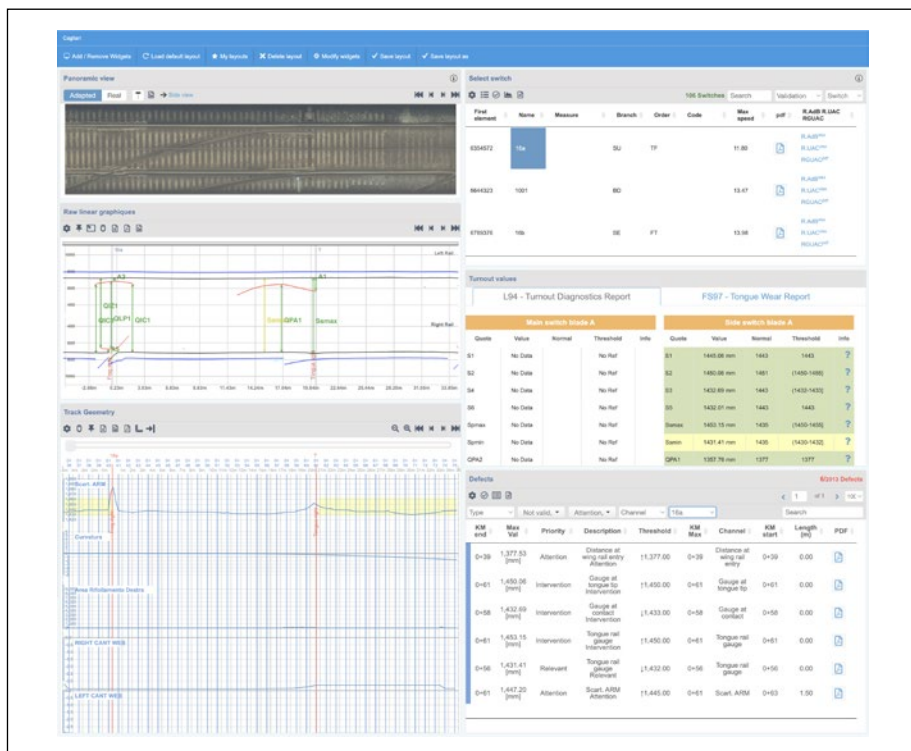


Abb. 4: Visuelle Darstellung einer gemessenen Weiche

Quelle Abb. 4 u. 5: Plasser Italiana

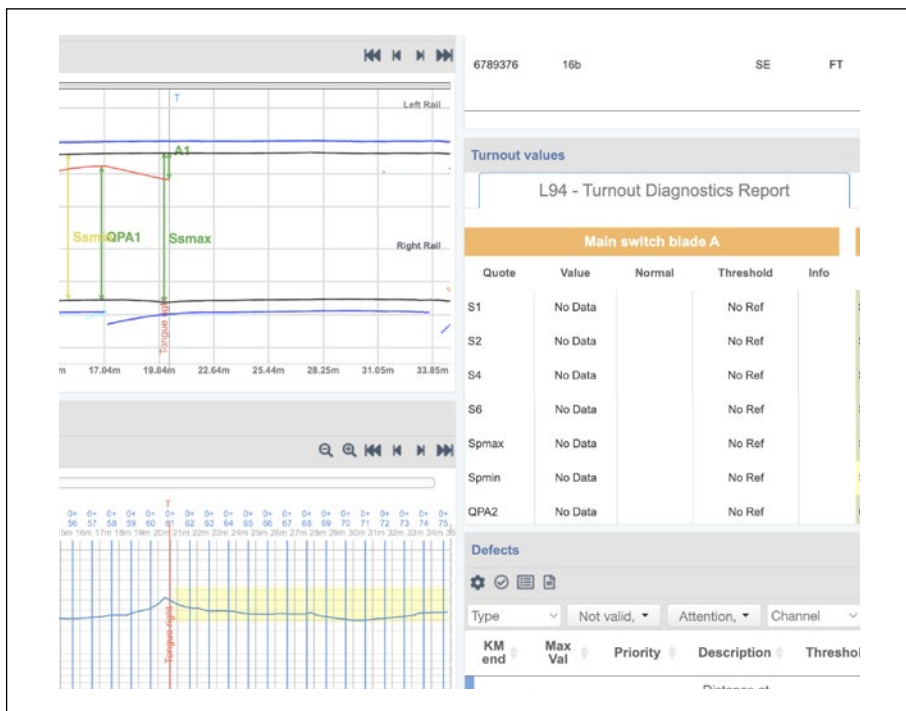


Abb. 5: Detailansicht der gemessenen Weiche: Videoaufnahme und identifizierte Position der relevanten Weichenparameter

