Foto: Zedas

Abb. 1: Daten bilden die Basis für eine vorausschauende Instandhaltung von Eisenbahnanlagen.

Vorausschauende Instandhaltung von Bahninfrastrukturanlagen

Digitale Management-Systeme für linear ausgedehnte Bahninfrastrukturanlagen

Betr.wirt (VWA) Thomas Landskron, Senftenberg

Wirtschaftliche Bahnanlageninstandhaltung setzt klare Kostenziele sowie Qualitätsvereinbarungen voraus. Moderne Unternehmen haben das sich daraus ergebende Potenzial als strategischen Erfolgs- und Wertschöpfungsfaktor erkannt. Für einen zuverlässigen und gleichzeitig wirtschaftlichen Bahnbetrieb müssen die Bahninfrastrukturanlagen jederzeit zur Verfügung stehen und alle Sicherheitsanforderungen erfüllen. Die Lebensdauer von Gleisen, Weichen und Fahrstromanlagen soll maximiert, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sollen erhöht werden. Die konventionelle Instandhaltungspraxis stößt dabei an Grenzen. Eine moderne Instandhaltung muss daher in der Lage sein, Mitarbeiter mit Zustandsaussagen, Instandhaltungsempfehlungen und Prognosen gut zu unterstützen. Im digitalen Zeitalter spielt daher die Analyse vorhandener Informationen aus Mess- und Betriebsdaten und der Instandhaltungsinformation eine immer größere Rolle. Ziel ist die Bereitstellung aller Informationen, Analysen und Prognosen eines jeden Anlagentyps, die zur Entscheidung für eine optimale Instandhaltungsstrategie benötigt werden.

Vorhandene Daten zusammenführen und übergreifend auswerten

Für eine solche Instandhaltungsstrategie ist ein regelmäßiges Monitoring des Fahrwegezustandes unabdingbar. Doch die Zusammenführung und Auswertung der Daten aus unterschiedlichen Quellen, wie zum Beispiel Begehung, Inspektion, Messfahrt, Videofahrt oder Instandsetzung sind

Nutzung unter zedas.com mit Genehmigung der DVV Media GmbH, Hamburg 2020

eine Herausforderung für jeden Betreiber, Eigentümer und Instandhalter von Bahninfrastrukturanlagen.

Unterstützung für ein komplexes Instandhaltungsmanagement bietet der Einsatz eines digitalen Asset-Management-Systems wie zedas®asset. Als analytisches Informationssystem ist die Software in der Lage, Daten zu sammeln, zu analysieren und damit „zum Leben zu erwecken". Ausgehend von den strukturierten Bahninfrastrukturanlagen und Bauteilen lassen sich in einer Asset-Management-Software alle relevanten Prozess-, Betriebs- sowie Messdaten übersichtlich überwachen, analysieren und verwalten. Dazu gehört auch die Darstellung des Bahnanlagenzustandes einschließlich der Lebenslaufhistorie aller Anlagen.

Das System zedas®asset unterstützt standardmäßig die Übernahme und Integration von Infrastruktur-Messwerten und Zustandsbewertungen aus Messzügen, Weichenmesssystemen sowie anderen Expertensystemen. Um eine größtmögliche Unabhängigkeit von den unterschiedlichen Messgeräteherstellern zu erhalten, verfügt die Lösung über zahlreiche Schnittstellen. Damit kann der Nutzer, unabhängig vom Messgerät, eigenständig die Messdaten ins System übernehmen. Er erhält sich somit den Freiraum bei der Auswahl des Messgeräteherstellers und verhindert lizenzabhängige Stand-Alone-Lösungen der Messsystemanbieter.

