

Instandhaltung 4.0 im Schienenverkehr: Von Big Data zu Smart Data

Gewinnung und Auswertung von Zustandsinformationen sowie Kennzahlen im Asset Management bei Eisenbahnunternehmen

Thomas Landskron

Herr Mayer hat einen wichtigen Geschäftstermin in Frankfurt am Main. Schon aus ökologischen Gesichtspunkten wählt er als Reisemittel die Eisenbahn und steigt daher, wie in seiner App angezeigt, um 8.31 Uhr in den Zug in Berlin Hauptbahnhof. Sein Termin ist um 13.00 Uhr. Laut App müsste er somit 12.47 Uhr am Empfang des Unternehmens ankommen. Es ist 11.05 Uhr und er sitzt seit zehn Minuten in Göttingen fest. Ein Instandhaltungsmitarbeiter arbeitet gerade vorn an der Lok. Dann geht es endlich weiter. Der Rest der Fahrt verläuft problemlos und pünktlich um 12.55 Uhr schüttelt er seinem Geschäftspartner in Frankfurt am Main die Hand.

Was Herr Mayer nicht gesehen hat, ist die Datenverarbeitung im Hintergrund, die für die schnelle Reaktion notwendig war. Denn um 9.45 Uhr erhält die Leitstelle eine automatische Fehlermeldung aus den übermittelten Fahrzeugdaten – ein Problem mit der Belüftungsanlage. Das genutzte Softwaresystem macht den Dispatcher darauf aufmerksam, dass ein Bauteil auszufallen droht (Abb. 1). Dieser erteilt im DV-System sofort die Freigabe für den entsprechenden Auftrag an das Instandhaltungsteam in der Nähe. Der Servicemitarbeiter bekommt auf seinem mobilen Gerät eine Nachricht und einen Auftrag für eine Notreparatur am Zug, der 10.55 Uhr in Göttingen hält. Das notwendige Bauteil und die Checkliste der Arbeitsschritte sind außerdem verfügbar. Sofort macht er sich auf den Weg und steht pünktlich mit den notwendigen Betriebsmitteln am Gleis. Der Komponententausch erfolgt und wird nach der Weiterfahrt des Zuges vom mobilen Gerät des Instandhalters direkt an den Dispatcher zurückgemeldet. Im System sind nun die Daten aus Fahrzeugtelemetrie, Störung, Auftrag sowie Rückmeldung zusammengeführt. Diese werden für weitere Analysen genutzt (z. B. Schwachstellenanalyse, Störungsprognose etc.) und archiviert.

Das Beispiel zeigt, wirtschaftliche Vorteile aus der Datenanalyse großer inhomogener Datenmengen zu ziehen, auch „Big Data“ genannt, ist der Schlüssel zu höherer Effizienz und wirtschaftlichem Erfolg. Das haben

auch Eisenbahnunternehmen als Wertschöpfungsfaktor erkannt. Oftmals fehlt es jedoch an Instrumenten, sich diese zu Nutzen zu machen. Dies belegt eine Studie von McKinsey zum „Internet of Things“ (IoT). Noch gibt es eine viel zu geringe Nutzung von erfassten Daten infolge fehlender Algorithmen und Werkzeuge. Der zu generierende Mehrwert für relevante Geschäftsfelder kann zudem oft nicht benannt werden oder die Technologien werden in den relevanten Sparten nicht oder nur unzureichend genutzt.

Mit Industrie 4.0 wurde im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung ein Zukunftsprojekt ins Leben gerufen, mit dem die Digitalisierung der klassischen Industrien vorangetrieben werden soll. Diese Zielstellung lässt sich auch auf den Bahnmarkt übertragen. Zur Erschließung der Vorteile aus Industrie 4.0 im Schienenverkehr sind verschiedene Anpassungen der bisherigen Prozessabläufe in Bahnunternehmen notwendig. Dazu gehören zum Beispiel individuelle Lösungen für die zustandsorientierte Instandhaltung, die Überwachung von LCC- bzw. RAMS-Verträgen oder die Ressourcenoptimierung. Durch neue Arbeitsmethoden auf Basis durchgehender Kommunikation, von der Sensorik bis zum mobilen Endgerät, mit automatisierter IT-gestützter Datenverarbeitung und intelligenten Algorithmen kann Industrie 4.0 auch auf der Schiene realisiert werden.

