Moderne Diagnostik der Infrastruktur

Effizienz steigern, Sicherheit gewährleisten, Auslastung maximieren

DAVID BUCHBAUER | CHRISTIAN OBEXER | MICHAEL REITER

Das System Bahn erlebt weltweit aufgrund seiner einzigartigen Vorteile einen deutlichen Aufschwung. Neben der Gewährleistung der Sicherheit werden heute auch Nachhaltigkeit und Komfort als zentrale Anforderungen an das System Eisenbahn gestellt. Um diese Ziele zu erreichen, ist eine optimale Instandhaltung der Infrastruktur unerlässlich. Dabei gewinnen präventive und prädiktive Instandhaltungsmaßnahmen zunehmend an Bedeutung gegenüber rein korrektiven Ansätzen. Grundlage für eine solche Instandhaltungsstrategie ist eine präzise und gesamtheitliche Zustandserfassung der Infrastruktur. Dank moderner Technologien, insbesondere im Bereich der optischen Messtechnik, steht heute eine Vielzahl leistungsfähiger Lösungen zur Verfügung, um die Eisenbahninfrastruktur hochpräzise zu vermessen.

Tiefe Betrachtung der Einzelbereiche führt zu einem ganzheitlichen Bild

Die Bandbreite an verfügbaren Systemen ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gewachsen. Um diese Vielfalt strukturiert zu erfassen und eine fundierte Diagnostik der Infrastruktur zu gewährleisten, werden im Folgenden Messung, Inspektion und Analyse in fünf klar definierte Bereiche unterteilt: Schiene, Schwelle, Schotterbett, Weiche und Oberleitung (Abb. 1).

Die in Diagnostikbereichen gemeinsam betrachteten Komponentengruppen ermöglichen fundierte Aussagen über Qualität und Sicherheit einer Strecke. Daraus können nicht nur Symptome ermittelt, sondern ursächliche Fehlerquellen aufgedeckt werden. Dieser systematische Ansatz spart wertvolle Ressourcen, weil nicht erst nach einem Ausschlussprinzip gearbeitet wird. Darüber hinaus trägt er dazu bei, die Nutzungsdauer von Komponenten optimal zu gestalten und so die Lebenszykluskosten zu senken. Die Kenntnis des Anlagenzustands und die Zusammenhänge von Verschleißerscheinungen sind eine kostbare Wissensgrundlage. Sie ermöglichen eine gezielte und individuelle Fehlerdiagnose und liefern Entscheidungsträgern ein umfassendes Bild für eine effiziente Ressourcennutzung.

Schienen im Fokus der Analyse

Eine zentrale Komponente des Eisenbahnfahrwegs ist die Schiene. Die Inspektion konzentriert sich dabei einerseits auf die Vermessung der Oberfläche beziehungsweise des Profils, andererseits auf die frühzeitige Erkennung von Schädigungen im Inneren der Schiene. Die Untersuchung der Schienenoberfläche umfasst die präzise Vermessung von Querprofil und Längsprofil sowie die Erkennung von Oberflächenfehlern. Besondere Bedeutung gewinnen dabei auch oberflächennahe Materialermüdungen wie Head Checks und Squats. Zur Beurteilung innerer Schädigungen kommt vorrangig die Ultraschallprüfung zum Einsatz, die eine zerstörungsfreie Detektion von Fehlern innerhalb des Schienenquerschnitts ermöglicht.

Schwellen im Fokus der Analyse

Bindeglied zwischen Schiene und Schotterbett sowie der Schienen untereinander ist die Schwelle. Sie übernimmt eine lastabtragende Funktion für die Stabilität der Gleislage und dient der Spurhaltung. Im Rahmen der Inspektion erfolgt eine kontinuierliche Zustandsüberwachung sowohl der Schwellen als auch der Befestigungselemente. Dabei werden die Schwellen mittels hochauflösender Kameras erfasst, KI-gestützte Algorithmen identifizieren und bewerten Anomalien wie Rissbildungen oder andere Oberflächenfehler. In gleicher Weise werden fehlende oder beschädigte Schienenbefestigungsmittel zuverlässig detektiert.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, zusätzliche Informationen wie das Baujahr, den Hersteller und den Typ zu ermitteln. Ergänzend können – sofern verfügbar – auch Angaben zur Dübelform oder zu Entschalungsdaten erfasst werden.

Alle diese Funktionen sind stark von qualitativ hochwertigen Trainingsdaten abhängig, können dafür jedoch sehr gezielt auf unterschiedliche Oberbautypen angepasst werden.