Zum Autor

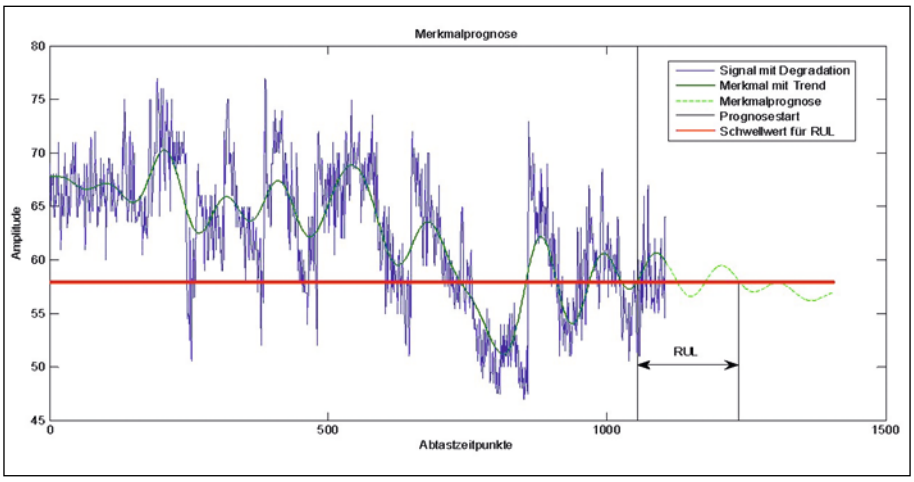
Betr.wirt (VWA) Thomas Landskron arbeitet seit 2006 im Vertrieb und Consulting der Zedas GmbH. Mit der Übernahme der Leitung des Vertriebes für zedas®asset 2011 koordiniert und entwickelt er Strategien für den nationalen und internationalen Neukundenvertrieb. Landskron studierte Betriebswirtschaft an der VWA Cottbus.

Foto: Zedas

Abb. 2: Störungen sowie Instandhaltungs- und Zustandsinformationen werden von den Mitarbeitern erfasst.

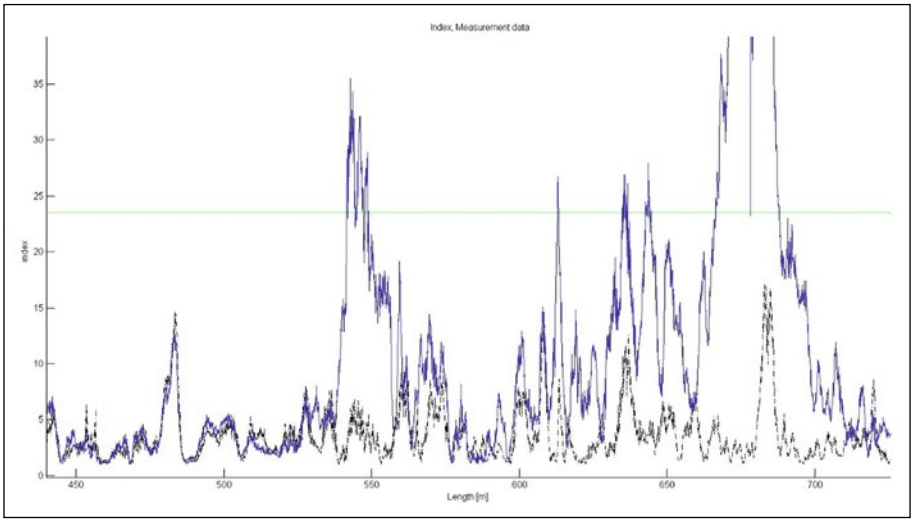
Alle instandhaltungsrelevanten Informationen zu Mängeln, Störungen, Inspektionen, Fristen, Aufträgen, Messwerten, oder Grenzwertverletzungen werden zentral angezeigt und überwacht. In Wartungsplänen werden nicht nur Inspektionen und Wartungen automatisch eingetragen, die zeitzyklisch oder belastungsabhängig sind,

Nutzung unter zedas.com mit Genehmigung der DVV Media GmbH, Hamburg 2020



Grafik: Zedas

Abb. 3: Prognose zur Restnutzungsdauer (RUL – remainig useful life).



