

# Nahtloser Datenfluss: intelligente Vernetzung von Gleisbaumaschinen und Backoffice

Umfassende Einblicke erhalten, ohne den Überblick zu verlieren: Der Central Application Hub tmOS vernetzt digitale Lösungen für Gleisbaumaschinen und schafft durch Datensynchronisierung einen geschlossenen Kreislauf zwischen Maschinen und Anwendungssoftware. Digitale Anwendungen für das Flotten- und Infrastrukturmanagement werden darin nahtlos integriert. Der gesamte Prozess der Gleisstandhaltung ist somit digital verknüpft und ortsunabhängig abrufbar. So entsteht eine neue, digitale Welt des Infrastrukturmanagements.



## 1. Digitaler Ende-zu-Ende-Workflow der Gleisstandhaltung

Der digitale Ende-zu-Ende-Workflow der Gleisstandhaltung (siehe Bild 1) zielt darauf ab, durch Digitalisierung ein Zusammenspiel der einzelnen Workflow-Schritte über Umgebungsgrenzen hinweg zu ermöglichen. Konkret bedeutet das, dass zunächst Vormessungsarbeiten auf einem Messfahrzeug, einem Handmesswagen oder einem beliebigen anderen Trägerfahrzeug durchgeführt werden. Diese können in Echtzeit ins Backoffice übertragen und dort analysiert werden. Ein aus den Daten abgeleiteter Arbeitsauftrag kann sogleich an die nächste Gleisbaumaschine übermit-

telt werden. Die Arbeitsausführung erfolgt heute bereits in vielen Aspekten automatisiert und wird durch Assistenzsysteme unterstützt. Die Nachmessung wird dokumentiert und steht somit sofort im Backoffice oder vor Ort als Report zur Verfügung.

Der Grad der Digitalisierung ist bei den verschiedenen Infrastruktur- und Gleisbaumaschinenbetreibern sehr unterschiedlich. Die für einen digitalen Workflow notwendige Vernetzung der Maschinen wird von allen Herstellern ermöglicht. So konnte etwa Plasser&Theurer (P&T) gemeinsam mit Track Machines Connected (tmc) bereits mehr als 1000 Gleisbaumaschinen miteinander vernetzen, wodurch sich neue Anwendungsgebiete erschließen.

