

Vernetzte Instandhaltung im End-to-End-Prozess

Mit integrierten Lösungen zu höherer Verfügbarkeit und mehr Kapazität

FABIAN HANSMANN

Im Jahr 2026 ist die Eisenbahn ein hochkomplexes, europaweit vernetztes Verkehrssystem [1]. Sie ist ein unverzichtbarer Pfeiler der Mobilität und das Fundament für nachhaltige Entwicklung. Steigende Nachfrage erhöht jedoch die Anforderungen an die Verfügbarkeit der Anlagen. Durch Mechanisierung, Digitalisierung und Automatisierung in den letzten Jahrzehnten hat der Gleisbau kontinuierliche Steigerungen der Produktivität erzielt [2]. Moderne Maschinen leisten heute in wenigen Stunden, wofür früher lange Gleissperren notwendig waren. Dennoch steht die Zukunft des Gleisbaus vor großen Herausforderungen [5]. Steigende Nachfrage im Schienenverkehr führt zu wachsendem Anstieg der Netznutzung. Doch mit dem steigenden Kapazitätsdruck rückt ein struktureller Zielkonflikt in den Vordergrund: Die Infrastruktur muss leistungsfähig bleiben, benötigt dafür aber regelmäßige Instandhaltung – und diese beansprucht wertvolle Trassenzeit.

Gleisverfügbarkeit versus Arbeitsleistung: Ein ewiger Konflikt?

Ein möglicher Zielkonflikt zwischen Verfügbarkeit der Anlagen und Bauleistung scheint unausweichlich. Steigt die Auslastung der Infrastruktur, so erhöhen sich auch der notwendige Aufwand für Instandhaltung und die damit verbundenen Sperrpausen. Doch um die Strecke maximal auszulasten, werden verfügbare Sperrpausen immer kürzer. Zeit für Gleisbauarbeiten bleibt oft nur in Wochenendsperren oder im Zuge von Nachtbaustellen. Kurze Bauabschnitte führen zu heterogener Gesamtqualität, und die Einheitskosten steigen.

Für eine Priorisierung der Bauleistung wären dagegen längere Sperrungen günstiger, die jedoch umfangreiche betriebliche Auswirkungen hätten. Diese stellen angesichts der steigenden Netzauslastung erhebliche Herausforderungen dar – selbst dann, wenn eine teilweise Umleitung des Verkehrs im Netz möglich wäre.

Da beide Varianten offensichtliche Nachteile aufweisen, stellt sich die Frage, ob eine optimierte Ausnutzung von Sperrpausen und die langfristige Planung von Maßnahmen mögliche Lösungsvarianten wären, ohne in das eine (kurze Sperrpausen) oder andere (Korridorbaustellen) Extrem abzugleiten.