Grafik: Zedas

Abb. 4: Beispiel Zustandsindex.

sondern auch zustandsabhängige Fälligkeitsprognosen aufgrund der analysierten Bahninfrastrukturdaten. So lassen sich aus diesen Massendaten („Big Data“) intelligente Ableitungen wie Fristenfälligkeiten („Smart Data“) erzeugen. Die Generierung von Arbeitsplänen sowie Checklisten zur Budgetplanung ist ebenfalls möglich.

In Ergänzung zu den Arbeitsgängen können Leistungszeiten, Materialien und Ersatzteile zugeordnet werden, um vorausschauend Ressourcen zu planen. Für alle Arbeitsaufgaben lassen sich auftragsbezogen Hinweise unter Bezugnahme auf Regelwerke und Handbücher einbinden. Mobile Apps, die eine on- und offline-Funktionalität bieten, ermöglichen dabei die durchgängig digitale Erfassung auch für die Inspekteure und die mobilen Service-Teams.

Die zentrale Datenhaltung bietet die Möglichkeit, alle Informationen zueinander in Beziehung zu setzen, um dem Anwender zielgerichtet aktuelle Informationen, etwa zum Anlagenzustand, aktuellem Mängel- oder Störungsverhalten, notwendigen Instandsetzungen und möglichen Ausfällen, zu geben. Im System stehen umfangreiche Auswertungen – von Schwachstellenanalysen der einzelnen Anlagen und Komponenten bis zur gesamten Bahninfrastruktur, vom aktuellen Anlagenstatus bis zu einem prognostizierten Zustand, vom einzelnen Arbeitspaket bis hin zum gesamten Instandhaltungsgeschehen – zur Verfügung. Ziel ist es, im gesamten Instandhaltungsprozess optimale Transparenz und Unterstützung bei der Planung und Durchführung der wachsenden Instandhaltungsanforderungen zu geben.

Prädiktive Instandhaltung durch kluges Datenmanagement

Die Datenmengen, die aus Gleismessungen übermittelt werden, sollten automatisch und zeitnah analysiert werden. Nur so wird aus Big Data auch Smart Data, die gewinnbringende Informationen liefert. Die Vielzahl an Daten aus unterschiedlichsten Quellen werden automatisch zusammengeführt. Abweichungen und Trends, die auf eine signifikante Veränderung hindeuten, sind sofort erkennbar. Dabei informiert ein einziger kombinierter Index über die Problemstellen sowie die verursachenden Messgrößen und Parameter. Präzisere Vorhersagen über Zustand und Restnutzungsdauer der Infrastrukturobjekte stehen im Vordergrund. Das Ziel ist es, erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen inklusive Ressourcen effizienter zu planen, Verfügbarkeiten von Bahninfrastrukturanlagen zu steigern und drohende Ausfälle im Voraus zu erkennen.

Zur Entscheidung, wann und mit welcher Finanzierung Maßnahmen erfolgen, reichen häufig Kennzahlen allein nicht aus. Komplexe Betrachtungen werden erforderlich, wie etwa zur Zustandsdegression, der Kosten und der Dauer aller Maßnahmen sowie zu den aus einer Nichtverfügbarkeit resultierenden Konsequenzen. Als Entscheidungsunterstützung dient hierfür der Zustands-Kosten-Index, kurz ZKI. Dieser verknüpft festgelegte Faktoren, wie Betriebsklassen von Gleisen, Anlagenklassen und Streckenkategorien in einem selbst entwickelten komplexen Bewertungsschema, das auf den Erfahrungen aus dem Einsatz des Asset-Management-Systems zedas®asset beruht. Hierbei gilt allgemein, je höher der Index, umso dringlicher die Maßnahme. Für die Berechnung werden beispielsweise folgende Punkte betrachtet:

- Kosten für präventive und korrektive Instandhaltung,
- vorausschauende Prognose (Abb. 3),
- Sicherheit-Geschwindigkeit (Klassen) und Belastung (Tonnen oder Achsübergänge je Zeit),
- Verfügbarkeit einschließlich Redundanz,
- Umsatz nach Priorität eingeteilter Strecken,
- Zustandsindex aus Änderung der Messdaten und als objektives Kriterium für manuelle Inspektionen.