oder beschädigte Befestigungselemente und Schwellenfehler. Das modulare System lässt sich so konfigurieren, dass es zusätzlich für die Gleisinfrastruktur des betreffenden Kunden typische, spezifische Elemente prüft und zugleich deren Zustand auswertet.

Digitale Sicht bis tief in den Untergrund

Betrafen die erwähnten Messverfahren das sichtbare Gleis, so dringt das Georadar mit Multikanal- und Safe Rail-System in die Tiefe unter den Schwellen ein. Im kontaktlosen Verfahren durchdringen hochfrequente elektromagnetische Wellen während der Überfahrt den Bahnkörper bis zu 2,50 m Tiefe. Das Georadar ermöglicht so eine umfassende, lückenlose Erkundung des Gleiskörpers. Sein Radarecho lässt sich in Radargrammen aufzeichnen. Erkannt werden:

- Schlammstellen
- Verschmutzungsgrad sowie der
- Schichtgrenzenverlauf.

Die EMVT sind mit zwei sich ergänzenden Georadarsystemen ausgestattet. Da zugleich das Schotterbettprofil aufgenommen wird, entsteht auch hier ein ganzheitliches Bild des aktuellen Zustands.

Radartechnologie für sichere Stromübertragung

Angesichts des stetig wachsenden Anteils elektrifizierter Strecken und steigender Streckenbelastung ist die Erfassung der Oberleitungsgeometrie und des Oberleitungszustands ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Das Radarsystem misst die Höhe des Fahrdrahts und den seitlichen Versatz relativ zur Gleisachse. So ist ohne separate Aufnahme bekannt, ob nach

einem umfangreichen Stopfvorgang auch die Lage des Fahrdrahts korrigiert werden muss. Die Radartechnologie ist anders als optische und videobasierte Verfahren auch bei abträglichen Wetterlagen wie Regen oder Nebel und sogar im Gegenlicht der Sonne uneingeschränkt nutzbar. Das verwendete System ist zudem komplett wartungsfrei.

Koordinierte Analyse und weniger Gefahr im Gleis

Mit dem konzentrierten Messwageneinsatz sind deutliche Kundenvorteile verbunden, insbesondere für Infrastruktureigner und -betreiber. Die hohe Messgeschwindigkeit führt zu geringer zeitlicher Beanspruchung von Strecke und Personal. Für die Sicherheit im Gleis ist bedeutsam, dass sich für Vermessungen im Gefahrenbereich weniger – zumeist gar keine – Menschen aufhalten. Kontrollarbeiten sind in Büros verlagert. Die Begutachtung von Trends bei der Zustandsentwicklung der Anlagen ermöglicht in Kombination mit intelligenten Auswertungsmethoden genaue Analysen und Vorschläge für Instandhaltungsmaßnahmen.

Wissen statt Suchen

Der Digital Twin des Fahrwegs liefert künftig vermehrt die Basis für eine nachhaltige Optimierung. Alle relevanten Attribute des realen Fahrwegs werden in eine virtuelle Welt gespiegelt. So entsteht der weitgehend perfektionierte „digitale Zwilling“ als qualitativ hochwertige Datengrundlage für eine BIM-konforme Planung. Das Messfahrzeug erfasst sämtliche relevanten Daten für die Einspeisung in entsprechende Datenwolken und Datenbanken.

Der Weg über den Digital Twin eröffnet darüber hinaus neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Instandhaltungsmaschine und Infrastruktur sowie auch zwischen Auftraggeber und Dienstleister. Beispielsweise sind Qualitätsnachweise über erbrachte Leistungen jederzeit einsehbar, alle Arbeiten und deren Ergebnisse exakt nachvollziehbar.