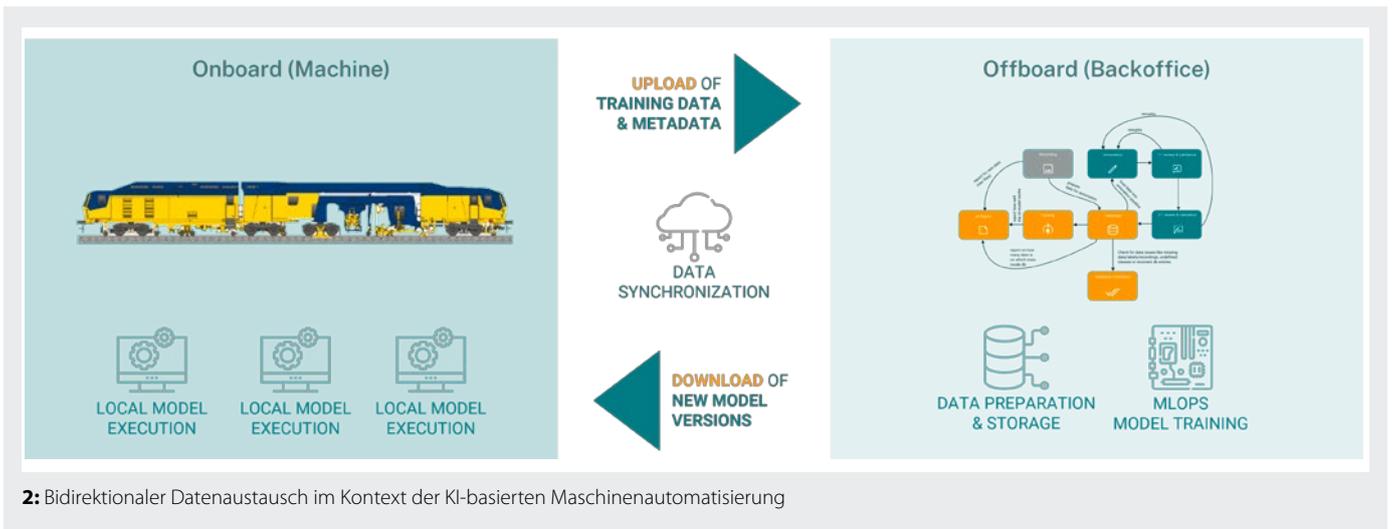


**Dipl.-Ing. Alexander Brennstener**  
Plasser & Theurer, Export von Bahnbaumaschinen, Produktmanagement für Digitale Produkte  
alexander.brennstener@plassertheurer.com



**Benjamin Stuntner, M.Sc.**  
tmc, Head of Product Management  
benjamin.stuntner@tmconnected.com





2: Bidirektionaler Datenaustausch im Kontext der KI-basierten Maschinenautomatisierung

## 2. Leistungsfähige IT-Konzepte als Grundlage für komplexe Vernetzung

Angesichts des aktuellen Digitalisierungsgrads und der umfangreichen technischen Ausrüstung gleichen Gleisbaumaschinen heute oftmals rollenden Rechenzentren. Je nach Ausstattung und Komplexität einer Gleisbaumaschine sind oft mehrere 19-Zoll-Serverschränke mit hochtechnologischen Komponenten, Hochleistungsservern und umfangreicher Netzwerktechnik ausrüstung verbaut. Gleisbaumaschinen erfüllen heute auch im Bereich der elektronischen Ausstattung alle relevanten Standards und Normen (z.B. DIN EN 50155), wodurch diese unter teils äußerst schwierigen Bedingungen langfristig und zuverlässig einsatzbereit ist. Dadurch wurde die Grundlage für einen nachhaltig automatisierten und voll digitalisierten Instandhaltungskreislauf geschaffen. Dies erfordert allerdings ein vernetztes Gesamtsystem, in dem nicht nur die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten relevant ist, sondern auch deren Interaktion über die lokalen Systemgrenzen hinaus. Um das zu ermöglichen, werden auf modernen Gleisbaumaschinen mehrere Technologien parallel eingesetzt, die eine Vielzahl an Kommunikationskanälen für die Vernetzung öffnen. GSM-Antennen, WiFi sowie Datenübertragung via Satellitenanbindung finden sich oftmals zugleich auf einer Maschine und erlauben eine Übertragung auch größerer Datenmengen in kurzen Zeiträumen und, je nach Ursprung, Zweck und Ziel, die Auswahl des bestmöglichen Übertragungsmittels. Diese Öffnung der Gleisbaumaschine nach außen bringt aber auch Risiken hinsichtlich der IT-Sicherheit

mit sich. Um höchstmögliche IT-Sicherheit zu gewährleisten, ist einerseits das Einhalten von Normen wie ISO 27001 oder IEC 62433 und andererseits das Anwenden von Prozessen nach dem Stand der Technik erforderlich. In diesem Zusammenhang werden etablierte Methoden empfohlen: So können beispielsweise von Beginn einer Entwicklung an Sicherheitsanforderungen in Bezug auf die involvierten Komponenten definiert, regelmäßige und belegbare Überprüfungen durch externe Dienstleister beauftragt oder die Etablierung von Zugangs- und Steuerungsmechanismen wie User-Management-Systemen oder 2-Faktor-Authentifizierungen eingeführt werden.

