

Datenbasierte Weicheninstandhaltung

Ganzheitlicher Ansatz für die vorausschauende, substanzerhaltende Fahrweginstandhaltung

Andreas Marx, Trier

Verspätungen der Bahn verursachen jährlich nicht nur volkswirtschaftliche Schäden in Millionenhöhe. Die Bahnunternehmen selbst leiden unter den negativen Imagefolgen sowie den Kosten der Verspätungen und notfallmäßigen Instandsetzungen zur Störungsbeseitigung.

Eine der Hauptursachen für infrastrukturbedingte Verspätungen sind Weichenstörungen. Ihre negativen Auswirkungen ließen sich weitgehend verhindern, wenn eine Störung frühzeitig bekannt wäre, um rechtzeitig Gegenmaßnahmen planen und ausführen zu können. Noch besser wäre es, wenn sich der Anlagenzustand erst gar nicht so stark verschlechtern würde, sondern auf einem der Verkehrslast entsprechenden Qualitätsniveau gehalten werden könnte.

Eine reine Sicht auf die Störungsvermeidung greift bei der Instandhaltung langlebiger und komplexer Anlagen wie dem Gleisoberbau und insbesondere bei Weichen allerdings deutlich zu kurz. Vielmehr ist ein ganzheitlicher Ansatz gefragt, der den allgemeinen „Gesundheitszustand“ und auch das Alter sowie die Konfiguration der Anlagenobjekte im Blick hat, um die richtigen Instandhaltungsentscheidungen treffen und umsetzen zu können, noch bevor überhaupt ein Ausfallrisiko entsteht. Dies gilt besonders für häufig genutzte und dadurch stark belastete Anlagen, oder solche, für die es keine bahnbetrieblichen Alternativen gibt.

Die anhaltende Landflucht führt zu einem wachsenden Verkehrsaufkommen des ÖPNV insbesondere in den Großstädten. Die kommunalen Verkehrsunternehmen

weiten daher ihre Mobilitätsangebote mehr und mehr aus – auch auf die Nacht – bis hin zum gänzlichen Verzicht auf längere Betriebspausen. Die seit Jahren zunehmende Nutzung des schienengebundenen Verkehrs als umweltfreundlichste Transporttechnik hat allerdings auch Nachteile: Mehr Verkehrsbelastung bedeutet eine schnellere Abnutzung der Infrastruktur und verschärft gleichzeitig den Bedarf zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Gleisinfrastruktur. Die nur in Betriebspausen durchführbaren Teile der Instandhaltung müssen mit immer kürzeren Zeitfenstern auskommen.

Big Data

Risiken, wie ungeplante Maschinenausfälle oder plötzliche Weichenstörungen, frühzeitig zu erkennen, sie zu verhindern oder sich