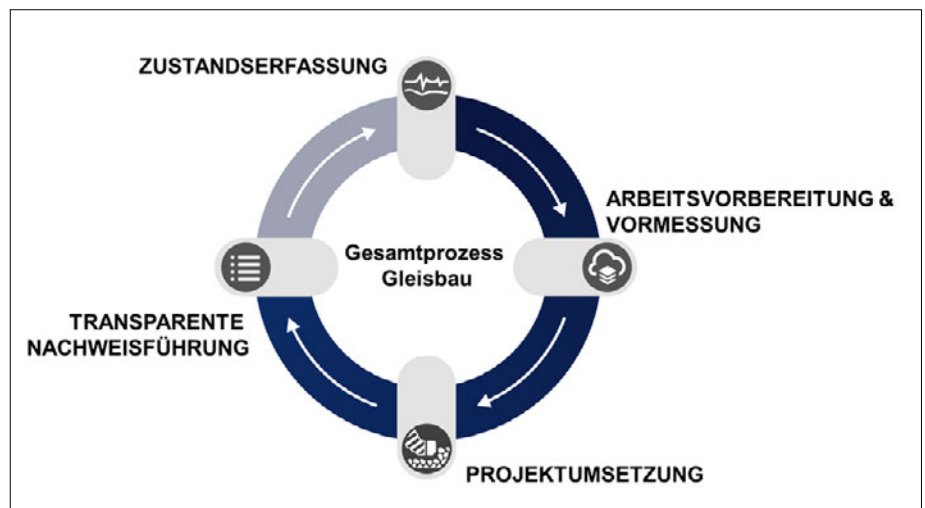


Abb. 1: End-to-End-Prozess im Gleisbau: Zustandserfassung, Arbeitsvorbereitung und Vermessung, Projektumsetzung sowie transparente Nachweisführung bilden einen geschlossenen Kreislauf und sichern einen durchgängig abgestimmten Ablauf. *Quelle aller Abb.: Plasser & Theurer*

Die Erfahrung zeigt: Um bestehende Sperrpausen bestmöglich zu nutzen, reicht die Leistungssteigerung der Maschinen allein vielfach nicht mehr aus, denn die tatsächlich erzielbare Arbeitsleistung wird von einer Vielzahl von Parametern bestimmt wie der Länge der Gleissperren, der Logistik, der Maschinenverfügbarkeit und der sicherungstechnischen Rahmenbedin-

gungen. Lediglich eine systematische Optimierung des Gesamtprozesses „Gleisbau“ vom Neubau der Anlage bis zu ihrem Ersatz ermöglicht eine nachhaltige Effizienzsteigerung.

Integrierter Gesamtprozess

Systematische Optimierung des Gleisbaus im Sinne eines End-to-End-Prozesses erfordert die

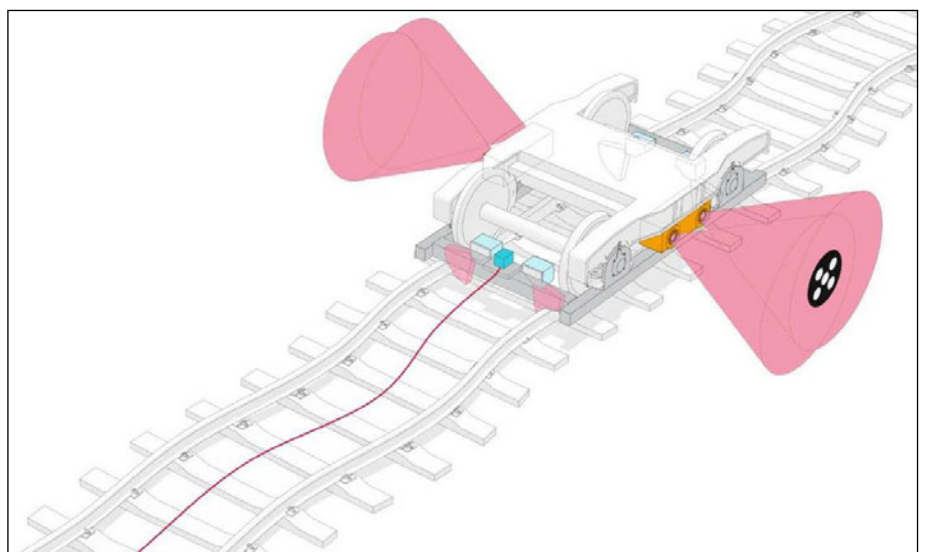


Abb. 2: Berührungslose Gleisgeometriemessung mit ReferencedTrackGeometry (RTG): Ein Inertial-Messsystem und Stereokameras erfassen die Gleislage unter Betriebsbedingungen und liefern hochgenaue, referenzierte Daten als Grundlage für Korrekturwerte in der Instandhaltung und für Neubauprojekte.

Betrachtung des Gesamtprozesses. Datenerfassung, Planung, Ausführung und Dokumentation sollten nahtlos ineinandergreifen, um Abläufe zu beschleunigen, Sperrzeiten zu reduzieren und die Qualität zu steigern. Im Mittelpunkt steht nicht die Verbesserung einzelner Schritte, sondern die Identifikation des kritischen Weges und das abgestimmte Zusammenspiel aller Phasen – von Zustandserfassung über Arbeitsvorbereitung bis zur Umsetzung und transparenten Nachweisführung (Abb. 1).