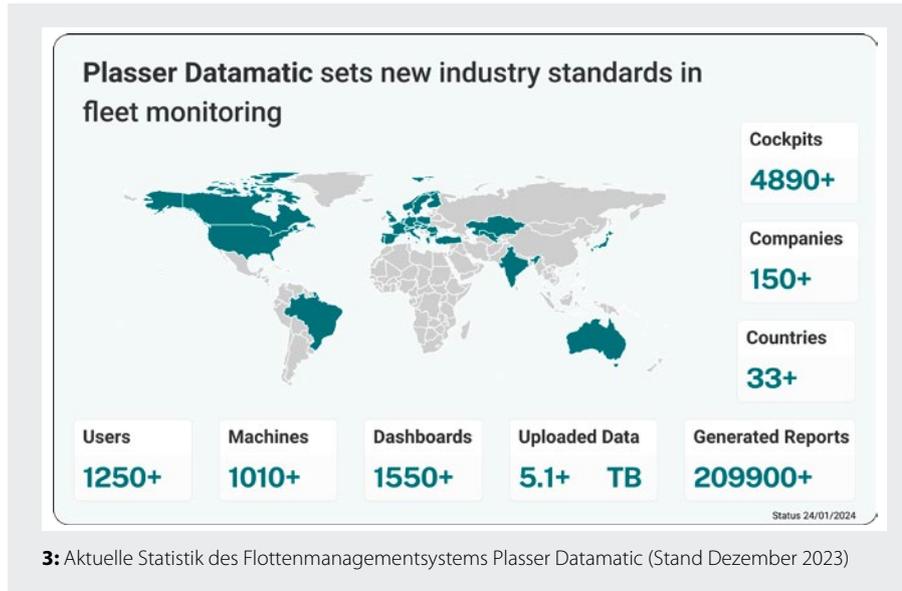
Mit der steigenden Anzahl von innerhalb eines Prozesses interagierenden Komponenten und Systemen steigt stetig auch die Komplexität der Datensynchronisierung zwischen ihnen. War es ursprünglich nur die Kommunikation zwischen einzelnen Komponenten im selben Netzwerk und danach der Transfer von Maschinendaten zu einem zentralen Knoten, handelt es sich nun um eine hochkomplexe, bidirektionale Kommunikation zwischen mehreren Maschinen, Rechenzentren und Services. Das erfordert fortschrittliche Mechanismen für Datensynchronisierung, um sicherzustellen, dass die für den jeweiligen Arbeitsablauf benötigten Daten möglichst zeitnah und ohne Datenverlust zwischen den Akteuren ausgetauscht werden können.

Von besonderer Bedeutung sind leistungsfähige IT-Konzepte auch vor dem Hintergrund zunehmend globalisierter Anwendungsfälle, bei denen Maschinen nicht nur innerhalb eines Landes, sondern auch länderübergreifend vernetzt werden

müssen. Besonders wichtig ist hierbei die Flexibilität der IT-Konzepte, da jeder Markt, jeder Nutzer, sogar jedes einzelne Projekt unterschiedliche Anforderungen mit sich bringen kann.

## 3. Datenaustausch und maschinelles Lernen

Für die Vernetzung im Kontext Künstlicher Intelligenz (KI) zur Automatisierung von Arbeitsabläufen auf Gleisbaumaschinen (siehe Bild 2) geht Plasser & Theurer mit Machine Learning Operations (MLOps) bewusst den Weg eines kontrollierten Trainings von KI-Modellen. Selbstlernende Ansätze sind für derartige Anwendungsfälle nicht geeignet, da die Ergebnisse der KI konsistent und nachvollziehbar sein müssen, was nur durch ein von Experten überwachtes Training, die selektive Zuführung kontrollierter, qualitativ hochwertiger Daten und das intensive Testen und Überprüfen neuer KI-Modelle möglich ist. Dies bedarf allerdings eines regen Datenaustauschs zwischen den Maschinen, welche die relevanten Daten vor Ort erheben, und den Systemen, in denen die KI-Modelle trainiert werden. Dabei können große Datenmengen entstehen: Sowohl die Rohdaten aus den diversen Hochleistungssensoren als auch die trainierten KI-Modelle selbst benötigen mehrere Gigabyte an Speicherplatz. Daher muss eine durchdachte und gut angebundene IT-Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden, um die Datenmengen effizient zwischen den Umgebungen zu synchronisieren. Das Ziel ist eine stetige Verbesserung der Leistungsfähigkeit der KI, die lokal und ohne Notwendigkeit einer aufrechten Internetverbindung auf den



3: Aktuelle Statistik des Flottenmanagementsystems Plasser Datamatic (Stand Dezember 2023)

Maschinen ausgeführt werden kann – bei geringstmöglichem Aufwand für den Maschinenbetreiber und hoher Prozesssicherheit durch hohen Automatisierungsgrad.