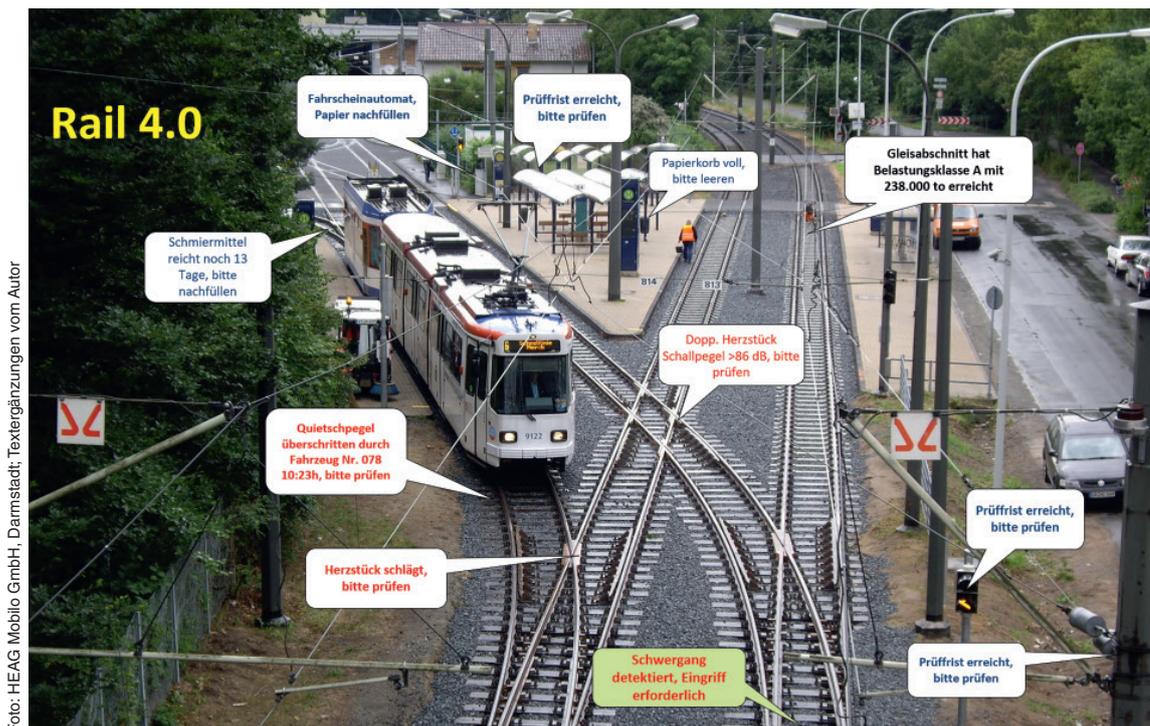


Abb. 1: Instandhaltung 4.0: Der Mensch bleibt im Mittelpunkt als Sensor, Entscheider und kooperativer Akteur.

wenigstens optimal darauf vorzubereiten, ist die Aufgabe. Predictive, also vorausschauend, lautet das Schlagwort, auf das Unternehmen setzen. Die Grundlage dafür: Daten.

Fehlende Daten und die IT-Sicherheit sind neben einem hohen Implementierungsaufwand allerdings ein Grund dafür, dass sich die Bahnunternehmen mit vorausschauender Wartung häufig schwertun (Studie BearingPoint; [1]). Aber selbst wenn noch einige technische Hindernisse zu überwinden sind, der richtige Startzeitpunkt ist jetzt!

Bei der Erfassung von Zustandsdaten der Gleisanlagen fallen riesige Datenmengen an (Abb. 1). In der Vergangenheit wurden diese zutreffend auch Datenfriedhöfe genannt, weil es häufig nicht gelungen ist, aus diesen Daten einen echten Nutzen zu ziehen. „Big Data – Das neue Versprechen der Allwissenheit“ so ein populärer Buchtitel von Heinrich Geiselberger und Tobias Moorstedt [2] soll dies nachhaltig ändern: Nur noch schnell die gespeicherten Daten unterschiedlichster Quellen, Struktur, Entstehungsart und räumlicher Zuordnung analysiert und leicht verständlich zu Smart Data aufbereitet, und die Glaskugel ist fertig!

Doch vor der Analyse steht das Sammeln von Daten und dies braucht Zeit. Zum einen, da Abnutzung und Verschleiß von Gleisanlagen sehr langsam fortschreitende Prozesse sind und zum anderen, weil Ad-hoc-Ausfälle und Störungen eher selten auftreten. Aufgrund der robusten Werkstoffe und ihres Abnutzungsverhaltens reagieren Oberbauobjekte relativ träge auf Fehler der Instandhaltung. Unterlassene Schieneninstandhaltung hat oftmals zunächst keine unmittelbar erkennbaren Auswirkungen.

Ein weiterer Aspekt bei der Datenerhebung ist das Wissen, welche Daten relevant sind und wie sie erhoben werden sollten. Die Frage „Sammeln Sie noch oder analysieren Sie schon?“ sollte sich daher jeder stellen, der den Zustand seiner Infrastruktur regelmäßig überprüfen lässt, ohne die darin schlummernden Informationen als Input für ein aktives Instandhaltungsmanagement mit belastbarer Planung und Steuerung zu nutzen.

Letztlich lässt sich zusammenfassen, je größer die Datenbasis und je besser deren Qualität ist, desto präziser sind die Analysen.