Jeder Prozessschritt setzt sich aus verschiedenen Bausteinen mit unterschiedlichem Optimierungspotenzial zusammen. Vorteile bei der Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit werden jedoch nicht erst bei der Implementierung aller Teilschritte erzielt, sondern jeder einzelne Baustein kann schon durch intelligentere Nutzung bestehender Systeme einen Beitrag zu effizienterer Baustellenabwicklung und damit höherer Gleisverfügbarkeit leisten [2].

Zustandserfassung

Entscheidungen im System Bahn wirken langfristig und erfordern Planungszeiträume, die oft viele Jahre umfassen. Für ein belastbares Assetmanagement ist deshalb die kontinuierliche Zustandsüberwachung des Fahrweges unverzichtbar. Sie liefert die fachliche Grundlage, um geeignete Instandhaltungsmaßnahmen abzuleiten und die notwendigen Mittel rechtzeitig einzuplanen.

Fortlaufende Erfassung des Anlagenzustands erhöht die Planungssicherheit und ermöglicht es, anstehende Maßnahmen frühzeitig zu kommunizieren – ein wichtiger Beitrag zur Akzeptanz künftiger Bauprojekte. Auf Basis umfassender Fahrweginformationen lassen sich Eingriffszeitpunkte bestimmen, indem die verbleibende Verschleißreserve der Kompo-

ponenten mit den betrieblichen Auswirkungen abgewogen wird. Gleichzeitig erlaubt eine ganzheitliche Analyse aller relevanten Datenquellen, verschiedene Arbeiten in gemeinsamen Sperrfenstern zu bündeln und so die Verfügbarkeit der Infrastruktur insgesamt zu erhöhen.

Die wesentlichen Messungen für die Fahrweginstandhaltung lassen sich in sechs Diagnostikbereiche gliedern: Unterbau, Schotterbett, Schiene, Schwelle, Weiche und Oberleitung.

Entscheidend ist heute, die Daten für diese Bereiche mit Messgeschwindigkeiten zu erfassen, die sich in den regulären Zugbetrieb integrieren lassen. So entstehen keine zusätzlichen Sperrpausen, und mögliche handgeführte Messarbeiten können entfallen. Denn Messverfahren, die ein Betreten des Gleises voraussetzen, schränken die Verfügbarkeit der Strecke ein, binden Zeit und erfordern umfangreiche Sicherungsmaßnahmen.

Ein berührungsloses, hochpräzises Gleisgeometrie-Messsystem schafft hier Abhilfe und kann manuelles Aufmessen ersetzen (Abb. 2). In einem mehrstufigen Verfahren wird die referenzierte Gleislage ermittelt. Dabei führt ein Inertial-Messsystem die Messung dank der Positionierung auf einem belasteten Drehgestell unter realistischen Betriebsbedingungen mit bis zu 80 km/h durch. Die erfassten inneren Geometriedaten bringt ein ergänzendes Stereokamera-Messsystem in Bezug zu Fixpunkten (ReferencedTrackGeometry RTG). In einem Post-Processing-Verfahren werden die Daten in einem vom Auftraggeber definierten Koordinatensystem ausgegeben. Das Ergebnis: hochgenaue, absolute Vermessung der Gleisachse und Gleislage gemäß den hohen Anforderungen der Ril 883.

Mit dem RTG-System können Korrekturwerte für die Instandhaltung mit der Stopfmaschine gewonnen werden. Zudem bietet das Messverfahren inklusive Post-Processing auch Potenziale für Erneuerungsprojekte [3].

