



Quelle: <https://www.zevrail.de/artikel/flexible-messung-und-inspektion-urbaner-und-regionaler-schienennetze>

2024 (Jahrgang 148) / Ausgabe 08 / Sprache: Deutsch

Flexible Messung und Inspektion urbaner und regionaler Schienennetze

Autoren: Christian Obexer, Lorenzo Gambarin

Zusammenfassung

Plasser & Theurer erweitert sein Angebot an Messfahrzeugen um den Plasser InfraSpector Truck, ein innovatives Zweiwegefahrzeug, speziell entwickelt für den Einsatz in städtischen und regionalen Bahnnetzen. Damit ist es möglich, die Eisenbahninfrastruktur präzise zu vermessen, indem die Flexibilität eines Zweiwegefahrzeugs mit fortschrittlichen Messtechnologien kombiniert wird. Das Fahrzeug bietet ausreichend Raum für alle notwendigen Messsysteme, die einen umfassenden Überblick über den Zustand der Infrastruktur gewährleisten. Eine einzige Fahrt genügt für eine detaillierte und wirklichkeitsnahe Einschätzung. Plasser Italiana bietet mit dem InfraSpector Truck einen europaweiten Mess-Service an. Durch die Akkreditierung als mobiles Prüflabor gemäß den aktuellen Standards sind hohe Qualität und Zuverlässigkeit der Messdaten sichergestellt.

1 Einleitung

Die Vermessung der Eisenbahninfrastruktur ist ein wesentliches Mittel, um die Sicherheit und Effizienz des Eisenbahnverkehrs zu gewährleisten. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts begann die Entwicklung von Messfahrzeugen zur Überwachung des Schienennetzes. Ursprünglich basierten diese Systeme auf rein mechanischen Lösungen, die im Laufe der Zeit durch elektromechanische Systeme ergänzt wurden. Heute stehen hochmoderne optische und Inertial-Messsysteme sowie radarbasierte Technologien zur Verfügung, die eine ganzheitliche Sicht über den Zustand der Eisenbahninfrastruktur ermöglichen und somit die Sicherheit und Effizienz des Bahnverkehrs erhöhen.

Als Träger für die Messsysteme werden entweder selbstfahrende Messfahrzeuge oder gezogene Einheiten eingesetzt. Zunehmend wird die Technologie auch auf Personen- und Güterwaggons verbaut. All diese Lösungen erlauben Messungen mit hoher Geschwindigkeit und unter Last, gemäß den realen

Betriebsbedingungen. Dies ist insbesondere für die Überwachung der Gleisgeometrie von Bedeutung, wie sie auch die Norm EN 13848-1 fest- legt.

Auf urbanen Strecken und auf Regionalstrecken werden zunehmend Zweiwege-Messfahrzeuge eingesetzt, die in Ländern wie den USA und Australien schon länger zum Standard gehören. Diese Fahrzeuge zeichnen sich durch ihre flexible Einsetzbarkeit aus und erlauben es, je nach Ausführung, auch Messungen unter realen Betriebsbedingungen durchzu- führen.

Mit dem Plasser InfraSpector Truck hat sich Plasser & Theurer für diesen Ansatz entschieden. Ziel war es, ein Zweiwegefahrzeug zu konzipieren, das Messungen unter Realbedingungen durchführen kann und groß genug ist, um ausreichend Platz für sämtliche Messtechnik zu bieten. Damit kann mit nur einer Überfahrt eine umfassende und realitätsgetreue Bewertung des Zustands der Eisenbahninfrastruktur erzielt werden. Im Folgenden wird der bei Plasser Italiana in Zusammenarbeit mit Eur. E. Ca. srl. gebaute Plasser InfraSpector Truck (Bild 1) vorgestellt.



Bild 1: Plasser InfraSpector Truck

2 Beschreibung des InfraSpector Truck

Der InfraSpector Truck ist ein Zweiwegefahrzeug, das speziell für den Einsatz im urbanen Bereich entwickelt wurde, einschließlich Metro-, Tram- und Nebenbahnnetze. Konstruiert und gebaut wurde es nach den Vorgaben der EN 15746 für Zweiwegefahrzeuge, d. h. für Fahrzeuge, die sowohl auf der Straße als auch auf Schienen fahren können. Ausgestattet mit hochmodernen Messsystemen der DRS-Alliance ist mit diesen Fahrzeugen eine detaillierte Inspektion des Gleisbetts, der Schienen und Weichen sowie der Oberleitung möglich.