Zum Autor

Andreas Marx (57) ist seit April 2018 Geschäftsführer der Rhombeg Sersa Vossloh GmbH, ein Gemeinschaftsunternehmen der Rhombeg Sersa Rail Group und der Vossloh Rail Services GmbH für das ganzheitliche Instandhaltungsmanagement von Bahninfrastrukturen. Er hat Betriebswirtschaft und Volkswirtschaft in Trier und Hagen studiert und 1994 den Instandhaltungsservice sowie die BahnWege-Seminare® für Schreck-Mieves aufgebaut. Der Autor entwickelt Konzepte für das Instandhaltungs- und Datenmanagement zur Gesamtoptimierung von Schienennetzen, zum Beispiel Erfassungs- und Diagnosesysteme zur Bewertung von Anlagenqualität und Anlagensubstanz.

Vorausschauende Instandhaltung

Die vorausschauende Instandhaltung (engl. „predictive maintenance“; PM) ist als Ergänzung der periodischen wie auch der zustandsabhängigen Instandhaltung zu verstehen, da PM zusätzliche Einflussfaktoren, Ereignismuster und analytische Methoden zu automatisierten Anlagenbewertungen und Prognosen berücksichtigt. Durch Anwendung von Elementen der Digitalen Transformation, wie Big Data und Data Mining, wird sie auch als Instandhaltungsstrategie der Industrie 4.0 bezeichnet.

Instandhaltung des Oberbaus

Für die Gleisinfrastruktur ist das Ziel einer wirtschaftlichen Instandhaltung gleichbedeutend mit dem Erreichen einer möglichst langen Nutzungsdauer. Hier ist die wirtschaftliche Nutzungsdauer gemeint (Abb. 2), die sich im Gegensatz zur technischen Nutzungsdauer daran orientiert, ob eine Instandhaltung noch lohnt oder eine

Erneuerung günstiger wäre. Man spricht dabei von economic life.

Häufig beschränkt sich die Anlagenüberwachung auf die Überprüfung und Testierung von betriebssicheren Zuständen der Objekte. Neben dem betriebssicheren Zustand haben jedoch noch weitere Aspekte einen direkten Einfluss auf die Störungsvermeidung: Störungen im Sinne von Lärm oder Erschütterung sowie Funktionsausfälle und Nutzungseinschränkungen, wie etwa Geschwindigkeitsbeschränkungen (Langsamfahrstellen). Die Beseitigung dieser Ursachen hat eine lebensverlängernde Wirkung.

Anlagensubstanz als Indikator für die wirtschaftliche Nutzungsdauer

Während die Zustandsqualität von Anlagen den Input für eine priorisierte Instandsetzungsentscheidung darstellt, bei der die Sicherheit und das Risiko sich vergrößernder Schäden eine Rolle spielen, ist der rechtzeitige Ersatz alter und instandhal-

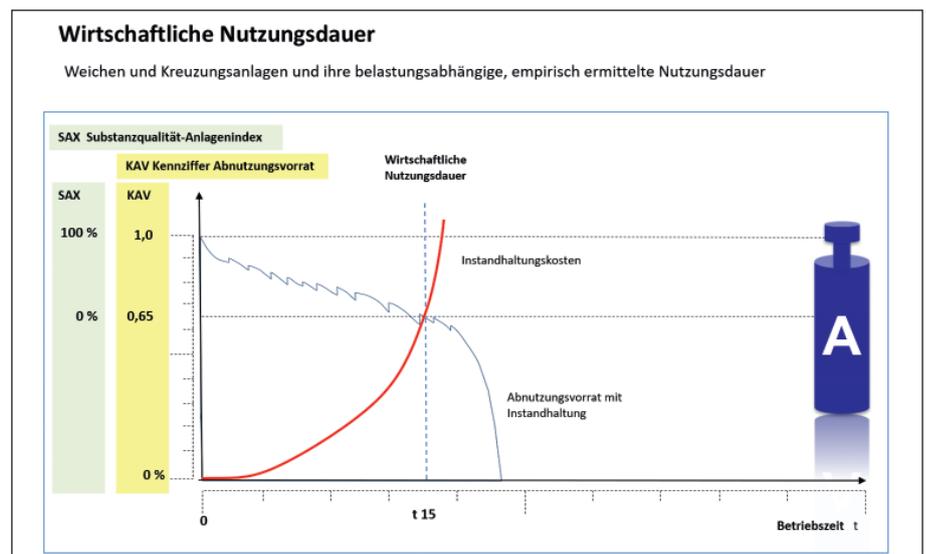


Abb. 2: Die Kennziffer Abnutzungsvorrat KAV® errechnet sich aus der Differenz von Neuzustand (1,0 = 100 %) abzüglich Substanzverluste. Der Substanzqualität Anlagenindex (SAX) fokussiert diesen Abnutzungsvorrat auf die tatsächliche wirtschaftliche Nutzungsdauer unter Berücksichtigung kategorisierter Verkehrsbelastung (Anlagenklasse A, B, C).