Ein weiteres Beispiel ist die automatisierte Weicheninspektion. Bisher war dies in Handarbeit mit einer Weichenmesslehre personal- und zeitintensiv. Dazu kommen der Sicherheitsaspekt und die nachteiligen Auswirkungen auf den Betrieb. Messarbeiten in Weichen beeinflussen mehrere Gleise zugleich. Nun erfasst ein berührungsloses Messsystem bei kurzer Überfahrt alle erforderlichen Parameter wie z.B. unterschiedliche Leit- und Rillenweiten der Systembauteile. Die Kombination aus 3D-Laser-Vermessung und High-Speed-Videotechnik erleichtert die Auswertung des Zustands von Schlüsselkomponenten wie Herzstück, Zungen oder den Antriebseinheiten. Zusätzlich zur gesteigerten Messleistung muss kein Mensch den Gefahrenbereich betreten, um diese Daten zu gewinnen.

Arbeitsvorbereitung, Vormessung und Bestandsdokumentation

Digitale Zwillinge verbessern die Planungsqualität erheblich. LiDAR-Scans und kamerabasierte Systeme erzeugen realitätsnahe Abbilder, die alle notwendigen Informationen für die Arbeitsvorbereitung beinhalten. Damit können zeitintensive Ortsbegehungen entfallen, und die Daten stehen jederzeit in hoher Qualität zur Verfügung.

Inventarisierung für digitales Bauen

Bis heute zählen Gleisbegehungen zum geforderten Standard, wenn eine Baumaßnahme notwendig ist. LiDAR-Rotationsscanner und hochauflösende Kamerasysteme kombiniert

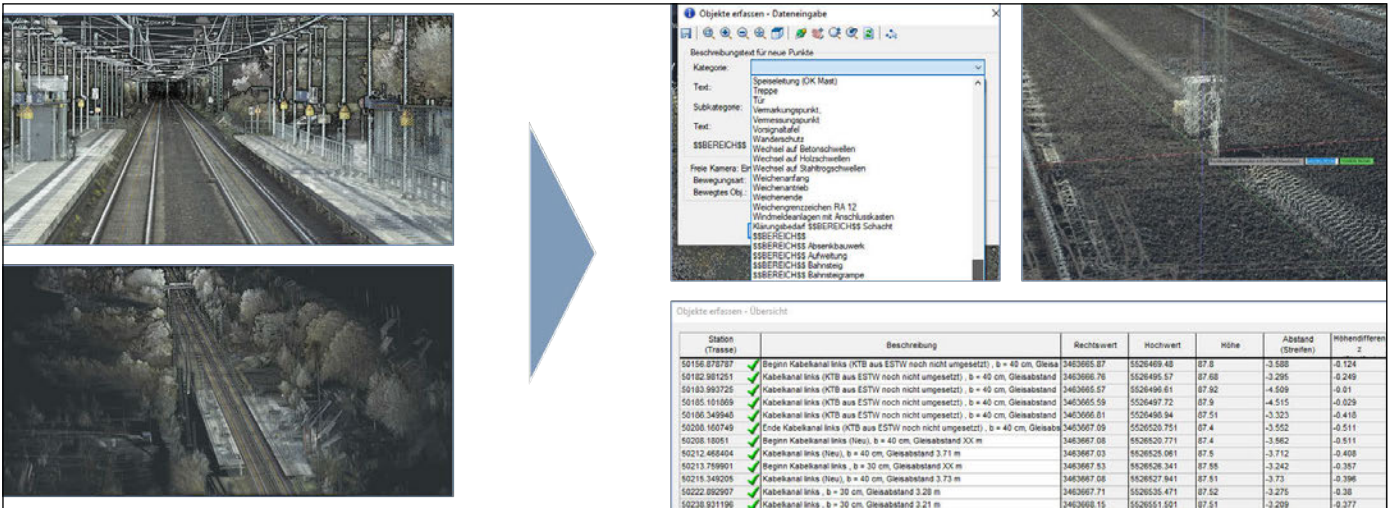


Abb. 3: Punktwolkenanalyse und KI-gestützte Objekterkennung sorgen für ein aktuelles, präzises Infrastrukturinventar – die Grundlage für sichere Planung, transparente Änderungen und verlässliche Kostenkontrolle.