Im Rahmen der langjährigen Zusammenarbeit der Zedas GmbH Senftenberg (vormals PC-Soft GmbH) mit verschiedenen Eisenbahnunternehmen wurden diverse Lösungen zum Asset Management (umfasst einen organisierten Ansatz, der es einer Organisation ermöglicht, aus dem Portfolio von Vermögenswerten diese zu maximieren oder Verbindlichkeiten zu minimieren) verwirklicht, wie beispielsweise zur Störungserkennung, Auftragsabwicklung, Fristenoptimierung und Ressourcenplanung. Die Ziele dieser Unternehmen sind Sicherheit, Verfügbarkeit, Effektivität sowie Nachhaltigkeit. Dabei kann der Fokus nicht ausschließlich auf die Minimierung der Instandhaltungsaufwendungen gerichtet sein. Instandhaltung ist kein reiner Kostenblock, sondern der Preis für die Verfügbarkeit.

Deshalb ist es in Zeiten von Industrie 4.0 notwendig, aus den anfallenden Daten durch intelligente Algorithmen verwertbare Informationen, also Entscheidungsgrundlagen, zu schaffen. Aus Big Data wird damit Smart Data. So sollen automatisierte Auswertungen der Fahrzeugtelemetrie, Ereignisdokumentation, Ursachenbewertung und Auftragsprotokollierung belastbare Analysen ermöglichen. Mittels technischer Diagnose unter Anwendung multivariater Methoden können softwaregestützte Prognosen zu Capex (wichtiger Kennwert der Bilanz, der Investitionsausgaben für lang-



Abb. 1: Zustandsdaten

lebige Anlagegüter bezeichnet) und Opex (bezeichnet im Gegensatz zu Capex die Betriebsausgaben, wie z. B. Kosten für Rohstoffe, Betriebsstoffe, Personal) gegeben werden. Mithilfe von multivariaten Verfahren (auch: multivariate Analysemethoden) werden mehrere statistische Variablen oder Zufallsvariablen zugleich untersucht. Zusammenhänge- bzw. Abhängigkeitsstrukturen zwischen den Variablen können so analysiert und erkannt werden.

Dabei sind Kennzahlen, welche nur die Instandhaltungskosten betrachten, ohne die Belastung und den Zustand zu berücksichtigen, nicht zielführend. Um dies zu erreichen, müssen die aus verschiedenen IT-Systemen sowie in unterschiedlichen Prozessschritten gewonnenen Daten optimal genutzt werden. Vor allem die Zusammenführung und Auswertung von Daten aus unterschiedlichen Quellen ist eine Herausforderung für jeden Betreiber, Eigentümer und Instandhalter von Schienenfahrzeugen und Bahninfrastrukturanlagen. Im Mittelpunkt steht dabei nicht nur die Datenerfassung, sondern deren Auswertung mit permanenter Zustandsüberwachung als Voraussetzung für die Wahl der optimalen Instandhaltungsstrategie. Mit zedas asset steht dafür ein branchenspezifisches Instrumentarium zur Verfügung, mit dem entscheidungsrelevante Zustandsinformationen gewonnen werden können.

Technische Diagnose als Schlüssel

Die Datenmengen, welche aus Gleismessungen oder von der Fahrzeugtelemetrie übermittelt werden, sind (möglichst) automatisch und zeitnah zu analysieren. Nur so wird aus Big Data auch Smart Data, die zudem gewinnbringende Informationen liefern. Aus der Fülle heterogener Daten erfolgt eine Homogenisierung, welche über alle Messgrößen automatisiert erfolgen kann. 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 bzw. Parameter. Darüber hinaus ist für die technische Diagnose die Auswertung von Fehlerhäufigkeit besonders wichtig, da sie Aufschlüsse über herstellungsbedingte Serienfehler, aber auch über Fehler in der betrieblichen Nutzung oder in der Instandhaltung gibt.