Die vollumfängliche Datenerfassung und mit ihr die gesamtheitliche Sicht auf den aktuellen

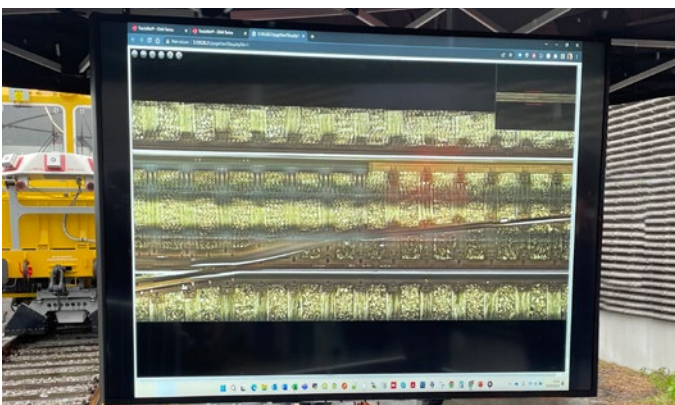


Abb. 6: Während eines Messfahrtverlaufs erzeugte Aufnahmen der Weiche und ihrer Details



Abb. 7: Das integrierte Messsystem nimmt die Gleisgeometrie samt Referenzpunkten auf.

Infrastrukturzustand liefert neben der Information, dass ein noch genauer zu verifizierender Fehler gefunden wurde, gleichzeitig auch weitergehende Handlungsempfehlungen. Diese reichen vom punktuellen Arbeitseinsatz bis zur Planung einer tiefer gehenden Sanierung. Dies spart Zeit und somit Kosten. Mehr noch: Der bekannte Fachkräftemangel führt vielfach zu fehlender Erfahrung bei der Messung, bei der Auswertung und bei der zutreffenden Interpretation der Ergebnisse. Wenn aber das eingesetzte Diagnosesystem auch Vorschläge liefert, wann welche Instandhaltungsarbeiten erledigt sein sollten, ist dieses Problemfeld beseitigt. Bei der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation wird beispielsweise der Stopfmaschine direkt mitgeteilt, wo mit welchen Korrekturwerten genau zu stopfen ist.

Fahren statt Bremsen

Die kontinuierliche Kontrolle des Ist-Zustands mithilfe der Analyse ermittelter Daten wird dazu beitragen, Langsamfahrstellen – heute Problem vieler Infrastrukturen – zu vermeiden. Gelebte prädiktive Instandhaltung wird die bislang oft erlebten Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Langsamfahrabschnitten nach Messfahrten und erster Auswertung („da ist ein Fehler, da wird wohl etwas zu tun sein“) stark reduzieren. Die perspektivisch mögliche signifikante Qualitätsverbesserung auf der freien Strecke und im Bahnhof wird unmittelbar zu stabilen Fahrplänen und verbesserter Leistungsfähigkeit der Strecke beitragen. Die Eisenbahnverkehrsunternehmen, als Kunden des Infrastrukturbetreibers, interessieren sich schließlich für das Fahren, nicht für die Fehler, die es gar nicht erst geben sollte. Was dies gegenüber der heutigen Praxis auch in wirtschaftlicher Hinsicht bedeutet, liegt auf der Hand. Zudem wird das System Bahn insgesamt einen erheblichen Imagegewinn verzeichnen. Auch das gehört letztlich zur gesamtheitlichen Betrachtungsweise.

Schnellste Bestandsaufnahme

Das bereits unter Beweis gestellte Tempo der Messwagenfahrten setzt neue Maßstäbe. Dies soll anhand von zwei Beispielen verdeutlicht werden.

Datenaufnahme einer Schnellfahrstrecke in zwei Nächten

Zwei Messnächte statt 60 Begehungstagen – 40 000 Fernzüge mit bis zu 280 km/h sowie rund 10 000 Güterzüge mit einer Betriebsbelastung von 13,7 Mio. Bruttotonnen jährlich hatten ihre Spuren an der etwa 30 Jahre alten Bahnverbindung zwischen Hannover und Würzburg hinterlassen. Die 327 km wurden in vier Bauphasen binnen fünf Jahren (2019 bis 2023) komplett modernisiert. Das setzte im Vorfeld eine genaue Kenntnis der vorhandenen Objekte und deren jeweiligen Zustands voraus. Für die Erfassung mittels Begehung wurden in einer ersten Abschätzung 60 bis