mit Messsystemen schaffen eine Alternative. Maße und Vor-Ort-Informationen aller Art können in höchster Qualität jederzeit in der Planungsphase dem digitalen Abbild entnommen werden. Mit modernen Verfahren lassen sich in wenigen Stunden jene Daten zielorientiert erfassen, für die herkömmliche Methoden deutlich mehr Zeit benötigen. Die digitale Bestandsaufnahme hat auch bei Neubauprojekten einen großen Vorteil. Objekterkennung erfolgt mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) vollautomatisch in jeweils spezifische Klassen. Unterschiedliche Objekte können individuell gespeichert werden. Das vermessene und gekennzeichnete Inventar wird in die Datenbank des Infrastrukturbetreibers übertragen. Diese umfassende Dokumentation der Assets über den gesamten Lebenszyklus erleichtert jeden Arbeitsschritt für späteres Monitoring und die Planung der Instandhaltung [6]. Sie bildet darüber hinaus die Grundlage für eine objektorientierte Zustandserfassung (Abb. 3).

Digitaler Arbeitsprozess reduziert Schnittstellenprobleme. Jede Stopfmaschine benötigt detaillierte Korrekturwerte, um die Soll-Geometrie in einzelnen Arbeitsgängen abhängig von Vorgaben der Infrastrukturbetreiber herzustellen. Dazu wurden bisher im Regelfall nach der Vormessung im Büro bearbeitete Daten vor der Arbeit per USB-Stick auf der Maschine in den Leitcomputer (SmartALC) eingespeist. Heute kann der komplette Ablauf von der zuvor beschriebenen Messung der Ist-Gleisgeometrie über die Analyse und Bearbeitung der Korrekturwerte bis zur Einspeisung in die Stopfmaschine in einem digitalen System (tmOS) abgewickelt werden (Abb. 4). Daten aus unterschiedlichsten Quellen (herstellerunabhängig entlang des gesamten Prozesses) werden so in einem System zusammengeführt. Im Mittelpunkt steht die Idee, alle technischen und organisatorischen Abläufe in einen durchgängigen digitalen Prozess [4] zu überführen, der von

der ersten Zustandserfassung bis zur finalen Dokumentation konsistent bleibt. Dadurch entsteht eine Arbeitskette, in der Informationen verlustfrei weitergegeben werden und Entscheidungen auf einer gemeinsamen Datenbasis beruhen.

Projektumsetzung

Zentraler Abschnitt jeder Instandhaltungs- oder Investitionsmaßnahme ist die Bauausführung. In diesem Schritt entscheidet sich, wie effizient das zuvor erstellte Konzept umgesetzt werden kann und welche Qualität die bearbeitete Infrastruktur erreicht. Angesichts knapp bemessener Sperrpausen und steigender Anforderungen an Präzision gewinnt die technische Unterstützung durch Assistenzsysteme, automatisierte Abläufe und integrierte Maschinenteknik zunehmend an Bedeutung. Moderne Bauverfahren sorgen dabei für höhere Arbeitsleistung, stabilisieren den Gesamtprozess und reduzieren Abhängigkeiten von stark belastetem Fachpersonal.