Schotterbett im Fokus der Analyse

Das Schotterbett erfüllt wichtige Funktionen wie Lastverteilung oder Entwässerung. Maßgeblich ist es auch für die stabile Qualität der inneren und äußeren Gleisgeometrie verantwortlich.

Die betriebliche Belastung führt im Schotter zu unterschiedlichen Verschleißerscheinungen, die sich mit Georadar darstellen und analysieren lassen. Mit diesem nicht invasiven Verfahren, das elektromagnetische Impulse nutzt, werden die geophysikalischen Eigenschaften des Schotterbetts untersucht. Die Impulse werden im Boden reflektiert und liefern Informationen über Tiefe, Struktur und Materialeigenschaften. Bei der Inspektion des Schotterbetts wird außerdem ein LiDAR-Scanner eingesetzt, um das Profil zu erfassen und fehlende oder überschüssige Schottermengen zu identifizieren. Die innere und äußere Gleislage wird mit Inertial-Messtechnik und einem Stereokamera-Messsystem erfasst (Abb. 2).

Abb. 1: Messbereiche

© DVV Media Group GmbH

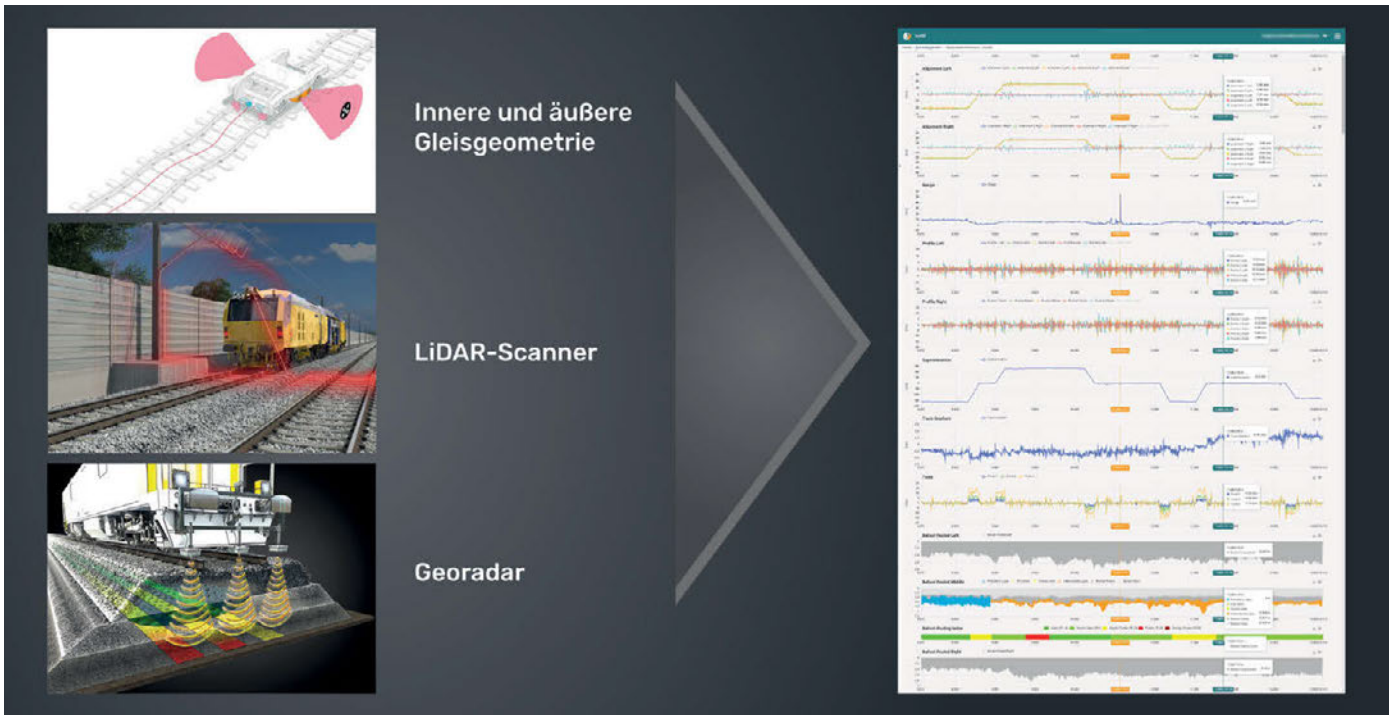

Abb. 2: Diagnostik für Gleisanlagen mit Mess- und Inspektionspaket für das Schotterbett für eine gesamtheitliche Darstellung und Analyse

