



Quelle: <https://www.zevrail.de/artikel/blue-eagle-umsetzung-des-digital-track-konzeptes-kasachstan>

2023 (Jahrgang 147) / Ausgabe 06/07 / Sprache: Deutsch

Blue Eagle – Umsetzung des „Digital Track“-Konzeptes in Kasachstan

Autoren: Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Fellingner, Dipl.-Ing. Dr. techn. Heinz Stanek, Dipl.-Ing. Markus Pröll, Christian Obexer, Benjamin Stuntner, Ing. Markus Kaltseis, Dipl.-Ing. Dr. techn. Florian Auer

Zusammenfassung

Unter dem Begriff „Digital Track“ werden Konzepte verstanden, die auf die Digitalisierung der Eisenbahninfrastruktur abzielen. Der Fokus liegt einerseits auf der bestmöglichen Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen und andererseits auf der effizientesten Nutzung des Potenzials der Eisenbahn, um auch in Zukunft ein konkurrenzfähiges Transportmittel sein zu können. Eine Optimierung der Instandhaltungstätigkeiten steht beim Projekt in Kasachstan ebenso im Fokus wie die Realisierung transparenter Prozesse und die Vernetzung verschiedenster Schienenfahrzeuge. Das erwähnte Projekt nutzt dazu einen Ende-zu-Ende-Ansatz (E2E), der bei Plasser & Theurer im Forschungsbereich P&T Research entwickelt wurde: Er stellt eine ganzheitliche Optimierung von technologischen Aspekten, vorhandenen Prozessen und etablierten Strukturen sicher. Allgemein soll die Umsetzung in Kasachstan zu einer digitalen Eisenbahninfrastruktur führen und eine ganzheitliche Optimierung des Lebenszyklus erlauben.

1 Einleitung

Unter dem Begriff „Digital Track“ werden Konzepte verstanden, deren Ziel die Digitalisierung der Eisenbahninfrastruktur ist, um diese bestmöglich an die sich ständig ändernden Rahmenbedingungen anpassen zu können. Eine Optimierung der Instandhaltungstätigkeiten steht dabei ebenso im Fokus wie die Realisierung transparenter Prozesse sowie die Vernetzung von Schienenfahrzeugen jeglicher Art. Allgemein sollen somit sämtliche Tätigkeiten innerhalb dieser Konzepte zu einer digitalen Eisenbahninfrastruktur führen und zu einer ganzheitlichen Optimierung beitragen. Einen großen Teil nimmt dabei der Prozess der Gleisvermessung bzw. der Datenauswertung ein. Ziel muss es sein, diese Prozesse weitestgehend zu automatisieren.

Dies hat einerseits zur Folge, dass verschiedenste Daten automatisiert zwischen den am Prozess beteiligten Maschinen ausgetauscht werden können. Andererseits muss es eine Plattform geben, um mittels verschiedenster Algorithmen bzw. KI-Ansätze die Messdaten in Zustandskennwerte überführen und somit dem Infrastrukturbetreiber notwendige Informationen über den aktuellen Zustand seiner Komponenten liefern zu können.

2 Projektbeschreibung

Die Kapazität bestehender Infrastrukturanlagen ist begrenzt, die notwendigen Sperrpausen für eine nachhaltige Anlagenbewirtschaftung können oft nicht realisiert werden. Aufgrund der langen Nutzungsdauern im Eisenbahnwesen sowie der langen Projektlaufzeiten für Neubau und Ausbau kann die Eisenbahninfrastruktur nur mit sehr langen Vorlaufzeiten an sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst werden. Die Digitalisierung ist im Eisenbahnwesen eine Möglichkeit, den gesamten Fachbereich zu optimieren und somit alle Gewerke in das digitale Zeitalter überzuführen, ohne weitreichende infrastrukturelle Anpassungen vornehmen zu müssen.

2.1 Gesamtkonzept

Das Gesamtkonzept der Umsetzung des Projektes „Blue Eagle“ in Kasachstan zielt auf eine Vernetzung von Mess- und Instandhaltungsmaschinen ab, wobei auch die notwendige Software im Fokus steht. Auf dieser Basis lässt sich das Vorhaben wie folgt zusammenfassen: Überprüfen – Überwachen – Planen – Ausführen (Bild 1).

Innerhalb des Projektes steht das Management der Gleisgeometrie ganz klar im Mittelpunkt. Notwendige Messtechnik wird auf einem Flachwagen aufgebaut, der im Regelbetrieb an jeden Zug angehängt werden kann und die notwendigen Messdaten automatisiert ermittelt und speichert. Diese Daten werden über eine Netzwerkverbindung in eine Cloud transferiert, um sie effizient und reproduzierbar analysieren zu können. Basierend auf diesen Analysen, wird die Notwendigkeit von Gleisstopfungen erkannt und ein Vorschlag über einen möglichen Stopfplan erstellt. Nach erfolgter Freigabe werden alle benötigten Daten wiederum automatisiert über die Cloud an die Stopfmaschine weitergegeben, wodurch der Stopfprozess transparent und effizient erfolgen kann. Eine neuerliche Messung mit der vorhandenen Messtechnik belegt die Qualität der Instandhaltung und erlaubt eine Ableitung weiterer notwendiger Schritte. Zusätzlich zu den Gleismessdaten werden auch sämtliche Betriebsparameter der Maschinen (Messwagen, Stopfmaschine, Reinigungsmaschine) zentral erfasst und ebenfalls in die Cloud übertragen. Dadurch lassen sich Prozesse transparent gestalten, eine zentrale Steuerung sowie Einsatzplanung wird ermöglicht und eine Optimierung sämtlicher Abläufe und Prozesse kann realisiert werden.