Quelle: Rhombeg Sersa Vossloh GmbH

Quelle: Rhombberg Sersa Vossloh GmbH

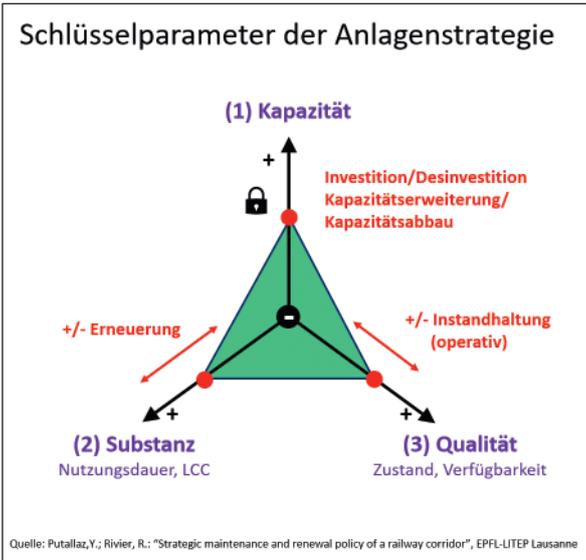


Abb. 3: Die Substanz (2) wird durch die Erneuerung der Anlagen beeinflusst. Eine überalterte Infrastruktur hat einen größeren Instandhaltungsbedarf als eine neue Anlage. Die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit bleibt dann nur durch aufwändige, zustandsverbessernde Maßnahmen im Rahmen der operativen Instandhaltung (3) erhalten.

tungsintensiver Anlagen für einen langfristigen Substanzerhalt entscheidend.

Denn nur eine gute Anlagensubstanz verursacht in der Regel einen geringen Instandhaltungsaufwand und ist zudem weniger störanfällig – überalterte Objekte hingegen führen zu hohen Instandhaltungskosten. Wie aber lässt sich die Substanz von technischen Objekten messen? Zustand und Belastung sind die Eingangsgrößen zur Ermittlung des noch vorhandenen Abnutzungsvorrats, der die Anlagensubstanz als technische Kenngröße beschreibt (Abb. 3).

Der Abnutzungsvorrat eines Anlagenobjekts lässt sich als eine technische Kenn-

ziffer bewerten, die als ergänzende Lebensdaueranalyse im Rahmen von zyklischen Inspektionen erhoben wird. Diese Substanzbewertungsmethode „Kennziffer Abnutzungsvorrat KAV®“ verwendet zusätzlich zur Fehlerklassifizierung ein Abnutzungsäquivalent (Abb. 4). Das wiederum bewertet die erfassten Verschleiß- und Schadbilder im Hinblick auf deren unweiderbringlichen Substanzverzehr, der als aufgebrauchter Abnutzungsvorrat vom Neuzustand in Abzug gebracht wird. Im Mehrperiodenvergleich ergeben sich zudem wertvolle Erkenntnisse hinsichtlich Höhe, Qualität und Verwendung der eingesetzten Mittel und der Anlagenentwicklung über die Zeit. Parallel eröffnen sich

Handlungsspielräume in der flexiblen Anpassung des Bearbeitungszyklus an die Schädigungsrate beziehungsweise in der Wahl einer differenzierten Bearbeitungsstrategie. Gleichzeitig lassen sich auf diese Weise nachhaltige Kostensenkungspotenziale identifizieren.

Lebensdauerprognosen

Kernaufgabe der vorausschauenden Instandhaltung ist es, aus den verdichteten Daten Informationen über den Zustand der Bauteile und die Restlebensdauer zu gewinnen. Lebensdauerprognosen sind die Grundlage jeder präventiven Erneuerungs- und Instandhaltungsplanung.