#### 4. Flottenmanagement mit optimierter Datenverfügbarkeit

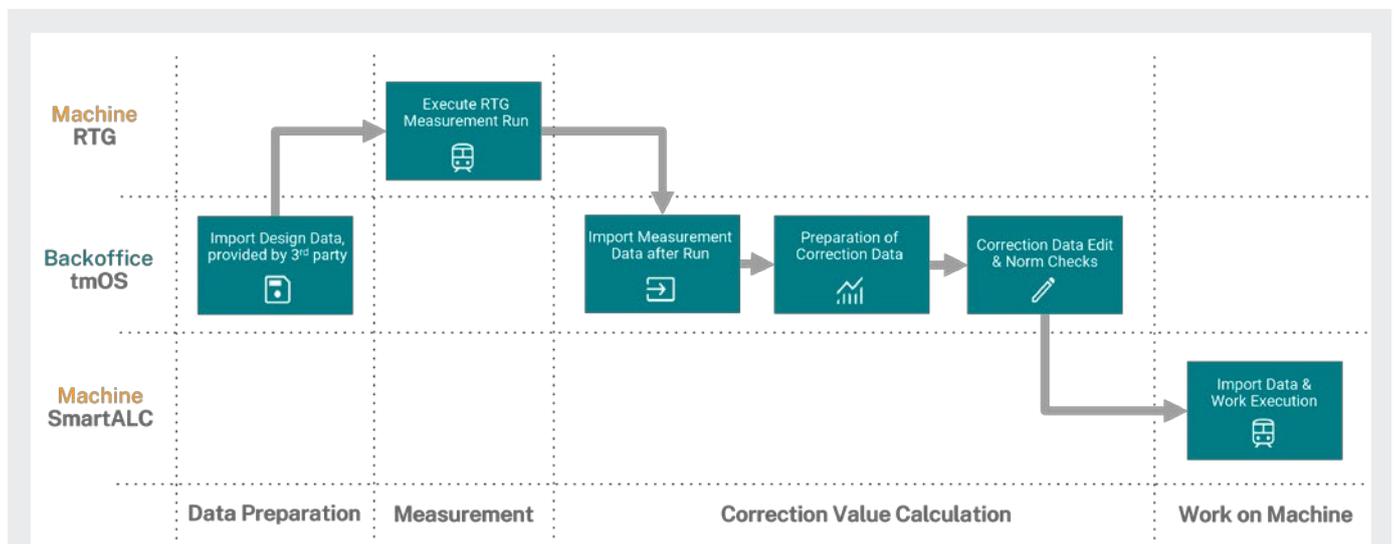
Ein wesentlicher Mehrwert intelligenter Vernetzung von Gleisbaumaschinen und Backoffice ist die Anwendung im Flottenmanagement. Hier liegt der Fokus auf digitalen Lösungen und Datenmanagement, um die Effizienz und Effektivität von Flottenbetrieb und -überwachung zu steigern. Zu den wichtigsten Anwendungsfällen

gehören, neben der umfangreichen Überwachung von Gleisbaumaschinen, personalisierte Dashboard-Konfigurationen, Fernunterstützung für Maschinenbediener und nahtlose Datensynchronisierung. Diese Technologien ermöglichen zudem erhöhte Sicherheit und Optimierung der Betriebsabläufe. Durch die hohe Datenverfügbarkeit kann das System beinahe in Echtzeit auf Fehlermeldungen oder atypische Signalveränderungen reagieren und die Verantwortlichen rechtzeitig informieren. Somit können Flottenmanager fundierte Entscheidungen treffen, die sowohl die Betriebskosten senken als auch die Kundenzufriedenheit steigern können.