Als Basisfahrgestell wurde der Mercedes-Benz Actros 2546L gewählt, ein dreiachsiger Lkw, dessen dritte Achse lenkbar ist, mit Luftfederung an den beiden Hinterachsen und Blattfedern an der Vorderachse. Die Fahrkabine ist mit einer Luftfederung ausgestattet, um maximalen Komfort während der Fahrt auf der Straße und hervorragende Isolierung während der Fahrt auf der Schiene zu gewährleisten. In der Fahrkabine gibt es insgesamt sechs zugelassene Sitze, von denen der Beifahrersitz für den Bediener der Messsysteme vorgesehen ist.

Der 6-Zylinder-Motor mit 10 677 cm³ Hubraum sorgt für ein ausreichendes Drehmoment und die erforderliche Leistung, um lange und anspruchsvolle Überführungsfahrten zu bewältigen. Das Eisenbahnfahrwerk ist vom Typ Bo'-Bo' mit zwei Drehgestellen, die mit Drehkranz, Knicklenker und Gummiprimärfederung ausgestattet sind (Bild 2). Jedes Rad wird von einem hydrostatischen Motor angetrieben. Durch den 8 x 8-Antrieb ist das Fahrzeug in der Lage, auch schwierige Steigungen zu bewältigen, z. B. bei Straßenbahnen und U-Bahnen. Dank der besonderen Bauweise können die Drehgestelle in Zukunft auch mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet werden.

Das Aufgleisen der zwei Drehgestelle erfolgt mittels Hydraulikzylinder. Dank der 90-Grad-Schwenkbarkeit des hinteren Drehgestells ist es möglich, das Gleisfahrzeug an Bahnübergängen mit einer Länge von ca. 6 m aufzugleisen. Alle Bedienelemente, für das Aufsetzen des Fahrzeugs auf das Gleis und die anschließende Fahrt auf der Schiene, sind in zwei Joysticks (Traktion und Bremsen) und einem Display mit Touchscreen-Funktionen integriert.

Hinter der Fahrkabine befindet sich das Technikmodul. Es enthält die ursprünglichen Komponenten des Lkw, die versetzt wurden, um Platz für den Einbau des vorderen Drehgestells und die Unterflur-Messsysteme zu erhalten. Außerdem befinden sich im Technikmodul alle für den Eisenbahnbetrieb erforderlichen Geräte und der Stromgenerator.

Das Büromodul (Bild 3) im hinteren Teil des Fahrzeugs ist ausreichend isoliert und klimatisiert. Ausgestattet ist es mit drei Elektroschränken zur Unterbringung der Messsysteme, einem Arbeitsbereich für zwei Bediener und dem Steuerpult für die Rückwärtsfahrt. Zugänglich ist das Modul durch eine Tür in der Rückwand des Fahrzeugs und zwei seitliche Türen, die auch als Service- und Notausgänge dienen. Das Fahrzeug ist für die Standardspurweite von 1 435 mm ausgelegt, die Drehgestelle können auch für andere Spurweiten gebaut werden. Beim Wechsel von einer in eine andere Spurweite müssen nur die Drehgestelle getauscht und die darauf montierten Messsysteme entsprechend umkonfiguriert werden. Tabelle 1 zeigt die technischen Daten des Zweiradfahrzeugs InfraSpector Truck.

