

Vernetzte Gleisbaumaschinen als Werkzeug zur digitalen Fahrweg-Instandhaltung

Der vorliegende Artikel beschreibt die Erfahrungen aus der Implementierung von neuen IT-Technologien in Gleisbaumaschinen. Technische Herausforderungen in der Konstruktion sowie auch die Potenziale für die digitale Fahrweg-Bewirtschaftung werden dargestellt.



Einleitung

Gleisbaumaschinen sind heute das Rückgrat einer leistungsstarken Eisenbahn-Infrastruktur. Über die letzten 60 Jahre konnten durch die Mechanisierung des Gleisbaus die Kosten für den Bau und den Erhalt des Fahrwegs drastisch gesenkt werden. Gleichzeitig wurde die Qualität gesteigert, vor allem sichtbar über die einzuhaltende Gleislagequalität. Dies ist ein wesentlicher Beitrag, um höhere Geschwindigkeiten zu realisieren und damit das System Bahn wettbewerbsfähig zu machen. Dadurch gewinnt die Bahn kontinuierlich Marktanteile gegenüber dem Individualverkehr und speziell auf Kurzstrecken auch gegenüber dem Flugverkehr.

Der Erfolg führt zu steigenden Erwartungshaltungen. Noch höhere Verfügbarkeit, kürzere Instandhaltungszeiten und

eine weitere generelle Kostenreduktion sind Vorgaben, die der Eisenbahn-Fahrweg zu erfüllen hat. Der Einsatz von moderner Informationstechnik auf Gleisbaumaschinen bietet genau dieses Potenzial, um die hohen Ansprüche zu erfüllen.

Heute ist der Informationsfluss rund um die Gleisbau- und Instandhaltungsmaschinen stark von manuellen Prozessen geprägt. Die Kommunikation kann dabei gravierende Auswirkungen auf die Arbeitsleistung und die Arbeitsqualität haben. Mitunter können Fehler in der Bedienung, die trotz intensiver Schulungen vorkommen, Schäden an der Bahnanlage verursachen. Besonders in dicht geplanten Bereichen kann so eine Kaskade von Zusatzkosten für ungeplante Reparaturarbeiten bis hin zu Zugausfällen für Passagiere ausgelöst werden.

Im Folgenden werden konkrete Entwicklungen an Gleisbau- und Instandhal-



Dr. techn. Florian Auer

Bereichsleitung Technologie und Innovation, Plasser & Theurer
florian.auer@plassertheurer.com



Dipl.-Ing. Krzysztof Wilczek

Head of Track Analytics
Plasser & Theurer
krzysztof.wilczek@plassertheurer.com

tungsmaschinen von Plasser & Theurer dargestellt, in Bezug auf die Prozesse der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitsdurchführung sowie der Arbeitsabnahmen.

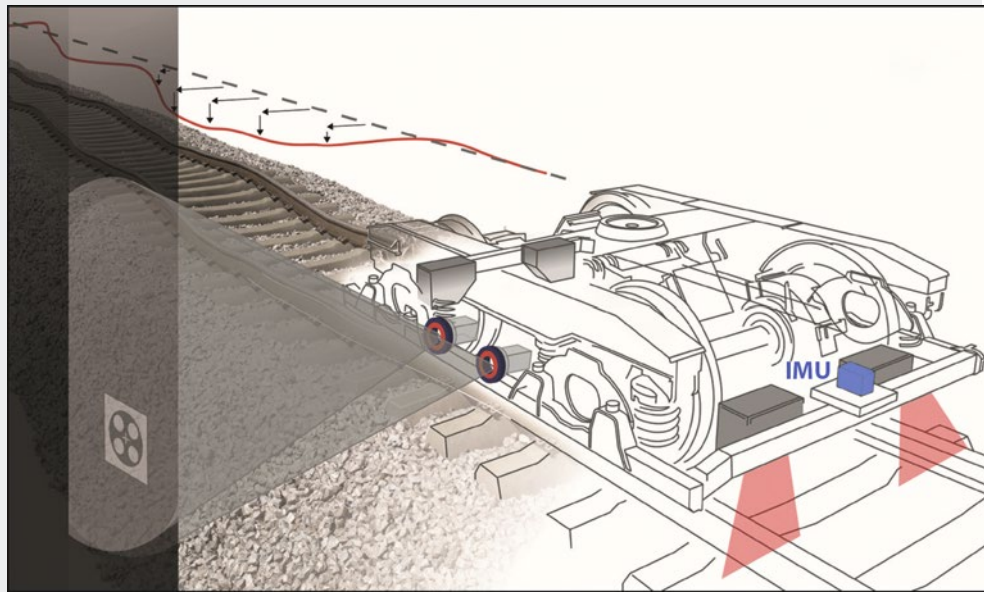
Arbeitsvorbereitung – Angewandte Bildverarbeitung auf dem EM100VT bzw. smarten Stopfmaschinen