Weichen im Fokus der Analyse

Ein zentrales Element ist die Weiche – zugleich Schlüsselkomponente und Kostentreiber im Schienennetz. Sie muss daher als systemrelevanter Bestandteil der Infrastruktur behandelt werden. Die automatisierte Weichenvermessung ermöglicht eine durchgehende, wiederholgenaue Zustandsbestimmung – ganz ohne Gleissperrung. Sie bietet über den gesamten Lebenszyklus der Weiche hinweg hohes Einsparpotenzial bei der Instandhaltung. Für künftige Auswertungen können auch Bilddaten integriert werden. Da jede Messung auf Masterdaten von Geoinformationssystemen basiert, lässt sich der Prozess problemlos mit Datenbanklösungen verbinden. Zur Analyse können ergänzend Videodaten und Profilvermessungen herangezogen werden Wird der Fokus auf den Zungen- oder Herzstückbereich gelegt, sind die Geometrie und der Verschleiß die zu bewertenden Kriterien. Dabei kann die Analysetiefe variiert werden, um beispielsweise das Überlaufverhalten zu bestimmen.

Oberleitung im Fokus der Analyse

Mit der fortschreitenden Elektrifizierung der Eisenbahninfrastruktur wächst auch der Bedarf an präzisen und regelmäßigen Inspektionen der Oberleitung. Diese Aufgabe ist technisch anspruchsvoll, da insbesondere optische Messsysteme empfindlich auf Witterungseinflüsse wie Regen oder direkte Sonneneinstrahlung reagieren. Moderne Radartechnologien, die weitgehend unabhängig von diesen Umweltbedingungen arbeiten, ermöglichen jedoch eine zuverlässige Erfassung zentraler Parameter – insbesondere der Lage und Abnutzung des Fahrdrahts. Ergänzend kommen hochauflösende Videosysteme zum Einsatz, mit denen das gesamte Kettenwerk optisch inspiziert werden

© DVV Media Group GmbH

Abb. 3: Die Flotte hinter der Dienstleistung: Trägerfahrzeuge ausgerüstet mit modernster Messtechnik für verschiedene Diagnosebereiche

kann. KI-gestützte Auswertungsalgorithmen identifizieren hierbei automatisch Anomalien und unterstützen so eine effiziente und zielgerichtete Instandhaltungsplanung.

Trägerfahrzeuge

Als Träger für die Messsysteme kommen sowohl selbstfahrende Messfahrzeuge als auch gezogene Einheiten zum Einsatz. Plasser&Theurer (P&T) verfügt über ein breit gefächertes Angebot, das von selbstfahrenden Messfahrzeugen über Containerflachwagen bis hin zu Zweiwegefahrzeugen reicht. Je nach Anwendungsfall, spezifischen Messanforderungen und vorhandener Eisenbahninfrastruktur wird die optimale Lösung individuell und sorgfältig ausgewählt.

Die eingesetzten Komponenten sowie die zugehörigen Mess- und Analysefunktionen sind modular aufgebaut. Dadurch lassen sie sich flexibel und nahezu unbegrenzt miteinander kombinieren. Dieser modulare Ansatz ermöglicht eine hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Einsatzszenarien und technische Anforderungen.

Measurement as a Service

Steigender Kostendruck und wachsende technologische Komplexität treffen auf abnehmende Verfügbarkeit hoch spezialisierter Fachkompetenz in den Bahnbetreiberorganisationen. Vor diesem Hintergrund hat P&T den Bereich „Measurement as a Service" gezielt ausgebaut. Das Angebot umfasst neben der Bereitstellung modernster Messtechnik auch die komplette Dienstleistungskette – von der Durchführung der Messungen über die Analyse bis hin zur aussagekräftigen Auswertung. Damit wird sichergestellt, dass alle Messungen fachgerecht, effizient und nach höchsten Qualitätsstandards erfolgen.

Erfahrungsgemäß ist die temporäre Installation von Messsystemen auf von Kunden bereitgestellten Trägerfahrzeugen aufgrund der komplexen Integration sowie sicherheits- und zulassungstechnischer Anforderungen meist mit erheblichem Kosten- und Zeitaufwand verbunden. Daher beschränkt sich diese Vorgehensweise nur auf Ausnahmefälle. P&T bietet deshalb eine Flotte von Messfahrzeugen für professionelle Messdienstleistungen. Die aktuelle Flotte mit sechs hoch spezialisierten Fahrzeugen ist europaweit im Einsatz. Sie decken ein breites Spektrum an Mess- und Inspektionsaufgaben ab. Zusammen mit entsprechender Auswertung und Diagnostik bieten sie einen wesentlichen Beitrag zur Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Eisenbahninfrastruktur.