Durch die Vernetzung von über 1000 Gleisbaumaschinen konnte die Zuverlässigkeit und Effizienz bei Bau- und Instandhaltungsprojekten bereits maßgeblich verbessert werden. Ein Blick auf Bild 3 zeigt die globale Verbreitung des 2017 eingeführten Systems Plasser Datamatic. Um diese weltweit hohe Verfügbarkeit zu erreichen, operiert Plasser Datamatic als verteiltes System. Dieses stellt sicher, dass zum einen sensible Maschinendaten nur regional gespeichert werden und zum anderen schnelle Zugriffszeiten garantiert werden.

#### 5. Datenfluss für Instandhaltungsmaßnahmen im Präzisionsverfahren

Sowohl der Neubau als auch die effiziente Instandhaltung von Eisenbahninfrastruktur, insbesondere von Gleisen, erfordern eine präzise Messung der Gleislage. Um die Vermessung der referenzierten (oder äußeren) Gleisgeometrie zu optimieren, haben P&T und tmc basierend auf der von tmc entwickelten Hard- und Software RTG ein gemeinsames digitales System entwickelt, das auf Messdaten aus optischer Stereoskopie und präziser Inertial-Technologie zugreift und eine präzise Vermessung bei Geschwindigkeiten von bis zu 80 km/h ohne Gleissperre im Regelbetrieb ermöglicht. Eine weitere Verbesserung kann durch Parallelisierung der Arbeitsabläufe erreicht werden. Die referenzpunktbasierte Gleisgeometriemessung kann auch während des Stopfvorgangs durchgeführt werden, wodurch insbesondere bei mehreren Durchgängen die notwendigen Messfahr-



4: Volldigitalisierter Datenfluss zwischen Maschinen und Backoffice im Zuge der Gleisinstandhaltung

ten und nachfolgenden Sperrpausen auf ein Minimum reduziert werden.

Um das Zusammenspiel von Vermessung, Arbeitsvorbereitung und Arbeitsdurchführung zu ermöglichen, ist ein reibungsloser Datenaustausch zwischen mehreren Systemen erforderlich. Wie in Bild 4 ersichtlich, sind mehrere Schritte nötig, um von einer Vormessung mit dem RTG-System zu fertigen Korrekturdaten für die Stopfmaschine zu kommen. Dank der Flexibilität der zugrunde liegenden tmOS-Architektur können alle Arbeitsschritte direkt auf beziehungsweise mit der Gleisbaumaschine durchgeführt werden. In der Regel erfolgt jedoch eine Aufgabenverteilung über mehrere Entitätsgrenzen hinweg. Um den notwendigen Datenfluss zu ermöglichen, wird dabei stark auf die etablierte IT-Infrastruktur zugegriffen. Die benötigten Soll-Gleisgeometriedaten werden im Backoffice verwaltet; die Erhebung der referenzierten Gleisgeometrie erfolgt mittels RTG auf einem Messwagen. Die Korrekturdaten werden wiederum im Backof-

office aufbereitet und an den Automatischen Leitcomputer (SmartALC) der Gleisbau- und -instandhaltungsmaschine übertragen, die schließlich die Gleisinstandhaltungsarbeiten im Präzisionsverfahren ausführt.