Der Eisenbahn-Fahrweg zeichnet sich durch höchste Lagequalitäten im Millimeter- und Submillimeterbereich aus. Durch den Betrieb kommt es zu geringfügigen Setzungen innerhalb des Schottergleises und des anstehenden Untergrunds. Diese Setzungen werden durch mechanisierte Durcharbeitszüge, bestehend aus Nivellier-, Richt- und Stopfmaschinen, einem Dynamischen Gleisstabilisator und entsprechenden Schotterprofil-Managementsystemen, in ihre geometrische Soll-Lage gebracht.

Auf stark beanspruchten Schottergleisen hat sich für die Ermittlung der geometrischen Soll-Lage das sogenannte Prä-



1: Selbst bei 100 km/h erzeugt das Stereo-Kamera-System scharfe Bilder der äußeren Gleisgeometrie



zisionsverfahren durchgesetzt. Mit dieser Methode werden die Gleise in ihre präzise dreidimensionale, koordinativ eingemessene Soll-Lage repositioniert. Entsprechend präzise und robust gegen Umwelteinflüsse müssen die verwendeten Vormesssysteme ausgestaltet sein.

Damit die Vermessung der äußeren Gleisgeometrie auch bei höheren Geschwindigkeiten erfolgen kann, musste ein Vormesssystem auf Basis von Stereo-Kamera-Technologie entwickelt werden.

Jede Seite des Messrahmens ist mit je zwei Kameras bestückt, die pro Sekunde 160 IR-Bildpaare in einer Auflösung von je fünf Megapixeln aufnehmen. Jede Kamera produziert dabei einen Datenstrom von zehn Gigabit pro Sekunde, der von der Software des Referenced-Track-Geometrie-Systems in Echtzeit ausgewertet wird. Die Verwendung von Hochleistungs-IR-Blitzen erlaubt eine Belichtungszeit von nur 25 µs, sodass auch bei 100 km/h in der Vorbeifahrt gestochen scharfe Bilder aufgenommen werden können. Der Infrarotbereich wurde bewusst mit 660 nm so gewählt, dass noch genug sichtbarer Anteil des Lichtes einen Lidchlussreflex beim Betrachter auslöst. Das entspricht den Anforderungen europäischer Richtlinien im Sinne der Norm DIN EN 62471:2009 (Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen). Darüber hinaus werden die IR-Blitze, außer bei der Kalibrierung des Systems, nicht im Stillstand betrieben.

Die Fotos der Fixpunktmarker werden zuerst hoch aufgelöst und im Sinne einer stereofotogrammetrischen Analyse derart überlagert, dass es möglich wird, den Abstand der Fixpunktmarker gegenüber dem geometrischen Zentrum der beiden Kameras exakt zu bestimmen. Unter Einbeziehung des Überhöhungssignals aus dem inertialen Gleislage-Messsystem und berührungslosen Distanzmessgebern kann die Entfernung zum Marker in ihre horizontale und vertikale Komponente aufgetrennt werden.