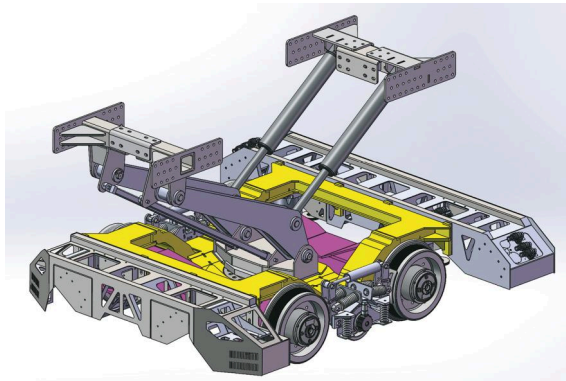


Bild 2: Drehgestell mit Drehkran, Knicklenker und Gummiprimärfederung

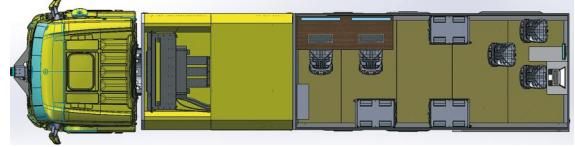


Bild 3: Draufsicht, links der Innenraum mit den Arbeitsplätzen und dem Fahrpult

Grundfahrzeug	Mercedes-Benz Actros 2546L
Leistung	335 kW @2200 rpm
Abgasstufe	Euro VI
Maximale Geschwindigkeit	Straße 90 km/h
	Gleis 60 km/h
Abmessungen	Länge: 11 300 mm
	Breite: 2 500 mm
	Höhe: 3 250 mm Straße, 3 550 mm Gleis
Radsatzabstand	Straße 5 200 mm
	Gleis 6 695 mm
Gewicht	21 t zulässiges Gesamtgewicht 26 t
Antrieb	Straße 12 Gang Automatik
	Gleis Hydraulisch, jedes Rad einzeln angetrieben
Messsysteme	Stufe 1
	<ul style="list-style-type: none"> - Gleisgeometrie - Schienenquerprofil - Schienenlängsprofil - Lichtraumprofil (inklusive Schotterprofil, Oberleitung) - Drivers View Video
	Stufe 2
	<ul style="list-style-type: none"> - Ultraschallmessung - Oberleitungsverleiß - Oberbau-Videomesssystem
	Erweiterbar
<ul style="list-style-type: none"> - Ground Penetrating Radar - Weicheninspektion - Wirbelstrommessensoren 	
Einsetzbar	Regionalbahnen
	U-Bahnen
	Tram
Spurweite	1 435 mm
	Andere Spurweiten möglich

Tabelle 1: Technische Daten des Zweibegefahrzeugs InfraSpector Truck

3 Übersicht der Messverfahren

Der InfraSpector Truck wird in zwei Schritten mit Messsystemen ausgerüstet. Zunächst werden die Messsysteme zur Erfassung der Gleisgeometrie, des Schienenquer- und Längsprofils sowie des Lichtraumprofils eingebaut. In einem zweiten Schritt werden zusätzlich Systeme für die Ultraschallprüfung der Schienen, die Messung der Oberleitungsabnutzung und ein Videosystem zur Überwachung des

Gleisbetts installiert. Außerdem kann das Fahrzeug mit weiteren Messsystemen wie Ground Penetrating Radar (Georadar), Systemen für die Weicheninspektion und mit Wirbelstrommesssensoren ausgerüstet werden. Viele Messeinrichtungen sind direkt an den Drehstellen angebracht, um Messungen unter Last durchzuführen.

3.1 Gleisgeometriemessung

Das Messsystem Plasser InertialTrackGeometry misst sämtliche in der EN 13848 spezifizierten Gleisgeometrieparameter bei einer Geschwindigkeit von 0 km/h bis zur Maximalgeschwindigkeit. Das Messsystem besteht aus einer Inertial-Mess-einheit und optischen Sensoren, welche die Ergebnisse der Inertialmessung auf die Schienen referenzieren. Da keine Minimalgeschwindigkeit notwendig ist, kann das Gleis lückenlos aufgenommen werden.

3.2 Schienenquerprofilmessung

Das Schienenquerprofil wird mit vier Lichtschnittsensoren vermessen, die dank der gewählten Anordnung das gesamte Querprofil mit einer Frequenz von 400 Hz erfassen. Dabei wird mit Hilfe eines Laserstrahls eine Lichtlinie entlang des Querprofils projiziert und mit Hochleistungs-Kameras aufgenommen. Das damit gewonnene Ist-Profil wird mit dem Soll-Profil verglichen, Differenzen werden analysiert und bewertet. Außerdem können noch Parameter wie die Schienenneigung und die äquivalente Konizität vom System automatisch berechnet werden.

3.3 Schienenlängsprofilmessung

Bei der Längsprofilmessung (Bild 4) werden wellenförmige Vertiefungen an der Schienenoberfläche detektiert und klassifiziert. Jeweils drei Abstandssensoren tasten die Schiene hochfrequent ab und ermitteln daraus die Welligkeit hochgenau für vordefinierbare Wellenlängen- bereiche.