Smart Asset Management und Instandhaltung

Ausgehend von den strukturierten Anlagen, Fahrzeugen 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 Anlagen- oder Fahrzeugzustands einschließlich deren Lebenslaufhistorie. Alle instandhaltungsrelevanten Informationen zu Störungen, Fristen, Aufträgen, Messwerten oder Grenzwertverletzungen werden zentral angezeigt und überwacht. In Wartungsplänen sind Fristen definiert, die nicht nur zeitzyklisch oder belastungsabhängig ausgelöst werden können, sondern aufgrund der analysierten Fahrzeug- oder Anlagen-daten erfolgt auch eine zustandsabhängige Fälligkeitsprognose. 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 (z.B. im Schienenfahrzeugbereich der Instandhaltungsleitfaden nach VPI08) einbinden.

Wirtschaftliche Kennzahlen wie die Instandhaltungskostenrate (Kennzahl E1 in der DIN EN 15341 [1]), welche das Verhältnis der Gesamtkosten Instandhaltung

zum Wiederbeschaffungswert der Instandhaltungsobjekte prozentual angibt, werden im System ermittelt. Die Instandhaltungskostenrate wird angewandt, um bei Veränderungen der Instandhaltungsobjekte (Zu- und Abgang) die Instandhaltungskosten zu überprüfen bzw. bei neuen Objekten diese zu planen.

Automatische Schwachstellenanalyse

Ausgehend von den ermittelten Instandhaltungsdaten werden Schwachstellen, also neuralgische Punkte im Fahrzeug oder der Anlage, genauer betrachtet. Die Schwachstellenanalyse, das technische Störungsmanagement und die Zustandsbewertung sind die Grundlage für ein Kennzahlensystem der „Stör- und Schadensanalyse“ (SSA) in Verbindung mit dem „Zustands-Ereignis-Ursachen-Schlüssel“ (ZEUS). Hierbei erfolgt eine technische Zustandsbewertung, die zusätzlich zur Schadensart und dem Schadensausmaß aus der Zustandsklassifizierung die Randbedingungen des Einzelschadens berücksichtigt und eine Kategorisierung vornimmt. Diese erfolgt in Klassen, wobei Art und Anzahl frei definierbar sind. Überwiegend beschränken sich die meisten Unternehmen dabei auf drei Klassen in Form eines Ampelsystems („Ampel“ mit grün-gelb-rot für gut, ausreichend und schlecht). Aus dieser technischen Zustandsbewertung werden über das integrierte Reporting die Ergebnisse der Analysen bereitgestellt.

ZKI – Zustands-Kosten-Index

Wirtschaftliche Instandhaltung von Bahnanlagen und Fahrzeugen setzt klare Kostenziele sowie Qualitätsvereinbarungen voraus. Dabei stehen präzisere Vorhersagen über Zustand und Restnutzungsdauer der Schienenfahrzeuge und Infrastrukturobjekte im Vordergrund. Das Ziel ist es, sowohl erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen plus Ressourcen effizienter zu planen als auch Verfügbarkeiten von Fahrzeugen, Komponenten sowie Anlagen zu steigern. Insbesondere die Investitions- und Budgetplanung auf Basis verlässlicher Daten stellen für viele Bahnunternehmen eine Herausforderung dar.

Zur Entscheidung, wann und mit welcher Finanzierung Maßnahmen erfolgen, reichen häufig Kennzahlen allein nicht aus, sondern komplexe Betrachtungen werden erforderlich, wie etwa zur Zustandsdegression, den 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 in einem selbst entwickelten komplexen Bewertungsschema, welches auf den Erfahrungen aus dem Praxiseinsatz des Asset Management Systems in zahlreichen Bahnunternehmen beruht (Abb. 2).