„Hellscher im Gleis“ – Ausfall- oder Störungsprognose

Bekanntlich ist heute die Genauigkeit der Wettervorhersage für die nächsten sechs Tage so gut wie vor 50 Jahren die Vorhersage für den nächsten Tag. Dafür fließen beim Deutschen Wetterdienst unzählige Daten von nationalen Wetterdiensten, Satelliten, Messbojen, Schiffen, Flugzeugen und lokalen Wetterstationen ein. Hochleistungsrechner verarbeiten diese Datenflut und aktualisieren alle paar Stunden die Wetterprognose.

In der Schieneninstandhaltung sind solche Vorhersagen noch neu, denn dafür müssen zunächst die technologischen Voraussetzungen geschaffen werden: Die Maschinen selbst erfassen Zustandsdaten, im Gleis installierte Sensoren lesen diese Daten aus und senden sie in die Cloud, wo spezielle Algorithmen diese zusammen mit historischen Daten verarbeiten, aggregieren und möglichst verständlich darstellen.

Im Idealfall analysieren die Algorithmen Muster, Trends und Abhängigkeiten unterschiedlicher Betriebsparameter und erzeugen auf dieser Basis Ausfallprognosen und deren Ursachen, um Stillstände im Voraus bestimmen und frühzeitig reagieren zu können. Mit zunehmender Nutzung dieser „wayside monitoring“ Systeme entstehen gigantische Datenmengen, die beispielsweise über Veränderungen der Umstelldauer und des Energieverbrauchs elektrischer Weichenantriebe indirekt etwaige Stellkraftveränderungen detektieren, um Störungen in Form von Schwergang vorausschauend erkennen und korrigieren zu können.

Bei der direkten Bestimmung des Weichenzustands hingegen wird in der Regel auf

Quelle: Rhombberg Sersa Vossloh GmbH

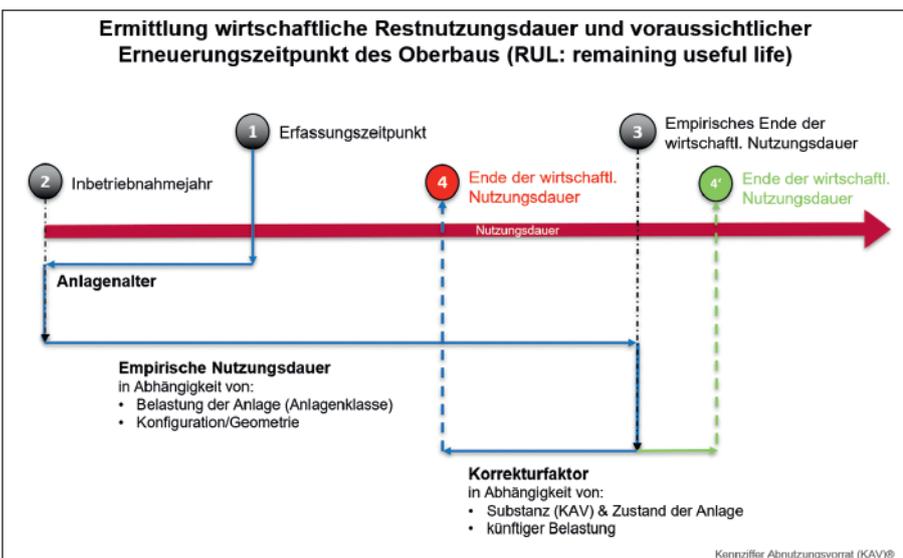


Abb. 4: Die verbleibende Nutzungsdauer RUL lässt sich aus der empirisch ermittelten Nutzungsdauerannahme grob bestimmen. Durch die Berücksichtigung der zyklisch bestimmten Anlagensubstanz (KAV)® geht der tatsächliche Weichenzustand in die Präzisierung der Nutzungsdauerprognose mit ein.

zyklische Inspektionen zurückgegriffen, die aus einer Kombination von verschiedenen Messungen (Spur-, Rillen- und Leitweiten) und einer korrespondierenden visuellen Prüfung durch Experten besteht. Aus den Prüfergebnissen werden die erforderlichen Maßnahmen abgeleitet und anhand von Fehlerklassen priorisiert. Die Beurteilungsgrößen der technischen Regelwerke für Eisenbahnen und Straßenbahnen sind generell auf unbelastet durchgeführte Messungen ausgelegt.