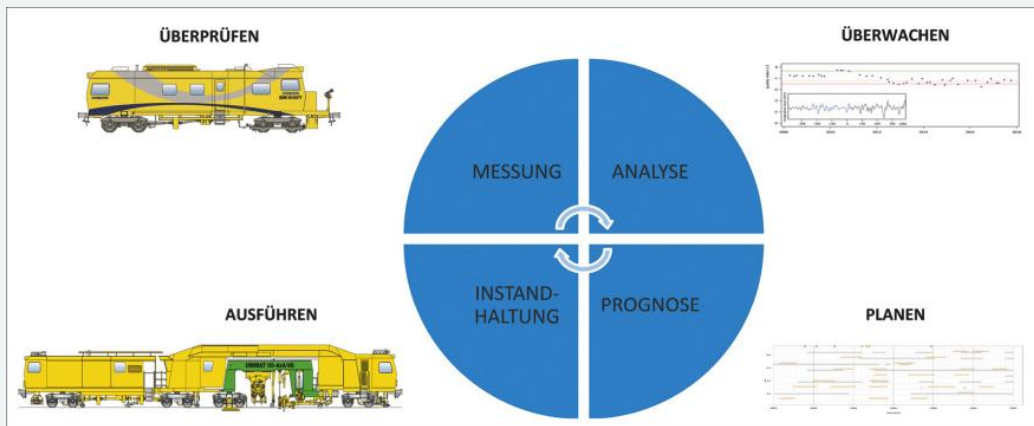


Bild 1: Überprüfen – Überwachen – Planen – Ausführen

2.2 Projektziele

Bis Ende 2023 müssen alle Grundlagen für einen einjährigen Testbetrieb im Jahr 2024 geschaffen werden. Dies reicht vom digitalen Upgrade vorhandener Stopfmaschinen über die Vorbereitung der Infrastruktur bis hin zur Schaffung einer Lösung zur Datenspeicherung und Datenverarbeitung. Konkret wurden folgende Projektziele gemeinsam mit dem kasachischen Infrastrukturbetreiber definiert:

- Durch den Einsatz modernster Messtechnik sowie durch die Vernetzung von Mess- und Instandhaltungsmaschinen soll eine Optimierung der Streckenqualität realisiert werden, die zu einer Erhöhung der maximal zulässigen Streckengeschwindigkeit führen kann.
- Durch die cloudbasierte Vernetzung der Mess- und Instandhaltungsmaschinen soll ein durchgängiger und prozesssicherer Datenfluss innerhalb aller Instanzen sichergestellt werden und somit die Transparenz sämtlicher Tätigkeiten erhöht und dieser Standard manifestiert werden.
- Durch die digitale Aufrüstung vorhandener Instandhaltungsmaschinen sollen transparente Prozesse zur Nachverfolgung sowie zu einer weiteren Optimierung der Stopfarbeiten ermöglicht werden, wodurch ebenfalls ein kostenoptimierter Einsatz möglich ist.

2.3 Projektgliederung

Zur genaueren Spezifikation einzelner Tätigkeiten sowie zur Einbindung der unterschiedlichen Fachdisziplinen wird das gegenständliche Projekt in fünf Bereiche untergliedert:

- Infrastrukturelle Grundlagen
- Geodätische Grundlagen
- Messanhänger
- Digitales Stopfmaschinen-Upgrade
- Software

Weiters gliedert sich das Projekt in verschiedene Phasen:

Projektphase 1 – Schaffung aller notwendigen Grundlagen:

Innerhalb dieser Projektphase werden alle Grundlagen geschaffen, um in weiterer Folge das für Kasachstan angedachte Konzept realisieren zu können. Darunter fallen infrastrukturseitige Grundlagen wie die Montage von Markern und Fixpunkten, die Konstruktion und Fertigung eines Messanhängers zur Vermessung der Strecke ebenso wie die digitale Aufrüstung einer Stopfmaschine.

Projektphase 2 – Validierung:

In der zweiten Projektphase findet die erste Vermessung der definierten Streckenabschnitte statt. Aus den erhobenen Messdaten wird die Gleisachse koordinativ bestimmt, diese Daten werden in eine Trassierungssoftware importiert und die Soll-Geometrie abgeleitet. Diese dient in weiterer Folge als Bezugszustand zur Ableitung notwendiger Instandhaltungstätigkeiten bzw. zur Berechnung der Korrekturwerte.

Projektphase 3 – Demonstration:

Im Anschluss an Phase 2 beginnt der eigentliche Demonstrationsbetrieb. Innerhalb eines Jahres soll die Umsetzung des Konzeptes gezeigt und der Mehrwert anhand vordefinierter Parameter veranschaulicht werden. Als Testzeitraum wurde ein Jahr festgelegt, weshalb diese Phase mit 31. Dezember 2024 endet. Der zeitliche Projektablauf ist in Bild 2 zusammengefasst.