Abb. 8: Der EM100VT bei einer Messfahrt

100 Begehungstage veranschlagt. Dabei werden alle Objekte händisch aufgenommen und in den Planunterlagen vermerkt – oft unter Betrieb, da die Strecke tagsüber von ICE, nachts von Güterzügen befahren wird. Der EM100VT (Abb. 8) bewältigte diese Aufgabe deutlich schneller, bei höherer Qualität und ohne einen einzigen Schritt von Mitarbeitenden im Gefahrenbereich. Gemeinsam mit dem deutschen Ingenieurbüro Obermeyer gab es eine Bewerbung auf die Ausschreibung zur Bestandsaufnahme der Strecke. Die beiden Gleise wurden in zwei (!) nächtlichen Arbeitsschichten mit dem EM100VT befahren und per Laserscanner aufgenommen. Auf Basis des dreidimensionalen Abbilds folgte die virtuelle Begehung der Strecke später im Büro, wobei es sich hier noch gar nicht um die Schaffung eines Digital Twin gehandelt hatte. Dies wäre heute, unter Einbeziehung der Messungen an Schotter, Schwelle und Schiene, an Weiche und Oberleitung noch detaillierter möglich.

Vollständige Weicheninspektion in vier Minuten

Mittels eines neuen, berührungslosen Messsystems ist es möglich, bei jeweils einer kurzen Überfahrt über Hauptstrang und Abzweigung alle erforderlichen Parameter einer Weiche zu erfassen:

- Spurweite
- engster Durchgang zwischen Zunge und Backenschiene
- Leitweite
- Rillenweite
- Schienenprofil.

Für die vollständige Messung muss niemand den Gleisbereich betreten, und kein Gleis ist zu sperren. Neben den Messdaten erleichtern während der Überfahrt aufgenommene, detaillierte Bilddaten die Auswertung des Zustands von Schlüsselkomponenten wie Herzstück, Leitschienen und Zungen sowie wichtiger Systembauteile wie Befestigungen, Antriebseinheiten und Kabelführungen.

Das System hat sich bereits in der Praxis bewährt. Zur Vermessung aller Weichen in Bahnhöfen genügen einige betriebsarme

Nachtstunden für die umfassende Datenaufnahme. Beispielsweise wurden in einer Nacht im März 2023 in St. Pölten (Österreich) insgesamt 61 Weichen vermessen, wobei die Befahrung nicht nach einem bestimmten Muster erfolgen musste. Das System erkennt die Überfahrt und ordnet sie mittels Masterdaten und GPS der jeweiligen Weiche zu. Es ergab sich ein Durchschnittswert von nur vier Minuten Messfahrt pro Weiche.

Zusammenfassung

Inspektionsfahrzeuge mit neuester Messtechnik helfen, umfassend und hochexakt Daten der Bahninfrastruktur aufzunehmen. Auswertungen der gewonnenen Daten identifizieren, wo genau Arbeiten zur Instandhaltung erforderlich sind, machen sofortige Eingriffe ebenso möglich wie prädiktive Maßnahmen. Mit derzeit zwei hoch spezialisierten „Mess-Universalisten“ zeigt Plasser & Theurer, wie die Datenerfassung heute aussieht und welche Möglichkeiten sie bietet. Mehrere Messverfahren arbeiten dabei parallel und erfassen alle Zustandsdaten vom Unterbau bis zur Oberleitung sowie auch relevante Daten des Gleisumfelds. Die Verbindung mit weiteren Datenquellen wird bereits praktiziert. Thema ist die vollumfängliche Datenakquise zu Gleislage und Gleiszustand. Der Beitrag stellt Inspektionsfahrzeuge und Messverfahren vor. Der erreichbare enorme Kundenvorteil des Anwenders reicht von der schnellen Datenaufnahme über konzentrierte Arbeitsplanung bis zu deutlich kürzeren Sperrpausen. Stets ist die Effizienzsteigerung groß, was sich unmittelbar auf Streckenverfügbarkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit auswirkt. ■



Christian Obexer

Technischer Leiter und
Head of CoC Measuring Systems
Plasser Italiana, IT-Velletri RM
obexer_c@plasser.it