Als Ergebnis liefert die Analysesoftware eine vorausschauende Prognose. Aus den Daten zum Verschleißverlauf und der Instandhaltungshistorie lässt sich unter Nutzung multivariater Analysemethoden eine Prognose zur verbleibenden Restnutzungsdauer (RUL - Remaining Useful Life),

Nutzung unter zedas.com mit Genehmigung der DVV Media GmbH, Hamburg 2020

die Zeit bis zum nächsten zu erwartenden Ausfall, treffen. Hierbei gilt: Je exakter und umfangreicher die historischen Daten (mit Bezug zur Belastung und zu externen Einflüssen) sind, desto genauer wird die Prognose.

Wichtigstes Instrument für die Analyse und Steuerung ist dafür der zedas®asset Track Analyser. Er ermöglicht die lineare (bandförmige) Darstellung der Geometrie einer Strecke (beziehungsweise Trasse) mit Angabe der wichtigsten Informationen zu Gleisen, Weichen, Kreuzungen, Fahrleitung, zu Signal- und Sicherungstechnik, sowie zu Störungen im Lichtraum. Über verschiedene Selektionskriterien können Zustandsinformationen und Messwerte bezogen auf die exakten Ortsangaben, einschließlich auftretender Grenzwertverletzungen, visualisiert werden.

Zusätzlich fließen die Informationen zur Planung, Realisierung und Rückmeldung von Aufträgen sowie von Bewertungen und Zuständen in die Betrachtung mit ein. Dies ermöglicht dem Nutzer die genaue Analyse des Gesamtzustandes. Das bildet die Grundlage für die Entscheidungsfindung hinsichtlich einer optimalen Maßnahmenplanung. Standardisierte Schnittstellen zu den existierenden Systemen, umfangreiche Reporte zur Auswertung und insbesondere die Visualisierung des Objektzustands in der Gleisgrafik unterstützen den Anwender.

Optimierte Wartungszyklen mit minimiertem Reparaturaufwand

Eine zuverlässige Prognose des Verschleißverlaufs und der Störungswahrscheinlichkeit von Bahninfrastrukturanlagen sowie die Hochrechnung von Fälligkeiten für zeit- und belastungsabhängig geplante Instandhaltungen ermöglicht es, Instandhaltungskapazitäten optimal zu planen sowie stark schwankende Belastungen zu verhindern. Die frühzeitig und langfristig terminierbaren Instandhaltungen vermeiden Engpässe in der Instandhaltung. Im Ressourcenmanager können benötigte Betriebsmittel und spezialisierte Mitarbeiter besser eingeplant und entstehende Konflikte durch unvorhergesehene Reparaturen angezeigt und aufgelöst werden. Ausfälle auf Grund von Störungen werden dadurch minimiert und Ausfallzeiten verringert.

Eine bessere Planbarkeit der Instandhaltungsmaßnahmen ermöglicht einen zielgerichteten Einsatz von Ressourcen sowie ein optimiertes Ersatzteilmanagement. So werden beispielsweise durch rechtzeitiges Erkennen von Bedarfen durch das System frühzeitig Bestellvorschläge angelegt, die Notwendigkeit von zu hohen Mindestbeständen vermieden und Komponenten und Material rechtzeitig unter Beachtung von Lieferzeiten bestellt. Das „Warten auf Ersatzteile“ und damit der nicht termingerechte Abschluss der Arbeiten werden reduziert.