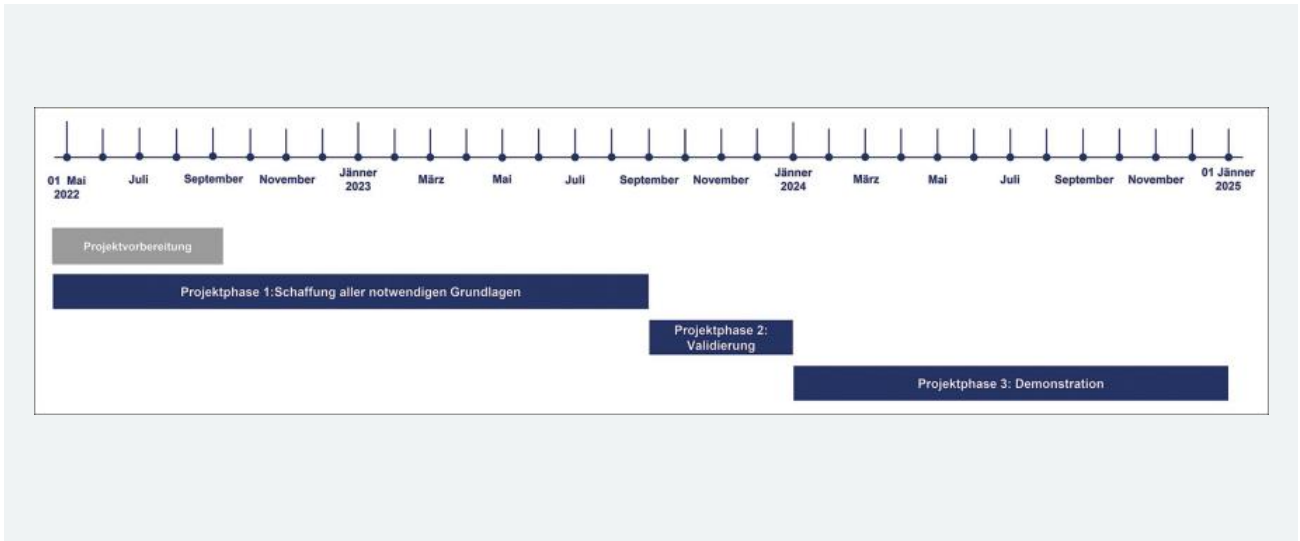


Bild 2: Geplanter zeitlicher Ablauf des Gesamtprojektes

2.4 Rahmenbedingungen

Zur Demonstration des Digital-Track-Konzeptes wurde eine Teststrecke definiert. Diese Eisenbahnlinie von Astana nach Karaganda (Bild 3) ist mehr als 200 km lang (pro Richtung) und hat einen großen Güterverkehrsanteil mit sehr hohen Achslasten, weshalb mit einer raschen Verschlechterung der Gleislage zu rechnen ist.

Nach der Realisierung aller notwendigen Grundlagen soll ein Testbetrieb im Umfang von einem Jahr umgesetzt werden, womit dem kasachischen Infrastrukturbetreiber der Mehrwert des Konzeptes demonstriert wird. Auf dieser Basis wird die Entscheidung über den weiteren Projektverlauf getroffen. Aufgrund der infrastrukturellen Gegebenheiten vor Ort ist es nicht zweckmäßig, die gesamte Strecke als Testabschnitt zu definieren. Vielmehr wurden rund 15 charakteristische Abschnitte bestimmt, welche die notwendigen Rahmenbedingungen zur Realisierung des Konzeptes bieten. Die endgültigen Definitionen der Testabschnitte erfolgen wiederum in enger Abstimmung mit dem Infrastrukturbetreiber.