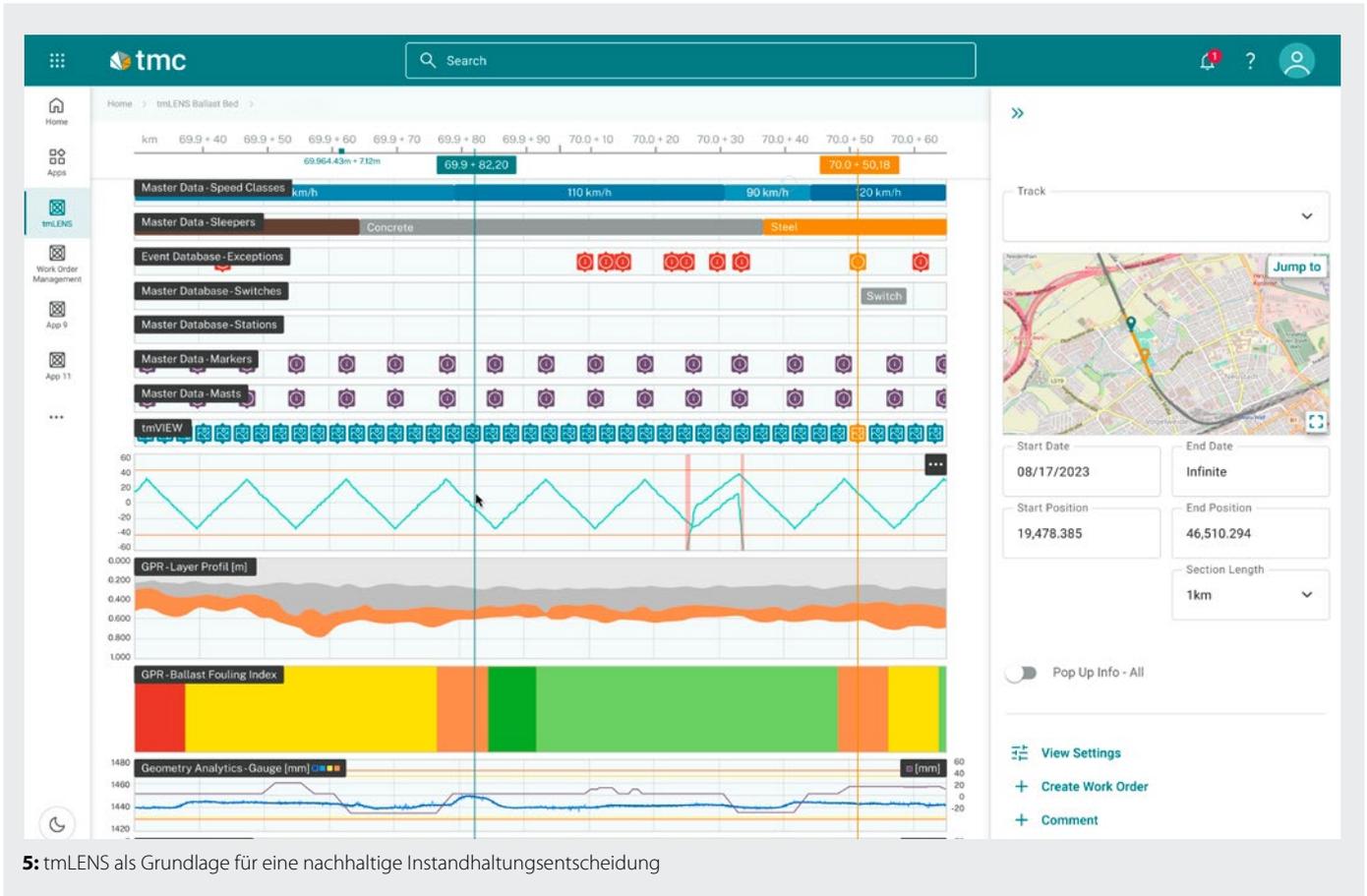
#### **6. Optimierte Instandhaltungsplanung durch intelligente Datenintegration**

In Zeiten stetig steigender Anforderungen an die und Belastungen der Eisenbahninfrastruktur bedarf es möglichst effizienter und smart geplanter Instandhaltungsmaßnahmen. Mit der auf tmOS basierenden Applikation tmLENS können Daten aus verschiedensten Quellen automatisch importiert und für die Darstellung in tmLENS aufbereitet werden. Dies können Messdaten aus aktuellen Inspektionsfahrten sein, aber auch Infrastruktur-Topologie-Daten aus bestehenden Systemlandschaften. Die Art der Datenquellen ist hier entscheidend, da auch zeitlich versetzt erzeugte Daten sowie von Drittanbietern aufbereitete Daten berücksichtigt werden können.

Insbesondere bei der letztgenannten Quelle sind systemübergreifende Integration und sicherer Datenaustausch wichtig, da oft komplexe Datenflüsse und Datenprozesse entstehen.