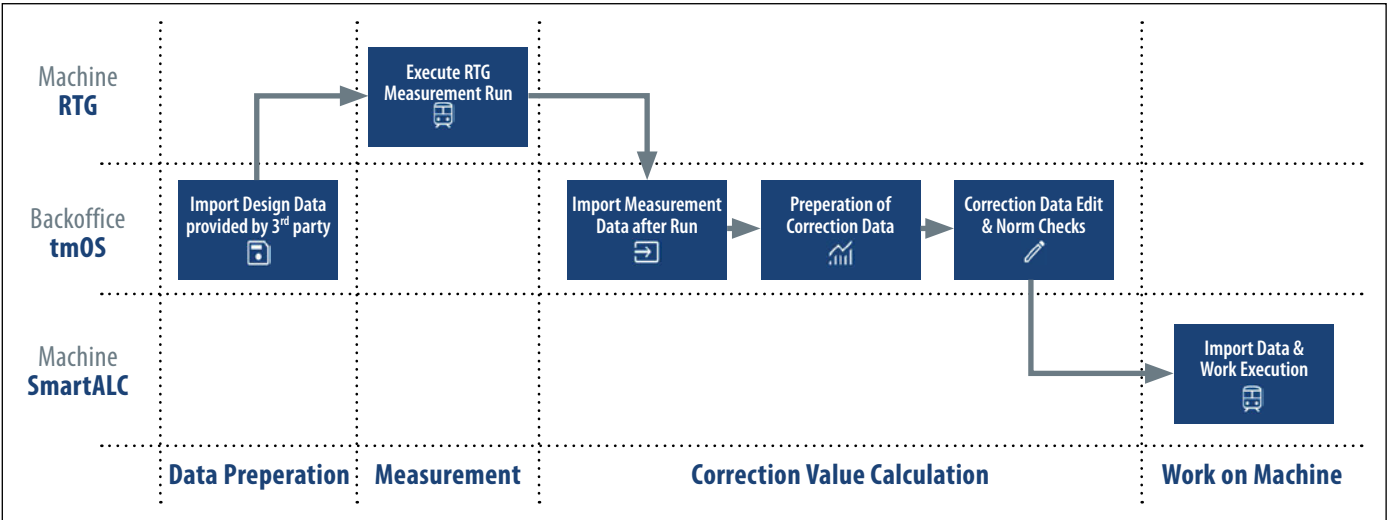


Abb. 4: Digitaler Arbeitsprozess: Korrekturwerte werden heute vollständig digital erzeugt und direkt in die Stopfmaschine übertragen.



Abb. 5: Autonome Stopfung einer Weiche ohne Bedienpersonal in der Stopfkabine bei einer Vorführung im Rahmen der iaf 2025

Automatisierung der Arbeit
durch Assistenzsysteme

Assistenzsysteme spielen auf dem Weg zur autonomen Maschine (Abb. 5) eine Schlüsselrolle. Sie erleichtern die Arbeit des Bedienpersonals, steigern Qualität und Leistung und helfen dabei, den Fachkräftemangel abzufedern. Ziel ist es, Maschinen „intelligenter“ zu machen, indem sie in die Lage versetzt werden, ihre Prozesse zu überwachen, anzupassen und teilweise autonom zu optimieren.

Der Plasser TampingAssistant ist ein durch KI-gestütztes Assistenzsystem, das automatisierte Positionierung und Konfiguration der Arbeitsaggregate beim Stopfen ermöglicht und damit den Weg zur autonomen Gleisstandhaltung ebnet. Auf Basis hochauflösender Sensordaten – unter anderem aus Rotationslaserscannern und Linienschnittsensoren – erzeugt das System ein detailliertes Tiefenbild des Arbeitsraums. KI erkennt dabei Oberbaukomponenten wie Schienen, Schwellen

und Weichenteile sowie Hindernisse wie Kabel oder Weichenantriebe und klassifiziert diese Objekte in mehr als 60 Kategorien [7].

Integration mehrerer Arbeitsschritte
in einer Sperrpause

Da der Gleisbau heute vor der Aufgabe steht, zahlreiche Arbeitsschritte in immer kürzeren Sperrpausen zu bewältigen, gewinnt die Bündelung verschiedener Maßnahmen in einer durchgehenden Prozesskette zunehmend an