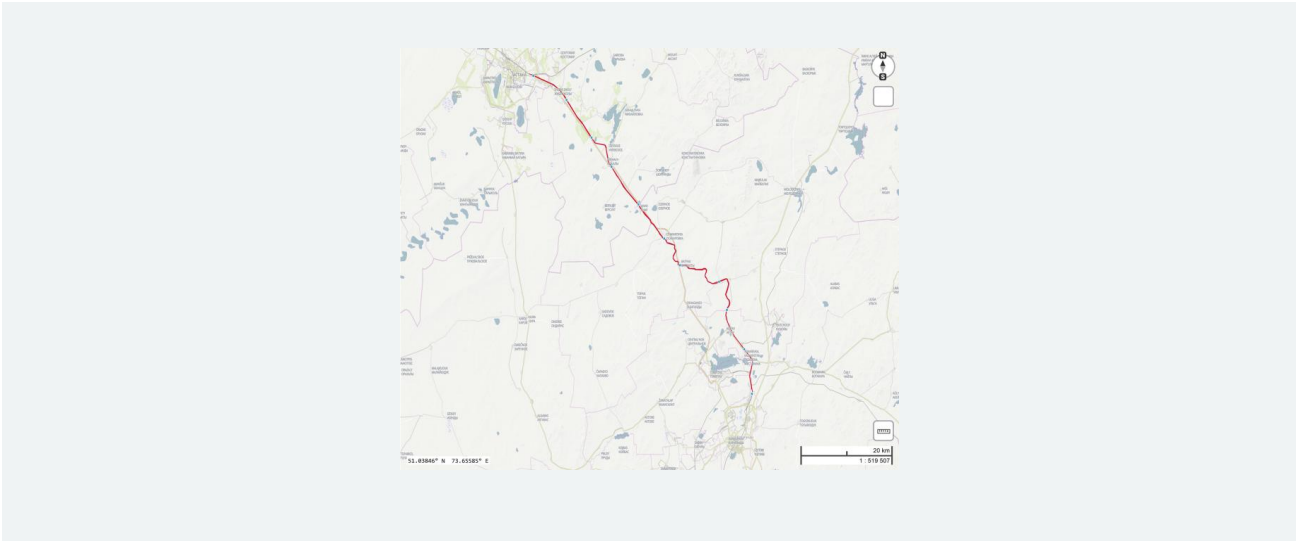


Bild 3: Verlauf der Teststrecke zwischen Astana und Karaganda

3 Projektstruktur

In Bild 4 sind die aufgrund der Projektstruktur notwendigen Teilprojektabschnitte dargestellt. Diese werden nachfolgend detailliert beschrieben.

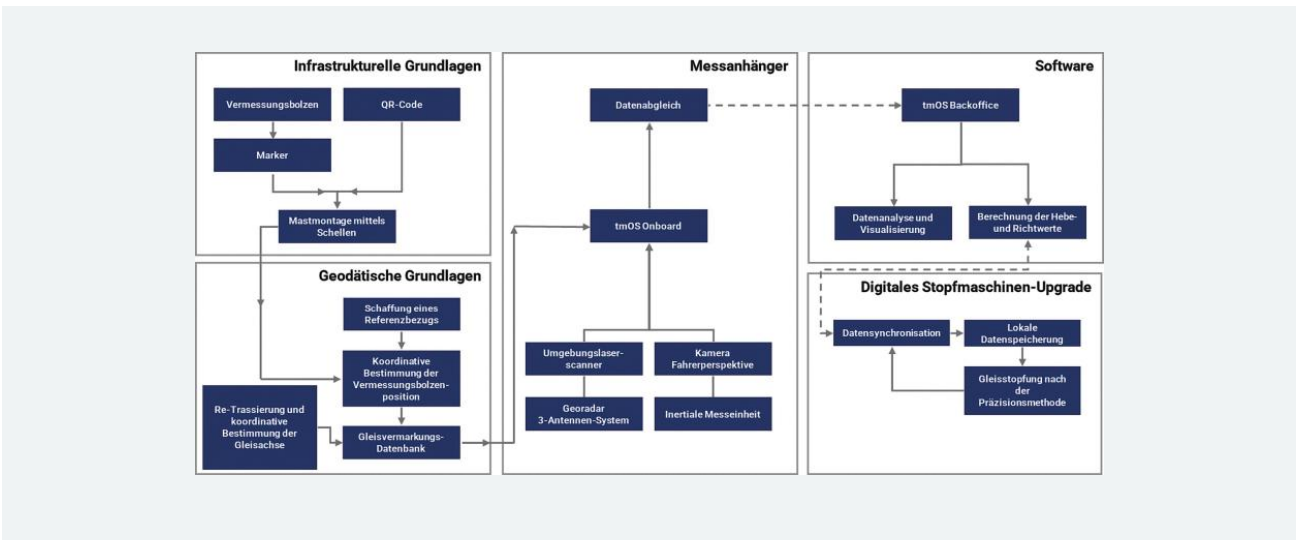


Bild 4: Gesamtkonzept „Digital Track“ zur Umsetzung in Kasachstan

3.1 Infrastrukturelle Grundlagen

Für die automatisierte Vermessung der Gleislage ist es erforderlich, die Teststrecke mit Fixpunkten auszustatten. Ein Fixpunkt besteht aus drei Bestandteilen (Bild 5):

- Fixpunktbolzen
- Messmarker
- QR-Code

Diese Elemente werden an jedem Oberleitungsmast mittels Spannmontage befestigt (Bild 5). Die gewählte Variante hat keinen negativen Einfluss auf die Stabilität bzw. auf den Betonmast selbst. Die Anbauteile können rückstandsfrei wieder entfernt werden, da zur Montage ein Stahlband mit einer Breite von 19 mm um den Oberleitungsmast gespannt wird.