Diese zeigen sich beispielsweise beim Datentransfer zwischen Quellsystem und Drittanbieter oder durch ein extern stattfindendes, automatisiertes Aufbereiten und durch die Rückführung der Daten in tmLENS. Dort werden diese mit dem bereits vorhandenen Datenbestand zusammengeführt.

Mittels der mit tmLENS verknüpften Gleisgeometriedatenbank TrackDB werden außerdem Veränderungen im Datenkorpus evaluiert und dadurch beispielsweise Streckenabschnitte und darauf bezogene Messdaten markiert, die aufgrund von Umbaumaßnahmen ihre Gültigkeit verlieren. So erhält der Anwender ein aktuell gehaltenes, interaktives Streckenband, das einen umfassenden Einblick in den Zustand der Infrastruktur ermöglicht und den Anwender befähigt,



fundierte Instandhaltungsentscheidungen zu treffen (siehe Bild 5).

**7. Ausblick: Potenzial maschinenübergreifender Funktionalitäten**

Softwarelösungen von P&T und tmc erleichtern das Verwalten von Gleisbaumaschinen- und Infrastrukturdaten, indem sie umfangreiche Funktionalitäten für eine optimale Unterstützung der Arbeitsprozesse auf der Maschine und im Backoffice bieten. Für Anwender ist es wichtig, dass diese digitalen Anwendungen offen und nahtlos mit internen und externen Systemen kommunizieren können. Deshalb liegt ein Schwerpunkt in der Öffnung der Softwarelandschaft und der Standardisierung von Schnittstellen, um eine Integration in bestehende IT- und Expertensysteme zu ermöglichen. Automatisierte Schnittstellen sind der Schlüssel zur reibungslosen Synchronisierung aller generierten Daten mit den betrieblichen Abläufen des Maschinenbetreibers. So entsteht ein synchronisiertes Ökosystem von Maschinen und Management-Tools, das die Effizienz steigert und operative Exzellenz fördert.

Die Implementierung eines direkten Datenaustauschs zwischen Gleisbaumaschinen wird darüber hinaus die Art und Weise, wie Gleisbaumaschinen in einer Baustelle interagieren, optimieren. Ein direkter Datenstrom wird eine präzise Abstimmung der Arbeitsprozesse ermöglichen, ineffiziente Doppelarbeiten vermeiden und zu erheblichen Einsparungen von Zeit und Kosten führen. Eine unabhängig von konventionellen Mobilfunknetzen kontinuierliche Datenübertragung zwischen den Maschinen wird es ermöglichen, dass Gleisbaumaschinen selbst in abgeschiedenen Regionen effizient und koordiniert arbeiten können.

In der digitalisierten Welt des Infrastrukturmanagements ist ein nahtloser Datenfluss von entscheidender Bedeutung. Der Central Application Hub tmOS ermöglicht die intelligente Vernetzung von Gleisbaumaschinen und Software, wodurch ein geschlossener Kreislauf der Datensynchronisierung entsteht. Dieser digitale Ende-zu-Ende-Workflow revolutioniert die Gleisinstandhaltung, indem Vormessungsarbeiten live übertragen und analysiert werden. Mit fortschrittlichen

IT-Konzepten und einer leistungsfähigen Infrastruktur werden die Grundlagen für eine automatisierte und voll digitalisierte Instandhaltung geschaffen. Durch optimierte Datenintegration und maschinelles Lernen können Instandhaltungsmaßnahmen präziser geplant und durchgeführt werden, indem maschinenübergreifende Funktionalitäten die Arbeitsprozesse optimieren und die Effizienz erheblich steigern.

**Summary**

**Seamless data flow: intelligent networking of track maintenance machines and back office**

Gain comprehensive insights without losing the overview: The Central Application Hub tmOS networks digital solutions for track maintenance machines and creates a closed loop between machines and application software through data synchronisation. Digital applications for fleet and infrastructure management are seamlessly integrated into it. The entire track maintenance process is therefore digitally linked and can be accessed from any location. This creates a new, digital world of infrastructure management.