Das Wissen über den tatsächlichen Zustand und die Einflussfaktoren der individuellen Weiche verändert die Qualität der Interpretation radikal. Bringt man die Bestands- und Zustandsdaten aus den zyklischen Inspektionen mit den kontinuierlich erfassten Werten des Monitorings zusammen, ist eine weitaus qualifiziertere Interpretation der absoluten Messwerte möglich, da die Einordnung der ortsspezifischen Einflussfaktoren in Kategorien oder Cluster möglich ist. Ausreißer lassen sich dadurch sehr viel früher identifizieren und beseitigen.

Einflussfaktoren zur Einordnung in die Clusterung:

- Bauart und Geometrie von Weiche und Zungenvorrichtung,
- Bauart der Verschluss- und Stelltechnik,
- Vorhandensein von Zungenrollvorrichtungen,
- topografische Lage in Hinblick auf die Längs- und Querneigung (Überhöhung),
- Einbauqualität von Weiche, Verschluss- und Stelltechnik,
- Unterbauqualität und Entwässerung,
- Allgemeinzustand der Weiche beziehungsweise Verschleißzustand,
- Pflegezustand, Verschmutzung und Bewuchs.

Auf Basis der bau- und zustandsbedingten Parameter lassen sich aus den Sensor datenstatistische Erwartungswerte für bestimmte Anlagentypen definieren, die wiederum mit den Messwerten von neu ins Monitoring aufgenommenen Anlagen verglichen werden können. Sind die spezifischen Einflussfaktoren nicht bekannt, ist eine Dateninterpretation nur über Veränderungs- und Trendanalysen der über einen längeren Zeitraum erfassten Messdatenreihen möglich, die meist hohe Fehlalarm-Quoten mit sich bringen.

Operative Störungsprävention

Neben der möglichst frühzeitigen Detektion möglicher Störungen ist und bleibt die operative Instandhaltung ein Garant für den ruhigen Schlaf von Infrastrukturverantwortlichen. Der Mix aus zustandsabhängiger und präventiver Instandhaltung sollte eine regelmäßige Wartung der Weichen und Kreuzungen in Form von oberbau- und schleiftechnischen Maßnahmen umfassen. Eine halbjährliche Revision der Verschluss- und Antriebstechnik ist zudem obligatorisch.

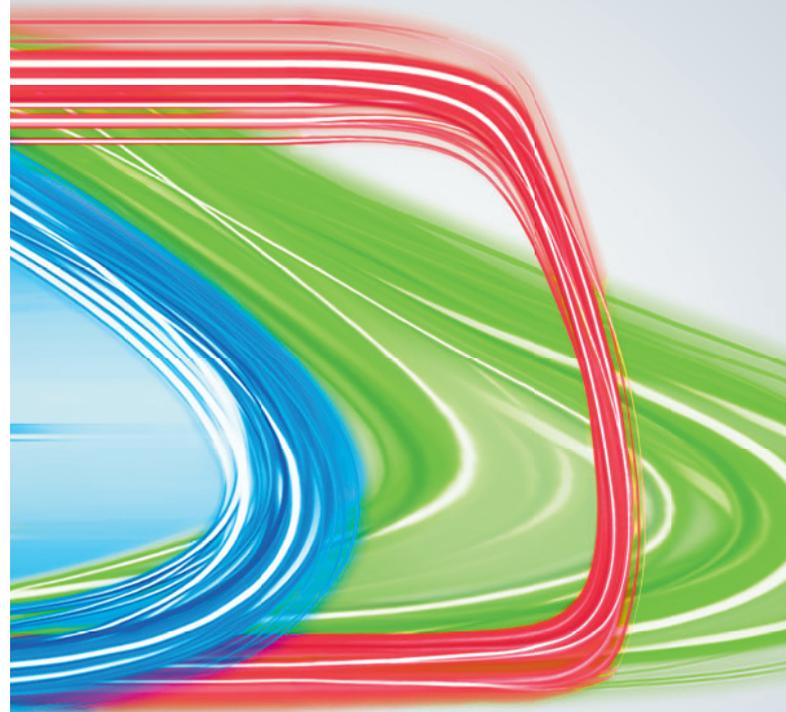
Qualifizierte Weichenschlosser (WSchloss), Weichen- oder Signalmechaniker (WMech, SigMech), und Weichenprüfer (WPrüf) sind die dazu befähigten Spezialisten. Ihre im Rahmen von Funktionsausbildungen, zum Beispiel der BahnWege-Seminare® erworbenen Fähigkeiten sind auf die Anforderungen von kommunalen Verkehrsunternehmen und Nichtbundeseigenen Bahnen ausgerichtet und vermitteln nicht nur das Wie, sondern auch das Warum (Know-how plus Know-why). Die Qualität der Ausbildung und regelmäßig durchzuführenden Auffrischungen