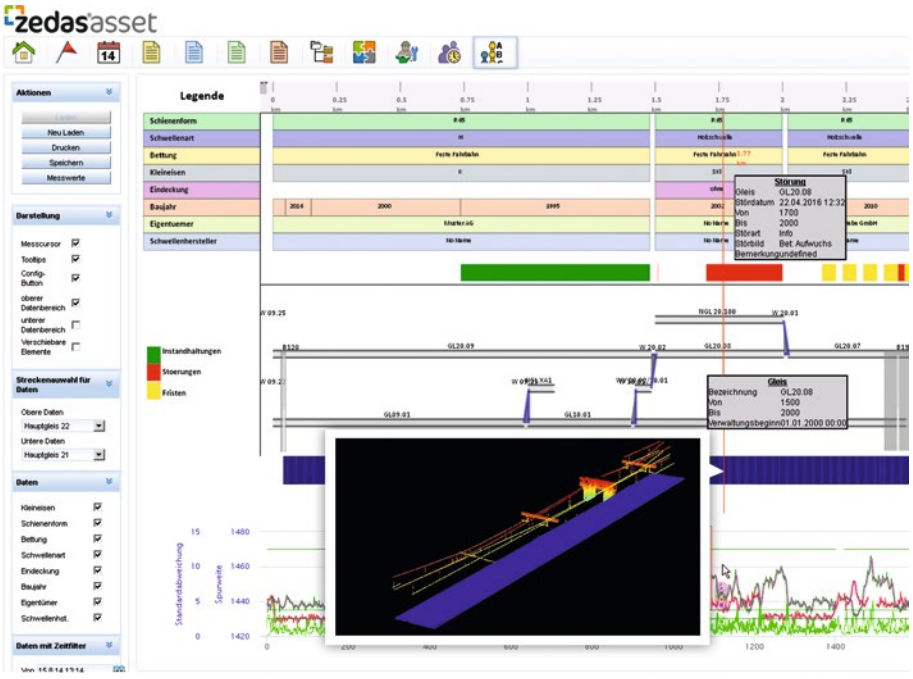
Mit gut durchdachten Dashboards den Überblick behalten

Die integrierte Dashboard-Funktion erlaubt es, nutzer- und arbeitsplatzspezifische Echtzeit-Auswertungen bereitzustellen. Diese unterstützen den Anwender mit allen relevanten Informationen des Tagesgeschäftes auf einen Blick. Auffälligkeiten an den Anlagen, Überschreitung von Budgets, Auslastungen von Personal, Ressourcen, Mängel- und Störstatistiken werden visualisiert. So können Informationen zum Zustand der in Bearbeitung befindlichen Anlage, zum Abarbeitungsstand von relevanten Arbeitspaketen und den nächsten geplanten Tätigkeiten abgerufen und angezeigt werden. Durch die zeitgenaue Rückmeldung von erledigten Tätigkeiten und die dafür benötigten Leistungszeiten bietet sich für den einzelnen Mitarbeiter aber auch für die Administration jederzeit eine transparente Darstellung. Verzögerungen in der Bearbeitung werden umgehend erkannt und Maßnahmen können abgeleitet werden.

Investitionsplanung in Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen

Insbesondere die Investitions- und Budgetplanung auf Basis verlässlicher Daten stellt für viele Bahnunternehmen eine Herausforderung dar. Auch dabei hilft ein Anlagen-Management-System, denn durch Analyse der vorhandenen Daten werden auch erweiterte Anwendungen für die Planung von Bedarf und Investitionen bis weit in die Zukunft für das Anlagen-Management möglich.