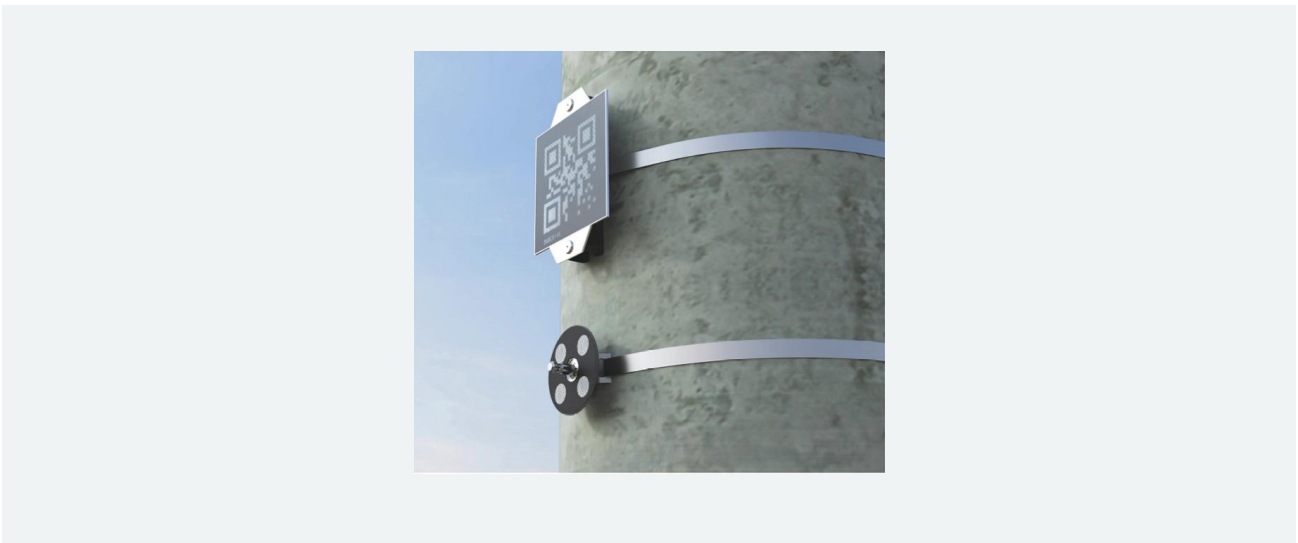


Bild 5: Montage mittels Spannbändern

3.1.1 Fixpunktbolzen

Das Zentrum des geodätisch verorteten Messpunkts definiert der Fixpunktbolzen, ein zylindrischer Edelstahlzapfen mit 12 mm Durchmesser. Der Bolzen ist als internationaler Leica-Standard ausgeführt und ermöglicht eine Schnellmontage von Vermessungsprismen. Ein Messprisma ist ein Werkzeug des Vermessungswesens für die präzise Positionsbestimmung eines Messpunkts in einem beliebigen Koordinatensystem. Die Koordinaten des Messzentrums können mittels Totalstation erfasst werden. Der definierte Referenzpunkt befindet sich im Zentrum der Bolzenspitze.

3.1.2 Messmarker

Der Messmarker (Bild 6) ist ein Punkt, der mittels einer Stereokamera vom Schienenfahrzeug aus festgelegt werden kann. Gemessen werden der Horizontalabstand zum Spurkranzanlagepunkt sowie der Vertikalabstand zur Schienenoberkante der Referenzschiene. Ausgeführt ist diese Marke als ASA-Plastikscheibe, die mit einer speziellen Reflektorfolie beklebt ist. Das Punktmuster dient zur Erkennung und Vermessung durch eine Stereokamera, die am Messfahrzeug montiert ist. Das Punktmuster hat einen fixen Abstand zum Messzentrum des Messbolzens. Durch die bekannte Position des Messbolzens kann somit die absolute Gleislage bestimmt werden.



Bild 6: Messmarker Front- und Rückansicht

3.1.3 QR-Code

Der QR-Code besitzt eine eindeutige Identifikations-ID, welche einem Messpunkt zugeordnet ist. Die QR-Code-ID existiert nur einmal, um Verwechslungen auszuschließen. Der QR-Code kann ebenfalls mittels einer Stereokamera ausgelesen werden. In einer Datenbank werden zusätzliche Gleisdaten unter der entsprechenden QR-Code-ID gespeichert. Bei Beschädigung oder Verlust des QR-Codes muss eine neue ID vergeben werden. Der QR-Code wird ebenfalls mittels eines 19 mm-Stahlbandes auf dem Betonmast montiert (Bild 5). Durch die kombinierte Montage von Markern und QR-Codes auf einem Oberleitungsmast sind die wichtigsten infrastrukturellen Grundlagen zur Vermessung der absoluten Gleisgeometrie geschaffen, die als Basis für sämtliche weiteren Tätigkeiten dient.

3.2 Geodätische Grundlagen

Für den geplanten Projektbereich Astana–Karaganda soll eine umfassend geeignete Grundlage für alle Prozessanteile zur Positionierung bzw. Raumverortung geschaffen werden. Die entsprechenden Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit, Homogenität und zeitlicher Synchronizität leiten sich dabei aus der Gesamtsicht auf alle beteiligten Prozesse ab.

Alle Koordinatenbestimmungen beziehen sich auf ein konsistentes, homogenes geodätisches „Datum“, um damit die präzise Bestimmung der absoluten Gleislage gewährleisten zu können. Für die Umsetzung der Vermessungsaufgaben werden hochwertige Vermessungspfeiler (geodetic fixpoints) mit einem durchschnittlichen Punktabstand von 2 km entlang der Trasse errichtet und mittels hochwertiger geodätischer, satellitengestützter Positionierungsverfahren koordinativ bestimmt. Die begleitende Qualitätsprüfung zeigt laufend die Einhaltung der Projektanforderung und gegebenenfalls erforderlicher Zusatzmessungen auf.