InnoTrans 2020

22.–25. SEPTEMBER · BERLIN

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik



THE FUTURE OF MOBILITY

KONTAKT

Messe Berlin GmbH
 Messedamm 22 · 14055 Berlin
 T +49 30 3038 2376
 innotrans@messe-berlin.de

 Messe Berlin

Quelle: Rhombert Sersa Vossloh GmbH

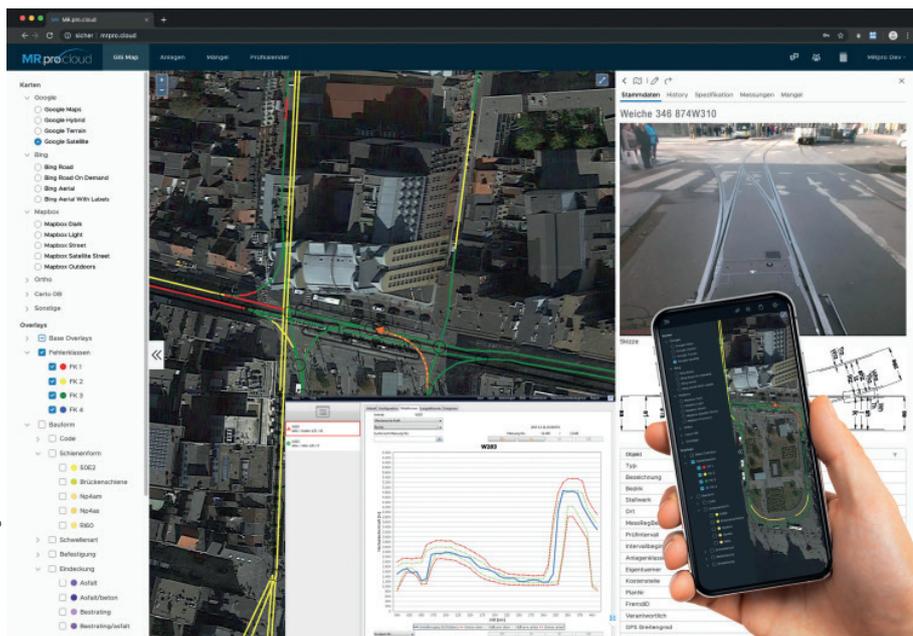


Abb. 5: MR.pro® unterstützt als zentrale Datensammelstelle (Data Warehouse) und Analyse-system (Data Mining) das Instandhaltungsmanagement der gesamten Gleisinfrastruktur, bei der richtigen, nachvollziehbaren und technisch untermauerten Entscheidung. Hier mit der Echtzeitauswertung der ConnAct® Umstellkraft- und Wasserstandssensoren.

nebst Überprüfung des Wissens, wird der Bedeutung ihrer Arbeit gerecht, die maßgeblich zur Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit und Verfügbarkeit dient.

Infomanagement: Entscheidungssteuerung statt Berichtswesen

Die vielfältigen Analysen, Datenpflege und Vorausschau können ab einer Gleisnetzgröße von etwa 30 km nur moderne, datenbankgestützte Informationssysteme leisten.

Die Erfassung, Diagnose und Maßnahmenableitung von Parametern, die einen di-

rekten Aufschluss über den tatsächlichen Zustand von Gleisen und Weichen geben, unterstützt MR.pro® [3] seit 25 Jahren (Abb. 5). Dabei werden die durch Messungen und Sichtprüfungen erhobenen Ergebnisse im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Anlagen datenbankgestützt in einem standardisierten Verfahren analysiert und priorisiert.