Das neue Messsystem zur Bestimmung der äußeren Geometrie besteht durch eine kompakte Ausführung. Da alle Komponenten

auf einem adaptierten Drehgestell verbaut werden können, lässt sich das System auf verschiedenen Typen von Gleisbaumaschinen installieren. Die Erstentwicklung erfolgte am Plasser & Theurer-Versuchsträger EM100VT. Mittlerweile wird das System auch schon auf Stopfmaschinen genutzt, sowohl zur Vormessung der äußeren Geometrie als auch zur unmittelbaren Nachmessung der äußeren Geometrie während der Arbeit.

Dies ist ein Quantensprung in der Bestimmung der äußeren Geometrie des Gleises inklusive Steigerung der Prozesssicherheit auf Gleisbaumaschinen. Als erster Infrastrukturbetreiber hat die ita-

2: Die streckenseitig notwendigen Referenzpunktmarker sind so design, dass herkömmliche Mastbolzen weiter genutzt werden können (z. B. Test auf einer ÖBB-Versuchsstrecke)





3: Stopmaschinen mit Teleskopauszug zur Umfelderkennung

lienische RFI begonnen, auf einem Teil der Hochgeschwindigkeitsstrecke Mailand–Bologna die Mastbolzen mit den neuen Markern auszurüsten und eine Bestandsstopfmaschine des Typs 08-275 UNIMAT COMBI mit dem neuen Fixpunkt-Messsystem nachzurüsten. Dieser Feldtest ist derzeit der größte seiner Art.

Arbeitsdurchführung – Assistenzsystem auf Infrabel 08-4x4/4S

PlasserSmartTamping – The Assistant stellt die zweite wichtige digitale Innovation im Gleisbau dar. Hier liegt der Fokus auf der Einfachheit einer fehlerlosen Bedienung. Durch das Assistenzsystem wird der Be-

diener bei seiner anspruchsvollen Aufgabe der Aggregatsteuerung entlastet und gleichzeitig die Qualität der Stopfung gesteigert. Dieser Weg führt in die Zukunft des Gleisbaus, zur autonom arbeitenden Maschine.

Bei der Entwicklung des Weichenstopf-Assistenzsystems wurde das Ziel verfolgt, ein Assistenzsystem gemäß Stufe 3 der Norm SAE J3016 (zur Charakterisierung des autonomen Fahrens von straßengebundenen Kraftfahrzeugen) auszugestalten. Bei dieser Stufe der Automatisierung werden vom System Handlungsempfehlungen erarbeitet, die der Bediener vor der eigentlichen Aktion bestätigen muss – er dient hier auch als Rückfallebene.



4: Stopfkabine mit dem Assistenzsystem PlasserSmartTamping – The Assistant

Die für das Weichenstopf-Assistenzsystem notwendigen Hardware-Komponenten, ein Rotationslaser, vier Lichtschnittsensoren und eine Farbkamera, wurden so gewählt, dass die Hardware austauschbar ist und die Software modular angepasst werden kann. Beim Design wurde neben den Anforderungen an die Genauigkeit besonders auf Robustheit und Wartungsfreundlichkeit geachtet.

Die Einzelscans bzw. -aufnahmen werden basierend auf ihrer Position zum Aufnahmezeitpunkt zu einem positionsgenauen 3D-Abbild der Realität zusammengeführt. Gleichzeitig wird innerhalb des Modells die Lage der Maschine und jedes einzelnen Aggregates laufend aktualisiert und somit ein 3D-Abbild der relevanten Maschinenteile ins Gesamtmodell überführt. Dieses bildet somit die Grundlage für jede Entscheidung des Assistenten. Um schnellen Betrieb zu gewährleisten, erfolgt dies mit kleinstmöglicher Latenzzeit mit hoch paralleler Datenverarbeitung.