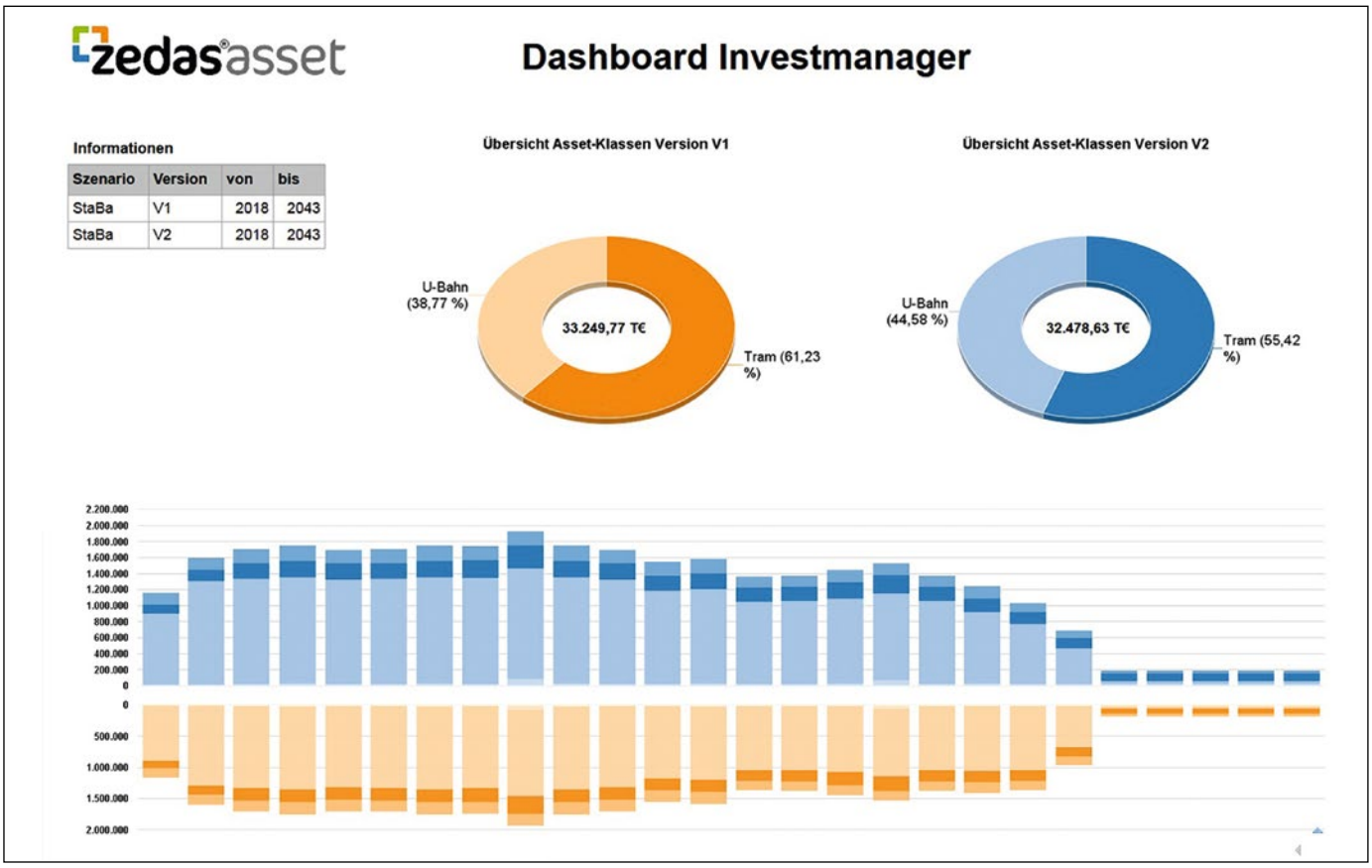
Basis hierfür bildet die anlagenbezogene Instandhaltungshistorie. Dies schließt folgende Daten ein: Informationen zum Lebenslauf der Bahninfrastrukturanlagen, Kosten für die korrektive Instandhaltung und prognostizierte Kosten für präventive Instandhaltung. Der Invest Manager analysiert diese Daten und verknüpft sie mit flexiblen Parametern wie Preissteigerung, Einfluss des Alters und der Belastung auf den Instandhaltungsaufwand und ermittelt ein Basiskostenszenario des Investitionsbedarfs. Dieses kann durch den Planer über frei wählbare Faktoren und Parameter angepasst werden. So entstehen mehrere Planungsszenarien, die als Entscheidungsvorlage dienen und vergleichend betrachtet werden können. Ein umfangreiches,



Grafik: Zedas

Abb. 5: Der Track Analyser zeigt Streckengeometrie, Konstruktion, Messwerte einschließlich Grenzwertverletzung sowie das Lichtraumprofil.