Für die unmittelbare Verwendung aus dem bahnrelevanten Anwendungsspektrum durch geeignete Sensorik werden Referenzpunkte an Fahrleitungsmasten montiert (Kapitel 3.1) und deren 3D-Koordinaten präzise bestimmt. Für die Gesamtstrecke ergibt dies bei einem durchschnittlichen Mastabstand von 40 m rund 10.000 Referenzpunkte, deren Koordinaten bestimmt und in geeigneter Struktur digital organisiert werden müssen. Dabei werden auch Zusatzangaben (Bezeichnung, Datum, Qualitätsparameter, Bilddokumentation etc.) in die Gesamtdokumentation aufgenommen.

Ein direkter Bezug auf offizielle Vermessungspunkte wird angestrebt. Aufgrund der derzeit laufenden nationalen Projekte zur Optimierung der amtlichen Vermessungsgrundlage soll eine spätere Überführung der hier geschaffenen Punkte möglich sein, weshalb alle entsprechenden Messungen und deren Verarbeitungen bereitgehalten werden.

3.3 Messanhänger

Beim Messanhänger (Bild 7) handelt es sich um einen 4-achsigen Flachwagen, auf dem zwei Container und die Messsysteme von Plasser & Theurer installiert sind. Im Messcontainer befinden sich Schränke für die notwendige Messelektronik sowie ein kleiner Arbeitsplatz zum Kalibrieren der Messsysteme. Im Stromversorgungscontainer ist ein Generator mit Dieseltank untergebracht. Die Messsysteme sind am Flachwagen fixiert. Der Messanhänger wird von einer Lokomotive gezogen oder kann im Zugverband eingegliedert werden. Folgende Messsysteme sind am Messanhänger realisiert:

- Inertialmesssystem zur Vermessung der inneren Gleisgeometrie
- Stereokameras zur Vermessung der äußeren Gleisgeometrie
- Georadar zur Bestimmung des Schotterzustandes
- Lichtraumprofilscanner zur Beurteilung des erweiterten Fahrwegs
- Drivers View Video System



Bild 7: Konzeptzeichnung Messanhänger

3.4 Software

Die zentrale Aufgabe der hier als Software bezeichneten Plattformlösung ist es, Daten aus allen genannten Messsystemen zusammenzuführen und sinnvoll zu vereinheitlichen. So wird das fragmentierte Bild der Bahninfrastruktur zu einem vollständigen und transparenten Netz zusammengeführt, das leichter zu warten und zu verwalten ist. In Bezug zu diesem Projekt in Kasachstan wird die Softwarelösung tmOS umgesetzt.

tmOS ist eine integrierte, webbasierte Plattform, auf der automatisch Daten aus unterschiedlichen Quellen bereinigt, eingespeist und validiert werden. Dank physischer Messungen, digitaler Messsysteme, Gleisinstandhaltungsprojekten, Gleisbauprojekten sowie Messfahrten sind zwar viele Messdaten vorhanden, jedoch konnten diese bisher nicht in Beziehung zueinander gesetzt werden. Dadurch haben sie an Aussagekraft verloren. Diese Lücke schließt tmOS mittels methodischer, effizienter und patentierter Speicherung der Bahninfrastrukturdaten aus unterschiedlichsten Quellen und Anwendungen.

3.4.1 tmSERVER – tmOS Onboard am Messanhänger

Mit tmSERVER werden alle Messsysteme von zentraler Stelle aus verwaltet, betrieben und überwacht. Dank der offenen Architektur von tmOS sind nicht nur eigene Messsysteme angebunden, sondern auch Systeme von Drittanbietern. So können nicht nur beispielhaft Plasser ReferencedTrackGeometry, Plasser InertialTrackGeometry – High Speed oder Plasser InfraScan (Bild 8) zentral gesteuert werden, sondern auch ein Drittanbieter-System wie das Georadar-Messsystem der Firma Ground Control.

Durch tmSYNC werden alle Messsysteme zentral weg- und zeitsynchronisiert, um bereits bei der Aufzeichnung der Rohdaten höchste Datenqualität sicherzustellen. Dank der Kombination mit dem Edge-Device tmMDC werden die Messdaten auch direkt und automatisch in das Backoffice übertragen.