Die Flotte hinter der Dienstleistung

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Zulassungen besteht die Wahl zwischen verschiedenen Fahrzeugen, die in Eigenfahrt oder gezogen die geforderte Messtätigkeit ausführen (Abb. 3). Der Infrastrukturbetreiber profitiert vom einfachen Technologiezugang, da schon in der Vorbereitung das geeignete Inspektionsgerät gewählt wird. Auch innerhalb der Fahrzeuge können die verschiedenen Technologien einzeln abgerufen werden. Der Erhalt ihrer Leistungsfähigkeit sowie deren Weiterentwicklung haben immer Priorität.

Fahrwegexperten für jede Messaufgabe: Die EMVT-Serie

Der EM100VT und EM120VT sind multifunktionale Plattformen mit fast allen Messsystemen in einem Trägerfahrzeug (Abb. 4). Für Messdienstleistungen kann jede der beiden Ausführungen herangezogen werden. Die Fahrzeuge sind für den Vollbahnbetrieb konzipiert und erfüllen die Anforderungen belasteter Messungen gemäß DIN EN 13848 [1]. Mit unterschiedlichen Zulassungen können sie europaweit eingesetzt werden – im Verband oder einzeln. Auf Gleisanlagen ohne gültige Zulassung zur Eigenfahrt werden die Fahrzeuge gezogen eingesetzt. Ihre Messgeschwindigkeit von bis zu 120 km/h ermöglicht eine schnelle Abdeckung großer Schienennetze. Die bisherigen Einsätze erstreckten sich über den äußersten Norden Deutschlands bis zur südlichen EU-Außengrenze. In naher Zukunft wird die Flotte um einen weiteren EM100VT erweitert, der in Großbritannien verfügbar sein wird.

© DVV Media Group GmbH

Abb. 4: EM100VT und EM120VT bewegen sich in Eigenfahrt mit bis zu 120 km/h innerhalb des Fahrplans, können aber auch gezogen im Zugverband genutzt werden.

Mehr Flexibilität für regionale Netze mit dem Plasser InfraSpector Truck

Der Plasser InfraSpector Truck ist ein Zweiwegefahrzeug, das Messungen unter betriebsähnlicher Belastung des Gleises ermöglicht. Dank geräumiger Bauweise bietet er ausreichend Raum für umfangreiche Messtechnik, sodass sich der Zustand der Eisenbahninfrastruktur mit nur einer Messfahrt umfassend und realitätsnah bewerten lässt.

Speziell für den Einsatz in urbanen Netzen – wie U-Bahn-, Straßenbahn- und Nebenbahnsystemen – konzipiert, erfüllt das Fahrzeug die Anforderungen der Norm DIN EN 15746 [2] für Zweiwegefahrzeuge.

Der Plasser InfraSpector Truck verfügt über Messsysteme zur Erfassung der Gleislage, des Quer- und Längsprofils der Schienen sowie des Lichtraumprofils. Ein Ultraschallmesssystem befindet sich derzeit in der Installationsphase und soll bis Ende des Jahres in Betrieb gehen. Die Messsensoren sind direkt an den Drehgestellen montiert, um präzise Messungen unter realer Last durchführen zu können.

Effizient zu Infrastrukturdaten mit dem Plasser InfraSpector Container

Der Plasser InfraSpector Container stellt eine kosteneffiziente und vielseitig einsetzbare Plattform für Messsysteme dar. Die Messtechnik ist an einem handelsüblichen Containerflachwagen befestigt, während die zugehörige Elektronik in modifizierten Standardcontainern untergebracht ist. Aufgrund der geringen baulichen Anpassungen an Wagen und Container lässt sich diese Lösung in kurzer Zeit umsetzen, und der Zulassungsprozess gestaltet

© DVV Media Group GmbH

sich vergleichsweise unkompliziert. Die Steuerung der Messsysteme kann durch Personal im Container, fernbedient aus der Lokomotive oder vollständig remote erfolgen.