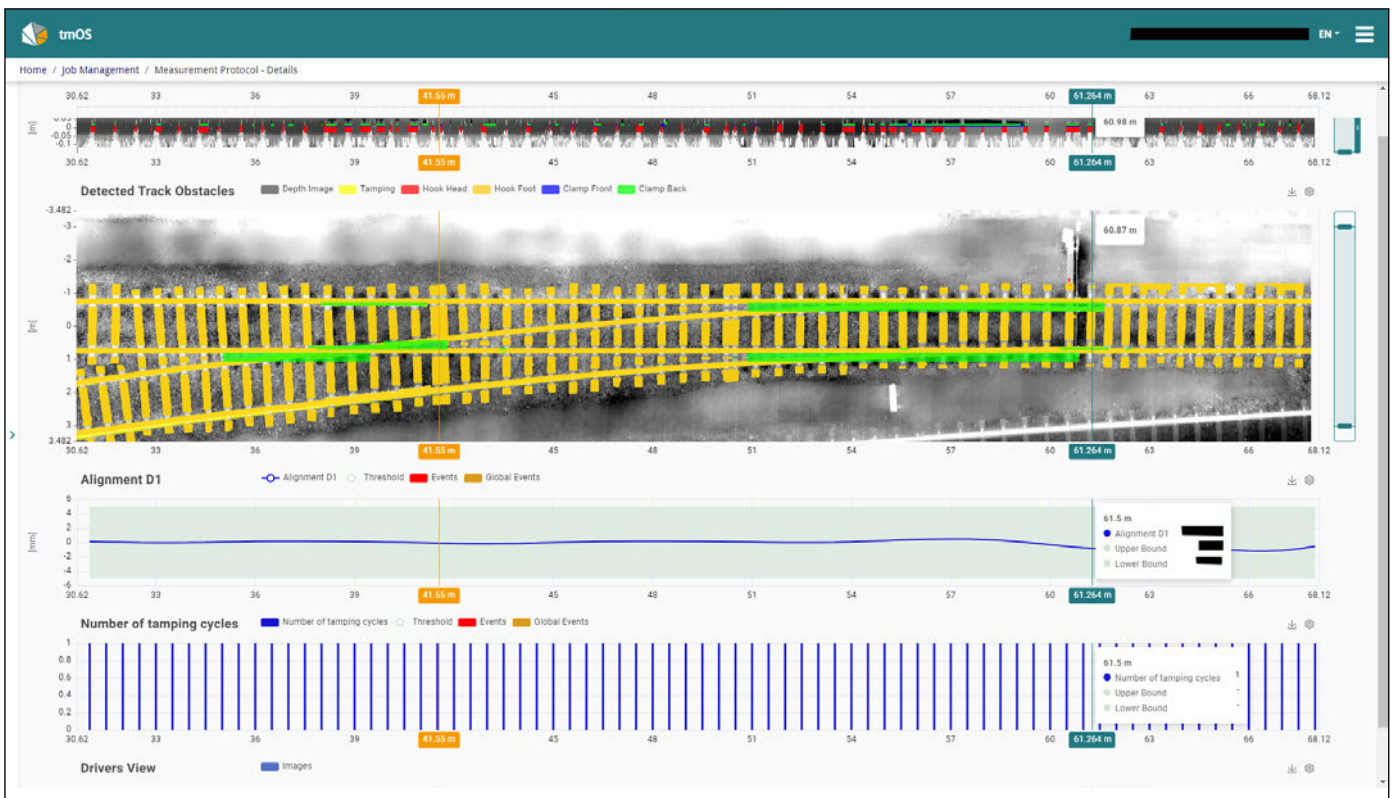


Abb. 6: Der Plasser TampingReport steigert die Prozesssicherheit und liefert eine verlässliche Basis für die Planung zukünftiger Maßnahmen.

Bedeutung. Technische Systeme, die mehrere Arbeitsgänge in einem Ablauf zusammenführen, tragen dazu bei, Sperrzeiten effizient zu nutzen und Eingriffe in den Betrieb zu minimieren.

Moderne Stopfmaschinen vereinen immer mehr Prozessschritte in einem System: von der Vermessung der Gleislage mit RTG über die eigentliche Gleislagekorrektur bis zur Nachmessung. Zusätzliche Funktionen wie Stabilisieren und Profilieren können ebenfalls integriert werden. Dadurch werden mehrere Arbeitsschritte in einer Maschine kombiniert, die früher ein kompletter Durcharbeitungszug übernahm. Das reduziert den Personalbedarf, erleichtert die Disposition und verkürzt die Gleisbelegung. Einen weiteren Ansatz für umfangreichere Maßnahmen bietet das Fließbandverfahren. Es führt alle Schritte des Gleisumbaus oder der Bettungssanierung in einem kontinuierlichen, geschlossenen Maschinensystem zusammen. Das reduziert den Aufwand für Materialtransporte und Abstimmungen auf der Baustelle, da viele Logistikschritte innerhalb des Systems abgebildet werden.