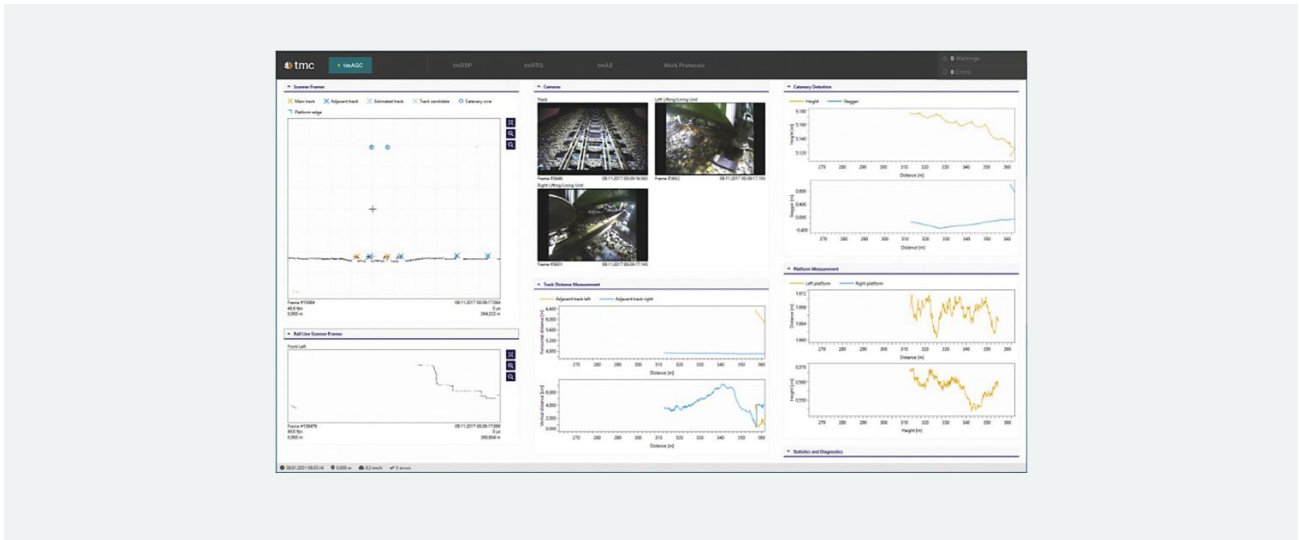


Bild 8: Beispielhafte tmOS Onboard LiveDarstellung der Messdaten

3.4.2 Zentrales Backoffice – tmOS Offboard

Um die richtigen Entscheidungen für Infrastrukturstandhaltung setzen zu können, benötigen die Experten und Entscheidungsträger Informationen über den Zustand der Infrastruktur, die im zentralen tmOS Backoffice gesammelt und verwaltet werden.

Die dadurch ermöglichten umfassenden Einblicke in den Zustand der Infrastruktur können gezielt zur Ableitung von Maßnahmen herangezogen werden.

Auf Basis der gesammelten Daten aller Messsysteme, über mehrere Messfahrten hinweg, können relevante Parameter zur Beurteilung des Zustandes berechnet und dargestellt werden (Bild 9). Von Gleisgeometrieparametern bis zu Georadarmesswerten können im Backoffice Rohdaten verarbeitet und miteinander kombiniert dargestellt werden. Von den aktuellen Messdaten auf einer Karte aufgetragen bis hin zu detaillierten Informationen zu einzelnen Messfahrten und Messsystemdaten, kann hier mit einem Top-down-Ansatz immer weiter ins Detail eingetaucht werden

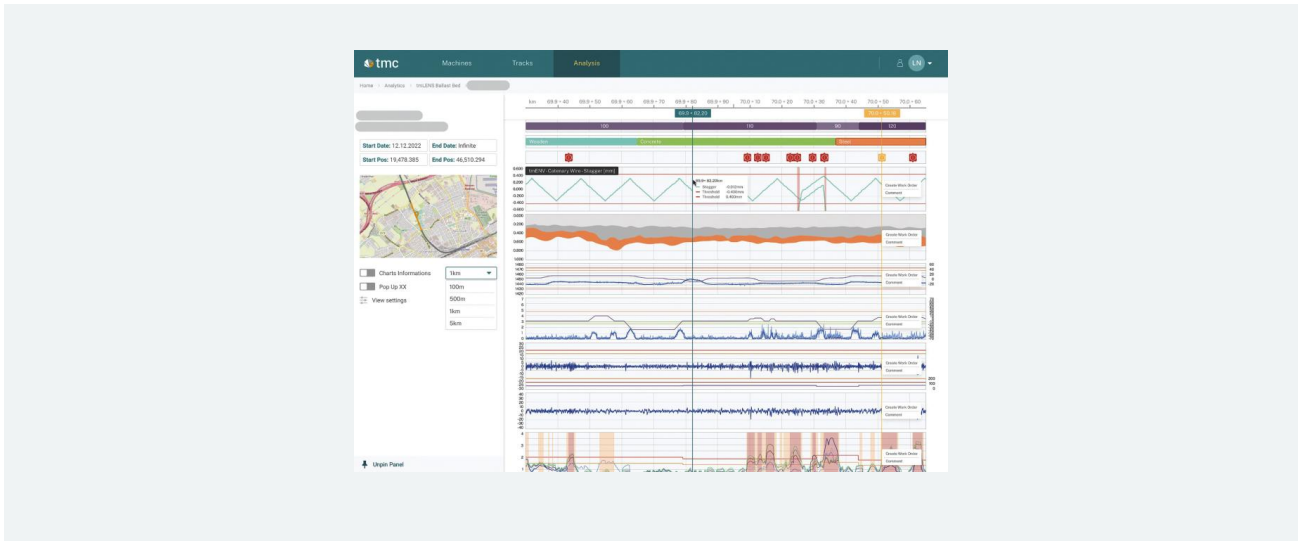


Bild 9: Protokoll-Darstellung einer Messfahrt

3.5 Digitales Stopmaschinen-Upgrade

Das digitale Upgrade der Stopmaschine von Plasser & Theurer umfasst im Wesentlichen die Nachrüstung eines MDC (Machine Data Connector) samt aller Antennen und der notwendigen Verkabelungsarbeiten. Die dazu passende Softwareumgebung bzw. das Webinterface MCO (Machine Condition Observer) ist ebenfalls im Upgrade enthalten. Gemeinsam werden diese beiden Produkte als Plasser Datamatic 2.0 bezeichnet.