Zur Ermittlung der Stopfvorschläge sind jene Bereiche automatisiert zu finden, an denen Aktionen notwendig sind. Dazu werden verschiedene Bildverarbeitungssysteme in Verbindung mit künstlicher Intelligenz systemisch vernetzt. Für das Weichenstopf-Assistenzsystem konnten erstmals die kompletten Softwaremodule für Stopfmaschinen nicht mehr „an der Maschine“, sondern am Weichenstopf-Simulator entwickelt werden. In einer erweiterten „Hardware in the Loop“-Anwendung wurde das Weichenstopf-Assistenzsystem im Zusammenspiel mit dem Simulator aufgebaut und auch dort getestet. Die kurze Vorlaufzeit ist auf dieses neue Verfahren zurückzuführen.

Den Stopfern bzw. dem Stopfer werden die jeweiligen Aggregataktionen bereits mehrere Meter vor dem eigentlichen Stopfaggregat zum Vorschlag gebracht. Die Stopfer haben ausreichend Zeit zur Analyse und können den Vorschlag gegebenenfalls rechtzeitig adaptieren.

Im Spätsommer 2020 wird die erste Stopfmaschine mit dem Assistenzsystem PlasserSmartTamping – The Assistant als Kundenprojekt an den belgischen Infrastrukturbetreiber Infrabel ausgeliefert. Nach einer Implementierungszeit, in der sich das System mit den Weichenkomponenten vor Ort in Belgien vertraut macht, ist das digitale Zeitalter endgültig eingeläutet.

Vollständig wird das digitale Bild durch die Art der Datenaufbereitung und -übergabe. Es gilt, die Vielzahl an digitalen Informationen den Maschinen- und Infrastrukturbetreibern in einfacher Weise bereitzustellen.

Arbeitsabnahme – neues Abnahmeprotokoll

Der Fahrweg wird digitalisiert, Maschinen werden „smart“ und arbeiten zunehmend automatisiert und vernetzt. Aus Sicht der Maschinenflotte steigen Verfügbarkeit und Prozesssicht sichtbar an.

Der Machine Condition Observer (MCO) ist ein integriertes Maschinen-Informationssystem, das alle Datenquellen in einer zentralen Plattform leicht zugänglich zur Verfügung stellt.

Das System ist eine webbasierte, einfach zu bedienende Lösung, speziell entwickelt für Betreiber von Bahnbaumaschinen.

Es schließt die Informationslücke zwischen Maschine, Schiene und Betreiberpersonal, wofür lediglich eine Internetverbindung und ein Endgerät (Laptop, Tablet) erforderlich sind. Alle Daten werden in einer zentralen Anwendung zur Verfügung gestellt. Vom Nutzen des Systems profitieren alle Ebenen des Betreibers, vom Maschinenbediener über den Flotten- und Instandhaltungsmanager bis zum Management.

Einsatzleiter und Disponenten haben hiermit einen Überblick über die Richtung der Maschine, in der sie zum Einsatzort gebracht wird, über die Füllstände der Betriebsmittel und über die Produktivität der Maschine.

Zusätzlich werden Maschinenparameter und -meldungen aufgezeichnet. Die Schlüsselfaktoren für die Arbeitsleistung stehen dadurch für Betrachtungen über größere Zeiträume zur Verfügung. Für Servicezwecke können die Umstände rund um Störfälle im Einsatz analysiert werden.

Durch die Auswertung der Signale in Langzeitbeobachtungen lassen sich Verschleißerscheinungen früh erkennen.

Für den Infrastrukturbetreiber ermöglichen die beschriebenen Systeme volle Transparenz durch die neue Art der Nachweisdokumentation. Im Stopfprotokoll werden alle qualitätsrelevanten Aspekte aufgezeichnet. Im Aufzeichnungsmodul des Weichenstopf-Assistenzsystems erfolgt die Verknüpfung des digitalen Fahrweg-Zwillings mit den Arbeitsparametern der Maschine.