Flexibel einsetzbare Inspektions- und Messtechnikplattform Rospect

Der Robel Rospect ermöglicht eine modulare und einfache Integration unterschiedlichster Inspektions- und Messsysteme. Dabei kann die Spurweite von 760 bis 1435 mm mit wenigen Handgriffen angepasst werden. Das akkubetriebene Fahrzeug ist für zwei bis vier Personen ausgelegt und kann in beide Fahrtrichtungen betrieben werden. Das Ein- und Ausgleisen ist leicht zu bewerkstelligen und kann mittels Autoanhänger, Gabelstapler oder Kran erfolgen. In Sonderfällen kann der Rospect auch im Gleis als Anhänger gezogen werden. Mit einer maximalen Messgeschwindigkeit von 30 km/h schließt er somit die Lücke zwischen manuellen Messungen und schneller fahrenden Lösungen.

Erweiterung der Flotte für UK mit dem EM100VT

Die jüngste Erweiterung der Messfahrzeugflotte ist ein weiterer EM100VT von Plasser UK. In dieses Messfahrzeug flossen sämtliche Erfahrungen aus den vorangegangenen Projekten ein. Angepasst an das kompakte W6a-Lichtraumprofil entstand ein leistungsfähiges Messfahrzeug, das die individuellen Stärken seiner beiden Vorgängermodelle in sich vereint. Ausgerüstet ist der EM100VT mit Messsystemen zur Vermessung der inneren und äußeren Gleisgeometrie, des Schotterbetts, der Schienen und Schwellen sowie der Oberleitung.

Das Angebot wächst mit Versuchsträgern

Die Messfahrzeugflotte dient neben ihrer Nutzung für Dienstleistungen auch als Versuchsplattform zur Erprobung neuester Mess- und Inspektionstechnologien. Insbesondere in der abschließenden Entwicklungsphase müssen diese unter realen Betriebsbedingungen getestet werden. Das wirkt dem Trend entgegen, Innovationen erst direkt bei Kundenprojekten „weiterzuentwickeln". Mit den Messfahrzeugen lassen sich neue Systeme umfassend prüfen, bevor sie ins Produktportfolio aufgenommen und kommerziell vertrieben werden.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Fahrzeuge zu besichtigen und an Probefahrten teilzunehmen. So können Interessenten die Potenziale neuer Entwicklungen gezielt für ihre eigenen Anforderungen bewerten und sich selbst von deren Leistungsfähigkeit und Nutzen überzeugen.

Zusammenfassung

Zur ganzheitlichen Bewertung und Instandhaltung der Bahninfrastruktur hat sich ein ganzheitlicher Diagnostikansatz etabliert. Fünf klar definierte Mess- und Inspektionsbereiche liefern Aufschluss über Zusammenhänge. Diese ermöglichen sowohl eine tiefgehende Analyse einzelner Komponenten als auch eine integrierte Beurteilung der inspizierten Gesamtstrecke. Die präzise Erfassung des Infrastrukturzustands bildet die Grundlage für präventive und prädiktive Instandhaltungsstrategien, die zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Moderne Messsysteme – insbesondere optische, sensorgestützte und geophysikalische Verfahren – ermöglichen eine hochauflösende, flächendeckende Datenerhebung. Durch die gezielte Spezialisierung von Messfahrzeugen auf verschiedene Anforderungsprofile kann eine effiziente und flexible Netzbewertung realisiert werden. Der Ansatz „Measurement as a Service" bietet eine tragfähige Grundlage für die zustandsorientierte Instandhaltung im Spannungsfeld zwischen Qualitätssicherung und Kosteneffizienz. ■

QUELLEN

[1] DIN EN 13848 Bahnanwendungen – Oberbau – Gleislagequalität

[2] DIN EN 15746 Bahnanwendungen – Oberbau – Zweiwege-Maschinen und zugehörige Ausrüstungen

[3] Mohamed, O.; Buchbauer, D.: Belastete und Automatisierte Weicheninspektionen – die Praktische Umsetzung, ÖVG-Weichentagung 2023 (21. November 2023)

[4] Obexer, C.: Neues Leistungsniveau für die Inspektion der Bahninfrastruktur, DER EISENBAHNINGENIEUR 12/2023, S. 30–33

David Buchbauer
Head of Technology Centre Purkersdorf
Franz Plasser, Vermietung von Bahnbaumaschinen, AT-Purkersdorf
david.buchbauer@plassertheurer.com

Christian Obexer
Technischer Leiter
Leiter Kompetenzzentrums Messtechnik
Plasser Italiana, I-Velletri
obexer_c@plasser.it

Dr. Michael Reiter
Geschäftsleitung
Robel Rail Automation, Freilassing
michael.reiter@railautomation.com

© DVV Media Group GmbH