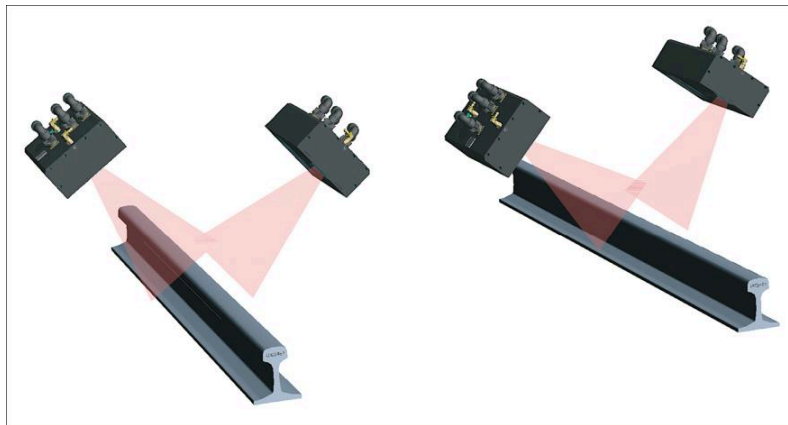


Bild 4: Sensoranordnung für die Schienenquerprofilmessung

3.4 Lichtraumprofilmessung

Das Lichtraumprofil wird mit einem LiDAR-Scanner bestimmt (Bild 5), der stirnseitig am Fahrzeug montiert ist und mit einer Frequenz von 250 Umdrehungen/sec und 7 200 Messpunkten pro Umdrehung das gesamte Umfeld vermisst. Mit der so ermittelten Punktwolke werden automatisch Analysen durchgeführt und folgende Ergebnisse festgestellt:

- Überschreitung des Lichtraumprofils,
- Schotterprofil,
- Abstand zum Nebengleis,
- Abstand zum Bahnsteig und
- Geometrie der Oberleitung.



Bild 5: Lichtraumprofilmessung mit dem InfraSpector Truck

3.5 Ultraschallmessung

Das Ultraschall-Messsystem detektiert Fehler im Inneren der Schiene, noch bevor sie ein Risiko für die Lebensdauer und Stabilität der Schiene darstellen. Die Ultraschallsensoren sind dabei so gewählt, dass sie horizontale, vertikale und transversale Risse am Schienenkopf, am Schienensteg und im zentralen Teil des Schienenfußes bestmöglich erkennen. Das Messsystem besteht aus einer Teleskopachse, auf der sich pro Schiene jeweils zwei Polyurethanräder befinden, in denen die Ultraschallsensoren installiert sind. Die gesammelten Daten werden aufgezeichnet, analysiert und visuell als B-Scan und Streifendiagramm im Fahrzeuginneren an den Bildschirmen dargestellt. Algorithmen unterstützen dabei die Auswertung und erreichen zum Teil auch schon beachtliche Ergebnisse. Die finale Beurteilung obliegt aber generell noch dem Bediener des Systems.

3.6 Oberleitungsverschleißmessung

Mit dem Oberleitungsverschleiß-Messsystem wird die Restdicke der Fahrdrähte gemessen, um Schwachstellen und Materialermüdung frühzeitig festzustellen. Das Messsystem besteht aus Zeilenkameras und einem LED-Beleuchtungssystem. Gemessen wird die Breite der Schleiffläche in Relation zum Fahrdrähtdurchmesser und daraus wird die Restdicke berechnet.

3.7 Oberbau-Videomesssystem

Das Oberbau-Videomesssystem nimmt mit hochauflösenden Zeilenkameras das gesamte Gleisbett auf. Mit den gemessenen Werten werden unter Nutzung künstlicher Intelligenz automatisch Fehler an der Schienenoberfläche, an den Befestigungsmitteln und an der Schwelle ermittelt.

Die präzise Verortung und Synchronisation der Messdaten erfolgt durch ein Drehgebersystem, das durch GNSS-Informationen und Inertial-Messdaten ergänzt wird. Außerdem sind Schnittstellen vorgesehen, um die Verortung durch RFID-Tags oder QR-Codes zu ermöglichen.

4 Bedienkonzept, Verwaltung und Darstellung der Daten

Die Bedienung der Messinstrumente erfolgt entweder aus dem vorderen Führerhaus oder, in anderer Fahrtrichtung, aus der hinteren Kabine. Ein einzelner Bediener kann dank der zentralisierten Steuerungssoftware alle Systeme verwalten, bedienen und überwachen, mit Ausnahme des Ultraschall-Messsystems, das eine separate Bedienung erfordert. Dafür ist ein eigener Arbeitsplatz in der Arbeitskabinen vorgesehen.