Transparente Nachweisführung

Die Nachmessung schließt den Gleisbauprozess ab und schafft die Grundlage für verlässliche Qualitätsbewertung. Moderne Maschinen erfassen die hergestellte Gleislage unmittelbar nach der Stopfarbeit und dokumentieren sie lückenlos. Ein zentrales Instrument ist der Plasser TampingReport, der Daten aus verschiedenen Maschinensystemen zusammenführt und

in einem strukturierten Bericht („as inspected“/„as maintained“) aufbereitet (Abb. 6). Das ermöglicht eine schwellenbezogene Analyse der ausgeführten Stopfarbeiten und zeigt in großer Detailtiefe die erzielten Veränderungen in der Gleisgeometrie sowie im Schotterzustand.

Abhängig von der Ausstattung der Maschine können Positionierungsdaten aus dem TampingAssistant, Geometriewerte aus dem Data Recording Processor, Parameter aus Plasser TampingControl oder ergänzende Kamerabilder integriert werden. Die Zusammenführung dieser Informationen liefert ein Gesamtbild, das weit über die Anforderungen üblicher Normberichte hinausgeht und eine präzise Bewertung des Arbeitsergebnisses erlaubt. Über Plasser Datamatic werden die verarbeiteten Daten automatisiert ins Backoffice übertragen und stehen dort für Dokumentation, Analyse und langfristige Zustandsbeobachtung bereit. Damit ist der TampingReport sowohl ein Werkzeug für die Abnahme der Gleislage als auch eine wertvolle Grundlage für Infrastrukturaner. Er unterstützt die Planung künftiger Maßnahmen, erleichtert den Vergleich zwischen Stopfeinsätzen und trägt zu höherer Prozesssicherheit bei [7].

Zusammenfassung

Die Entwicklungen zeigen: Erfolgreiche Koexistenz von Planen und Bauen ist möglich. Wirken beide Bereiche zusammen, entsteht ein integrierter Gesamtprozess, der die bisherigen Zielkonflikte zwischen Gleisverfügbarkeit und

Arbeitsleistung erheblich reduziert. Erhöhte Kapazität kann nur durch partnerschaftliche Verzahnung von zustandsorientierter Planung, digitaler Arbeitsvorbereitung und weitgehend automatisierter Bauausführung erreicht werden.

QUELLEN

- [1] General Secretariat of the Council of the EU, 2021. Rail at the forefront of smart and sustainable mobility – Council adopts conclusions. Verfügbar unter: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2021/06/03/rail-at-the-forefront-of-smart-and-sustainable-mobility-council-adopts-conclusions/pdf> (Zugriff am 14. Oktober 2025)
- [2] Kingsley, N.: Embracing Automation in track maintenance, Railway Gazette, 2025
- [3] Kückmann, M.; Polak, A.; Bade, M.; Auer, F.: Gamechanger tmATG, DER EISENBAHNINGENIEUR 6/2023
- [4] Daxberger, H.; Stuntner, B.; Urstöger, M.: SmartTamping: Digitale Transformation in der Gleisstandhaltung, EISENBAHN INGENIEUR KOMPENDIUM, 2025
- [5] Council of the European Union, 2021. Council conclusions on „Putting Rail at the Forefront of Smart and Sustainable Mobility“. Verfügbar unter: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8790-2021-INIT/en/pdf> (Zugriff am 14. Oktober 2025)
- [6] Obexer, C.: Neues Leistungsniveau für die Inspektion der Bahninfrastruktur, DER EISENBAHNINGENIEUR 12/2023
- [7] Pisslinger, M.; Brennstetter, A.; Demml, M.: Moderne Stopfmaschinen können mehr, DER EISENBAHNINGENIEUR 10/2025



Dipl.-Ing. Dr. techn.
Fabian Hansmann

Head of Marketing
Plasser & Theurer, AT-Wien
fabian.hansmann@plassertheurer.com