Die Transparenz bei der Qualitätskontrolle von Stopfarbeiten erreicht damit einen neuen Qualitätslevel. Der Infrastrukturbetreiber kann in einfacher Weise alle für ihn relevanten Qualitäts- und Arbeitsparameter wie Stopfpickelpositionen, Stopftiefen, Beistellauern etc. in digitaler Form und unmittelbar (Anm.: bei aufrechter Internetverbindung) abrufen.

Für Ihre Werbeplanung – die kommenden Ausgaben im Überblick

THEMEN

11/2020

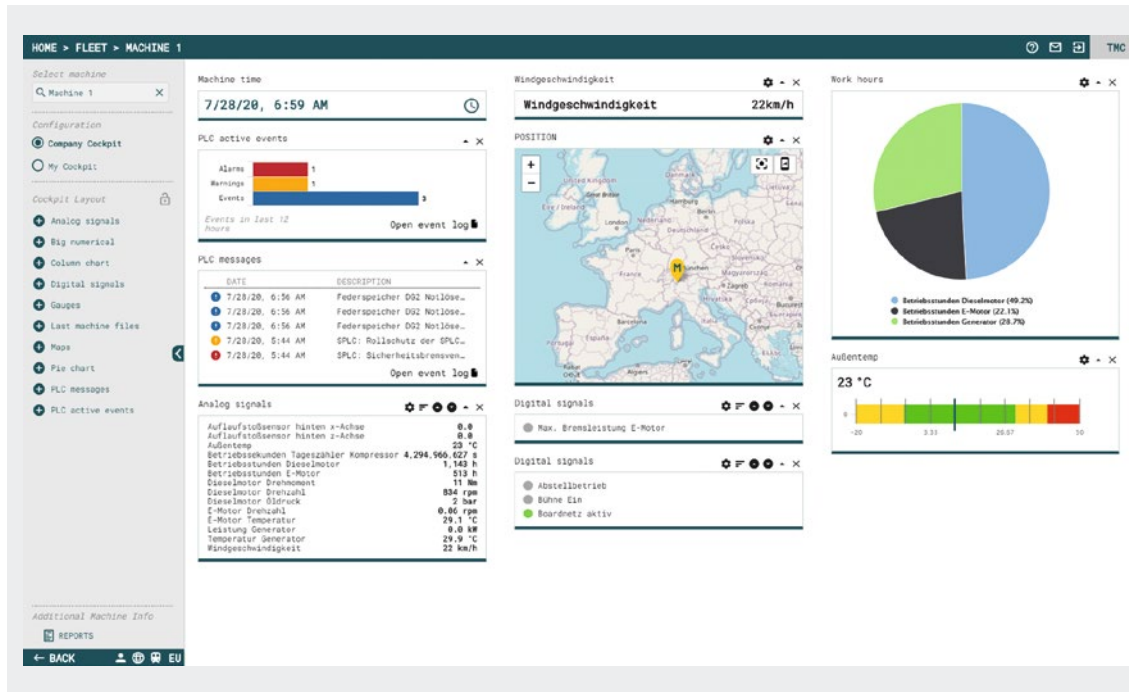
- Betriebsleit- und Kommunikationstechnik
- Bahnlärmmonitoring
- Hybrid-Antriebssystem für Lokomotiven
- Ceneri-Basistunnel

Erscheinungstermin: 10.11.2020
Anzeigenschluss: 12.10.2020
Druckunterlagenschluss: 15.10.2020

12/2020

- Service und Instandhaltung, Reinigung
- Predictive Maintenance/ Diagnose
- Trends in der Fahrweginstandhaltung
- Modernisierung von Güterwagen
- Mit ETR-Austria 4/20

Erscheinungstermin: 08.12.2020
Anzeigenschluss: 10.11.2020
Druckunterlagenschluss: 13.11.2020



5: Machine Condition Observer MCO: Übersicht über Maschinen-daten, Standort

Resümee

Die digitale Revolution hat im Bereich der Gleisbaumaschinen Einzug gehalten. Dies wurde vor allem durch die Leistungssteigerung in der Bildverarbeitung und durch echtzeitfähige Künstliche-Intelligenz-Anwendungen ermöglicht.