Nutzung unter zedas.com mit Genehmigung der DVV Media GmbH, Hamburg 2020



Grafik: Zedas

Abb. 6: Die Datenanalyse ermöglicht fundierte Prognosen.

grafisches Dashboard hilft bei der Bewertung der Ergebnisse.

Fazit: Aus Big Data wird Smart Data

Eisenbahninfrastrukturunternehmen stehen permanent vor der Aufgabe, auf der Basis von Zustandsinformationen und Kennzahlen Entscheidungen über Maßnahmen zur Verbesserung zu treffen. Wann und mit welcher Finanzierung diese erfolgen, ist eine komplexe Betrachtung, die den Grad der Zustandsveränderung, die Kosten und die Dauer der Maßnahme sowie die aus einer Nichtverfügbarkeit resultierenden Konsequenzen berücksichtigt. Die Nutzung von zedas®asset ermöglicht einen durchgängigen und transparenten Prozess vom Erkennen einer Situation über die Planung erforderlicher Maßnahmen, zur Ausführung und Abrechnung der Arbeiten bis zur nachhaltigen Bewertung und Dokumentation der Ergebnisse.

Mit dem Einsatz des Systems ist dementsprechend auch eine Schwachstellenanalyse und somit ein nachhaltiger kontinuierlicher Verbesserungsprozess verbunden. Die langfristige Datenhaltung ermöglicht eine Aussage zum Verhalten über den gesamten Lebenszyklus der Infrastrukturobjekte mit dem Ziel, den technisch/wirtschaftlich optimalen Zeitpunkt zur Reinvestition zu bestimmen und Planungssicherheit zu gewinnen. Eine konventionelle Datenaufnahme durch fristgerechte Inaugenscheinnahme der Anlage, erweitert um eine umfangreiche automatisierte Datenaufnahme ermöglicht ein konsequentes Monitoring des Zustandes der Infrastruktur. Ein auf verschiedene Adressatengruppen konfigurierbares Reporting-System liefert die nötigen aufbereiteten Daten, um Entscheidungen treffen zu können.

Zusammenfassung/Summary

Vorausschauende Instandhaltung von Bahninfrastrukturanlagen

Digitale Asset-Management-Systeme können den Instandhaltungsprozess erheblich optimieren: Sie ermöglichen eine gezielte Planung aller Instandhaltungsmaßnahmen und somit eine höhere Anlagenverfügbarkeit. Bahninfrastrukturbetreiber erhalten damit präzise Vorhersagen über zukünftige Ausfälle. Asset-Management-Systeme führen zentral alle Daten im Instandhaltungsprozess zusammen und werten diese durchgängig und kontinuierlich in alle Richtungen aus. Der Anwender behält so immer den aktuellen Zustand seiner Anlagen im Blick. Auf der Basis der Daten wird eine vorausschauende Instandhaltung möglich; das vermeidet unnötige Wartungstermine und ungeplante Ausfallzeiten.

Predictive maintenance of railway infrastructure

Digital asset management systems can significantly optimize the maintenance process: They enable targeted planning of all maintenance activities and higher asset availability. Railway infrastructure operators receive precise predictions of future failures. Asset management systems bring together all data in the maintenance process centrally and evaluate them continuously and consistently in all directions. The user always has an overview of the current status of his systems. On the basis of the data, predictive maintenance becomes possible; this avoids unnecessary maintenance appointments and unplanned downtimes.

Nutzung unter zedas.com mit Genehmigung der DVV Media GmbH, Hamburg 2020