Neben direkten Zustandsdaten erlaubt das System auch die Analyse von Monitoringdaten, auch solche, die den Zustand von Weichen und Gleisen nur indirekt beschreiben. Hierbei handelt es sich um Mess- und Störungsdaten aus der Dauerüberwa-

chung, wie beispielsweise den Zeitbedarf und die Leistungsaufnahme des Weichenantriebs beim Umstellvorgang. So werden beispielsweise die Daten von in Antrieben, Weichensteuerungen, Signalanlagen, Bahnübergängen, Meldungsübertragungssystemen oder Schienenschmieranlagen eingebauten ConnAct® [4] Sensoren über eine M2M-Technologie (Maschine-to-Maschine) kontinuierlich in Echtzeit übertragen, analysiert und der Objekthistorie in der MR.pro®-Datenbank zugeführt. Eine ähnliche Funktion als Analyse-, Klassifikation- und Prognosesystem (Data Mining) bietet das System auch für eine Vielzahl weiterer großer Zustandsdatenmengen (Big Data), zum Beispiel Schienenquerprofil-, Wirbelstrom- und Ultraschallmessergebnisse.

Dabei unterstützt die Software sowohl ein aktives Nutzungsdauermanagement als auch die Ermittlung der Kennziffer Abnutzungsvorrat (KAV)® zur Präzisierung empirischer Annahmen. Ferner können Anlagenverantwortliche ihre Ressourcen über die prozentuale Substanzkennziffer, die die wirtschaftliche Nutzungsdauer jedes einzelnen Anlageobjekts prognostiziert, sinnvoll steuern und negative Einspareffekte verhindern.

Literatur/Anmerkungen

- [1] https://www.t-systems.com/blob/805504/b28cf77e87bf66ffec-2cbda435a450/DL_Best-Practice_02-2018_Das-Ende-des-Zufalls.pdf
- [2] ISBN 351873363X, 9783518733639
- [3] Die Inspektions- und Instandhaltungsmanagement-Software MR.pro®, ein Hybrid aus Expertensystem und technischem Informationssystem, speziell zugeschnitten auf ein praxisnahes Anlagenmanagement für die gesamte Bahninfrastruktur (www.mr-pro.de)
- [4] ConnAct® ist ein System zur Fernüberwachung und Diagnose von wichtigen Infrastruktur-Komponenten des Herstellers Hanning & Kahl.

Zusammenfassung/Summary

Datenbasierte Weicheninstandhaltung

Infrastrukturell zählen Weichen zu den kostenintensivsten Objekten und sind Hauptverursacher von Verspätungen und Ad-hoc-Instandsetzungsbedarf. Das kontinuierliche Zustandsmonitoring ist für Weichen prädestiniert und steht im Fokus der vorausschauenden Instandhaltung, die Störungen gänzlich verhindern soll. Die Digitalisierung hat den Weg für eine kontinuierliche Überwachung von Gleisobjekten mittels „wayside monitoring“-Sensorik überhaupt erst möglich gemacht. Sie soll in erster Linie, sich anbahnende Störungen frühzeitig erkennen. Wie bleibt man Up-to-date und minimiert gleichzeitig die Risiken und Nebenwirkungen digitaler Informationstechnik? Eine akzeptable Lösung bieten praxisbewährte, auf die Schiene ausgerichtete Softwarelösungen, die wie MR.pro® in der Lage sind, Ergebnisse der aktuellen wie auch der zukünftigen Mess- und Prüftechnologie abzubilden. Dieser Beitrag beschreibt den datengetriebenen Ansatz zur Ermittlung des Oberbauzustands und Etablierung einer wirkungsvollen Störungsprävention.

Data based point maintenance

In terms of infrastructure, points are among the most cost intensive objects and are main cause for time delays and ad-hoc maintenance. Continuous condition monitoring is predestined for points and is the focus of a proactive maintenance which shall completely avoid any malfunctions. Digitization has made the way for continuous monitoring of track objects by the „wayside monitoring“ sensor technology. Its primary function is to detect developing faults at an early stage. How to stay up-to-date and minimize at the same time risks and side effects of digital information technology? An acceptable solution is provided by practice-proven, rail aligned software solution systems, like MR.pro® which are able to map results of current and future measuring and testing technology. This article describes the data-driven approach to determine the condition of the superstructure condition and to establish an effective failure prevention.