Der Hauptrechner tmSERVER übernimmt die zentrale Verwaltung, den Betrieb und die Überwachung aller Messsysteme. Die tmSYNC-Funktion gewährleistet eine zentrale Weg- und Zeitsynchronisation aller Messsysteme, um bereits bei der Erfassung der Rohdaten eine hohe Datenqualität zu erreichen. In Kombination mit dem Flottenmanagementsystem Plasser Datamatic, bestehend aus dem Edge-Device tmMDC und der browser-basierten Lösung tmMCO, werden die Messdaten direkt und automatisch ins Backoffice übertragen. Die Vernetzung aller am Instandhaltungsprozess beteiligten Maschinen ermöglicht einen automatisierten Ende-zu-Ende-Datenfluss, der maximale Transparenz und Effizienz für den Infrastrukturbetreiber bietet.

Experten und Entscheidungsträger benötigen Informationen über den Zustand der Infrastruktur, die in der zentralen Backoffice Software gesammelt und verwaltet werden, um mit den Analyse Tools fundierte Entscheidungen für die Infrastrukturinstandhaltung treffen zu können. Diese Informationen bieten umfassende Einblicke in den Zustand der Infrastruktur und dienen als Grundlage für die Ableitung von Maßnahmen. Basierend auf den gesammelten Daten aller Messsysteme über mehrere Messfahrten hinweg können relevante Parameter zur Zustandsbeurteilung berechnet und visualisiert werden, ein Beispiel zeigt Bild 6. Mit einem Top-down-Ansatz können von der Darstellung aktueller Messdaten auf einer Karte bis hin zu detaillierten Informationen zu einzelnen Messfahrten und Messsystemdaten tiefer gehende Details ermittelt werden. Zusätzlich können hier notwendige Schritte zur Vorbereitung für Instandhaltungsarbeiten eingeleitet werden.



Bild 6: tmOS-User Interface mit Informationen zum Zustand der Infrastruktur

5 Measurement as a Service (MaaS)

Plasser Italiana bietet mit dem InfraSpector Truck einen Vermessungsdienst (Measurement as a Service) an, der speziell für urbane Infrastrukturen in Europa ausgelegt ist. Die Flexibilität und die Fähigkeit zur autonomen Fortbewegung auf Straßen ermöglichen es dem InfraSpector Truck, Messorte schnell anzufahren und die Messungen durchzuführen. Die gemessenen und ausgewerteten Daten werden dem Infrastrukturbetreiber über die Softwareplattform zur Verfügung gestellt.

Der InfraSpector Truck wird zudem als Prüflabor gemäß der DIN ISO/IEC 17025 akkreditiert, ein entscheidender Faktor für die Gewährleistung der Qualität und Zuverlässigkeit der Messungen. Diese internationale Norm legt detaillierte Anforderungen an die Kompetenz, Unparteilichkeit und konsistente Arbeitsweise von Prüflaboren fest, um vertrauenswürdige Messergebnisse sicherzustellen. Dies ist für die Eisenbahninfrastruktur essenziell, damit durch präzise und zuverlässige Messdaten die hohen Anforderungen an Sicherheit und Qualität erfüllt bleiben. Durch die klare Definition der Kalibrier- und Einsatzprozesse ist die Messdienstleistung für unterschiedliche Bahnen schnell und vor allem zuverlässig möglich.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Plasser InfraSpector Truck ist ein Messfahrzeug, das eine detaillierte Vermessung der Eisenbahninfrastruktur ermöglicht, und die Flexibilität eines Zweibegefahrzeugs mit der Präzision neuester Messtechnologien vereint. Im Fahrzeug ist genügend Platz für sämtliche Messsysteme vorhanden, um den

gesamtheitlichen Zustand der Infrastruktur festzustellen.

Plasser Italiana bietet mit dem InfraSpector Truck einen europaweiten Mess-Service an. Durch die Akkreditierung als mobiles Prüflabor gemäß den aktuellen Standards ist hohe Qualität und Zuverlässigkeit der Messdaten sichergestellt.

Der InfraSpector Truck ist im Produktportfolio von Plasser & Theurer für unterschiedliche Spurweiten verfügbar und kann an spezifische Kundenwünsche angepasst werden. Eine kompakte Version mit weniger Messsystemen wird ab 2025 zur Verfügung stehen.