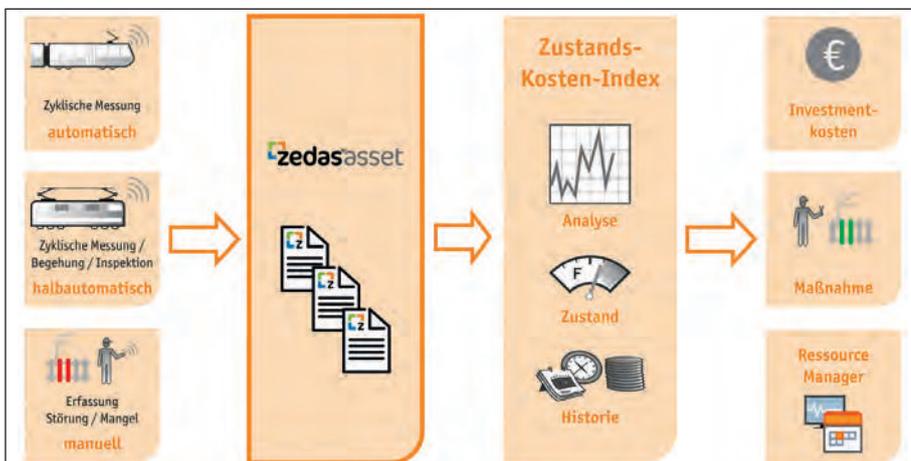


Abb. 2: Ermittlung des Zustands-Kosten-Index

Grafiken: Zedas GmbH

Für die Berechnung werden beispielsweise unter anderem Sicherheit, Geschwindigkeit (Klassen) und Belastung (Tonnen oder Achsübergänge je Zeit, Motorlastbereiche, Laufleistungsdaten und Betriebsstunden) betrachtet. Hinzu kommen Faktoren wie die Verfügbarkeit einschließlich Redundanzen, der Umsatz nach Priorität eingeteilter Strecken oder Kosten und Historie für präventive sowie korrektive Instandhaltungen. Als Ergebnis liefert die Analysesoftware damit 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), 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), desto genauer die Prognose. Die Praxiserfahrungen zeigen, dass (noch) oftmals diese belastbare Datenhistorie fehlt. Ein Umstand, der mit Instandhaltung 4.0 bald der Vergangenheit angehören wird.

LITERATUR

[1] DIN EN 15341:2007 Instandhaltung – Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung



Thomas Landskron

Leiter Vertrieb zedas asset
Zedas GmbH, Senftenberg
tlandskron@zedas.com

Zusammenfassung

Instandhaltung 4.0 im Schienenverkehr: Von Big Data zu Smart Data

Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) 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 erfolgt, ist eine komplexe Betrachtung, die den Grad der Zustandsveränderung, die Kosten und die Dauer der Maßnahme sowie die aus einer Nichtverfügbarkeit resultierenden Konsequenzen berücksichtigt. Eine Entscheidungsunterstützung ist der Zustands-Kosten-Index, der als Resultat der konsequenten Umsetzung der Instandhaltung 4.0-Anforderungen entsteht. Um aus den oftmals bestehenden Big Data-„Datenfriedhöfen“ intelligente Smart Data-Informationen zu gewinnen, sind Zustandsüberwachung, Diagnose und Instandhaltungsmanagement als eine Einheit im Sinne eines ganzheitlichen Asset Managements zu betrachten.

Summary

Maintenance 4.0 in rail transportation: From Big Data to Smart Data

Railway Undertakings (RU) and Rail Infrastructure Managers (IM) are permanently faced with the task of taking decisions for improvement on the basis of condition informations and key figures. Their timing and funding source is subject to complex considerations considering the degree of the change of condition, the cost and duration of the measure as well as the consequences that result from a lack of availability. The condition-cost index that results from a consistent implementation of the requirements from the Austrian "Instandhaltung 4.0" (Maintenance 4.0) project supports the decision-making. In order to generate intelligent "Smart Data" informations from the frequent big-data "data cemeteries", condition monitoring, diagnosis and maintenance management have to be considered under an holistic asset management approach