- Plasser Datamatic 2.0 sammelt Maschinendaten und bietet einen zentralen Zugang zu diesen. Das System schafft vielfältige Möglichkeiten zur Maschinenzustandsüberwachung, zur Langzeitbeobachtung, zum Betrieb und zur Einsatzplanung.
- Der bahnertifizierte MDC (Enabler Hardware) sammelt die auf der Maschine verfügbaren Daten und überträgt diese an eine zentrale Datenbank/AWS-Cloud, wo die Speicherung stattfindet.
- Die Web-Anwendung MCO ermöglicht es, jederzeit per Laptop oder Tablet auf die Datenbank zuzugreifen, um die wichtigsten Zustände und Parameter sowie Statusmeldungen der Maschine zu erhalten. Unabhängig vom Standort hat der Benutzer mit diesem System Einblick in jede Maschine des Fuhrparks. Die Analyse der Signale ermöglicht Langzeitbeobachtungen.

Zusätzlich zu dem beschriebenen Upgrade werden der bestehende ALC-Leitcomputer sowie der elektronische DAR-Aufzeichnungsprozessor aufgerüstet. Dabei wird der WinALC durch sein Nachfolgesystem ersetzt. Das neue SmartALC-System umfasst folgende Komponenten:

- 15“ oder 21“ All-in-one-PC mit Touchscreen
- USB-Anschluss an der Vorderseite für die Datenübertragung
- Neueste SmartALC-Software
- Rahmen für den Einbau in die Kabine oder den neuen Fahrerstand im Vorderwagen

Der vorhandene Mehrkanalschreiber, ein DAR mit acht Kanälen, wird durch die neueste Generation digitaler Aufzeichnungsgeräte, einen DRP, ersetzt.

4 Ende-zu-Ende-Instandhaltungsprozess

Durch die Vernetzung aller am Instandhaltungsprozess beteiligten Maschinen wird ein automatisierter Ende-zu-Ende-Datenfluss ermöglicht, der dem Infrastrukturbetreiber maximale Transparenz und Effizienz bietet.

Beginnend mit der synchronisierten Datenaufzeichnung, werden die Messdaten automatisiert in das Backoffice übertragen, wo sie gespeichert, prozessiert und visualisiert werden. Weiters können hier notwendige Schritte zur Arbeitsvorbereitung gesetzt werden. Die Korrekturwerte für das Präzisionsverfahren können dann automatisch auf die Stopfmaschine übertragen werden.

Mit dem tmDRP-Nachmessschrieb wird das Abnahmeprotokoll nach getaner Arbeit erstellt. Diese Nachmessdaten werden schließlich wieder zurück in das Backoffice übertragen. Dadurch schließt sich der Kreis der Instandhaltung und der Infrastrukturbetreiber erhält die Möglichkeit, von der Entscheidung zur Instandhaltung bis zu ihrer Durchführung alle Schritte des Prozesses (Bild 10) evaluieren zu können.



Bild 10: Schematische Darstellung des Ende-zu-Ende-Prozesses

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Schienenverkehr bzw. das Eisenbahnwesen gilt heute als die Zukunft der Mobilität. Das Bahnsystem soll in den nächsten Jahrzehnten mehr Menschen und Güter transportieren können. Neue Infrastruktur zu errichten, ist kostspielig und zeitaufwendig. Es kann daher eine Verkehrsverlagerung hin zur Schiene nur durch erhöhte Kapazitäten des bestehenden Netzwerks erzielt werden. Die Digitalisierung stellt ein probates Mittel zur Kapazitätserhöhung dar, wenn diese Technologie richtig eingesetzt wird. Im Zuge des Demonstrationsprojektes in Kasachstan soll eben dieser Umstand veranschaulicht werden. Anhand einer Teststrecke von mehr als 200 km wird die Möglichkeit geboten, einen Ende-zu-Ende-Prozess zu realisieren, das gesamte Datenmanagement in Bezug auf die Infrastruktur neu aufzustellen und den Mehrwert für den lokalen Infrastrukturbetreiber in der Praxis aufzeigen zu können. In enger Abstimmung mit allen Projektbeteiligten werden von den notwendigen Grundlagen bis hin zu den Instandhaltungsentscheidungen

alle Teilaspekte detailliert beleuchtet, analysiert, optimiert oder neu geschaffen.

Mit der Umsetzung des P&T Research Konzeptes „Digital Track“ werden neue Wege im Eisenbahnwesen beschritten. Durch die digitale Vernetzung aller Maschinen, die am Gleisbau, an der Gleisinstandhaltung sowie der Infrastrukturvermessung beteiligt sind, wird einerseits eine Optimierung der Gleisqualität sowie des Fahrkomforts erreicht und andererseits findet eine wirtschaftliche Optimierung über den gesamten Lebenszyklus hinweg statt. Eine Erhöhung der Kapazität ist somit ebenso möglich wie die eingangs angesprochene und definitiv notwendige Verlagerung eines Großteils des Verkehrsaufkommens auf die Schiene.