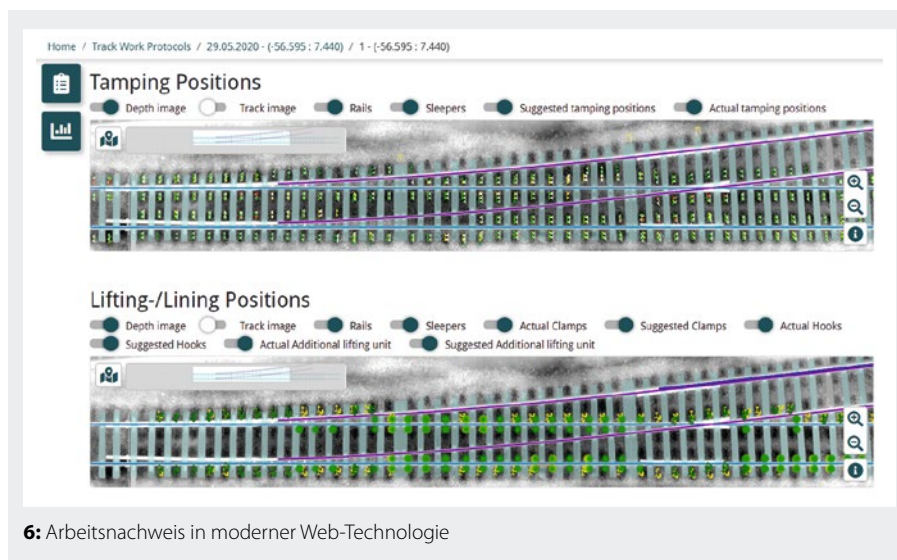
Die Bestimmung der äußeren Geometrie des Gleises ist nun mit 100 km/h Messgeschwindigkeit möglich, das neu entwickelte Messsystem kann auf allen Arten von Gleisbaumaschinen eingesetzt wer-

den, z.B. auf Messfahrzeugen und Stopfmaschinen.

Plasser & Theurer ist mit der Entwicklung des Weichenstopf-Assistenzsystems PlasserSmartTamping – The Assistant ein wichtiger Schritt zur weiteren Automatisierung auf Stopfmaschinen gelungen. Das Assistenzsystem dient der automatisierten Unterstützung von Stopfarbeiten in Weichen und Kreuzungen.

Durch das neue Aufzeichnungsmodul ist es möglich, eine gänzlich neue Art der Nachmessdokumentation zur Verfügung

zu stellen. Transparenz, Arbeitsqualität und Prozesssicherheit werden damit gesteigert. Maschinen- und Infrastrukturbetreiber erhalten digitale Informationen über auf ihre Aufgabenbereiche zugeschnittene digitale Baukästen.



6: Arbeitsnachweis in moderner Web-Technologie

Literatur

[1] Florian Auer, David Buchbauer, Martin Bürger, Andreas Theiss, Georg Jodlbauer, Gerald Zauner: „Smart Tamping – Anwendungsmöglichkeiten des Weichenstopf-Assistenzsystems“, ZEV Rail 142 (2018), S. 38 ff
 [2] Florian Auer, Martin Bürger, Christoph Gieber, Gerald Zauner: „Gleisgeometriemesssystem der neuen Generation – Messung der äußeren Gleisgeometrie bei 100 km/h, EI | FEBRUAR 2019, S. 36 ff

Summary

Networked track-laying machines as a tool for digital track maintenance

The present article describes experiences from the implementation procedure of new IT-technologies of track-laying machines. Technical challenges in design as well as the potentials for digital track management are presented.