

# Digitalization enables the symbiosis of maintenance and operations to achieve 100% availability

Hauptvogel, Annika<sup>1</sup>, Emmelheinz, Johannes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siemens Mobility GmbH

## Zusammenfassung

Bisher erfolgen die Planung und Durchführung von Instandhaltung und Betrieb des Systems Bahn weitestgehend unabhängig. Gleichzeitig wird aber eine maximale Verfügbarkeit des gesamten Systems Bahn gefordert. Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es, die Betrachtungen von Instandhaltung und Betrieb miteinander zu verknüpfen. Der Artikel erläutert die Möglichkeiten eines Rail Asset Management Systems für die ganzheitliche Betrachtung und Optimierung des Systems Bahn. Anhand von praktischen Beispielen wird das Potenzial der Einführung eines Rail Asset Management Systems belegt.

**Keywords:** Digital Services, Data analytics, Artificial Intelligence, Asset Management

## 1 Ausgangssituation und Anforderung

Die digitale Transformation hat längst Einzug gehalten in die Eisenbahnwelt. Zunächst wurde das Potenzial der Digitalisierung vor allem durch die kontinuierliche Überwachung und präskriptive Instandhaltung einzelner Komponenten des Systems Bahn, wie Räder, Türen und Weichen, gehoben [1]. Heute wird im Rahmen der Digitalisierung das Ziel verfolgt, das gesamte System Bahn zu optimieren, um eine Verfügbarkeit von 100% zu erzielen. Hierzu ist der auf einzelne Systeme gerichtete Fokus zu lösen und auf das Gesamtsystem Bahn zu richten. Das Gesamtsystem Bahn umfasst nicht nur die Instandhaltung, sondern auch den Betrieb. Die Verknüpfung sämtlicher Systeme mit dem Bahnbetrieb ist der nächste Schritt der Digitalisierung der Eisenbahnwelt [2]. Die Optimierung umfasst dabei den gesamten Lebenszyklus aller eingesetzten Assets.

## 2 Lösungsansatz

Die Herausforderung besteht darin, die Instandhaltung mit dem Betrieb zu verknüpfen und zu optimieren. Ein Werkzeug, das der ganzheitlichen Betrachtung aller Systeme eines Betriebs dient, ist das Asset Management (auf Deutsch Anlagenwirtschaft).

### 2.1 Einführung des Rail Asset Managements

In der ISO 55000 wird Asset Management beschrieben als die Maximierung des Werts der eingesetzten Assets während ihres gesamten Lebenszyklus durch die ganzheitliche Optimierung der Leistung, Kosten und Risiken [3]. Als Assets werden im Bahnumfeld sowohl Schienenfahrzeuge und Infrastruktureinrichtungen wie Signaltechnik, Bahnsteigtüren, Bahnstromversorgung und Kommunikations- und Überwachungssysteme als auch Ersatzteile bezeichnet. Um eine hundertprozentige Verfügbarkeit im Bahnbetrieb sicherzustellen, wird das Rail Asset Management eingeführt. Das Rail Asset Management nutzt die Kernelemente des Asset Managements und erweitert diese mit Methoden des Datenmanagements und der Analytik. Abbildung 14 gibt einen Überblick über die Module des RAIL ASSET MANAGEMENT, die anhand der Klassen Simulation und Vorhersage, Performance Management sowie Asset Transparenz strukturiert sind.

Datenmanagement und Analytik	Betriebsoptimierung	Optimierung Instandhaltung	Ressourcenoptimierung	Lebensdaueroptimierung
Simulation und Vorhersage	Optimierung von Bahn- / Frachtfahrplänen	Optimierung der Instandhaltungspläne	Vorhersage benötigter Ressourcen	Modellierung der Eingriffsmöglichkeiten
Performance Management	Anzeige(n) des Asset-Zustands	Berichte zu Verfügbarkeit & Zuverlässigkeit	Berichte zur Finanzlage	Berichte zum Verschleiß der Assets
Asset Transparenz	Anzeige(n) der Asset-Nutzung	Anzeige(n) der Instandhaltungstätigkeiten	Anzeige(n) des Materialverbrauchs	Anzeige(n) des Lebenszyklusstatus

Abbildung 14: Module des Rail Asset Managements

Um die Verfügbarkeit eines Systems zu optimieren, müssen dessen Betrieb, Instandhaltung, Ressourceneinsatz und Lebenszyklus ganzheitlich betrachtet werden. Der Bahnbetrieb steht in Zukunft vor der Herausforderung einer wachsenden Weltbevölkerung, vor allem in den Ballungsräumen [4]. Sowohl die Anzahl der zu transportierenden Güter als auch der Passagiere wird stetig steigen, sodass die Streckenkapazitäten optimal genutzt werden müssen. Eine Optimierung der Fahrpläne ist daher unabdingbar. Auch der Einsatz

der Assets muss optimiert werden, um ein gleichmäßiges Nutzen aller Assets sicher zu stellen. Werden einige Assets überbeansprucht, während andere ruhen, entstünden unnötige Instandhaltungskosten.

Die Zeiten, in denen Instandhaltungstätigkeiten am Bahnsystem durchgeführt werden können, werden aufgrund des wachsenden Kapazitätsbedarfes drastisch reduziert [4]. Demnach muss die zur Verfügung stehende Zeit optimal genutzt werden. Eine exakte Zeitplanung der durchzuführenden Instandhaltungstätigkeiten ist von immenser Bedeutung. Sind die Fahrpläne in Zukunft exakt und eng getaktet, so ist die Zuverlässigkeit der Assets von noch größerer Bedeutung. Ein Ausfall nur einer Komponente eines Assets (z.B. eine Tür eines Fahrzeugs) würde zum Zusammenbruch des gesamten Systems führen und so beispielsweise Verspätungen für den Fahrgast verursachen. Einen Überblick über den Zustand der eingesetzten Assets zu erhalten, ist daher enorm wichtig.

Der Kostendruck steigt auch für die Betreiber von Bahnsystemen, um in Zukunft wettbewerbsfähig und wirtschaftlich agieren zu können. Hier fallen vor allem der Ressourceneinsatz und die Lebenszykluskosten ins Gewicht. Energiekosten sind eines der Haupttreiber der Lebenszykluskosten aber auch der Verbrauch von Materialien im Rahmen der Instandhaltung ist nicht zu vernachlässigen. Einen Überblick über die verwendeten und geplanten Ressourcen sowie die Lebenszykluskosten zu erhalten, ist für die Optimierung des Ressourceneinsatzes grundlegend.

## **2.2 Informationsgenerierung für das Rail Asset Management**

Um all die in Abbildung 14 dargestellten Module zur Optimierung des Bahnsystems durchführen zu können, wird ein Rail Asset Management System benötigt, siehe Abbildung 15 [5]. Dieses beinhaltet Applikationen, mit denen die ganzheitliche Optimierung aller Assets durchgeführt wird.

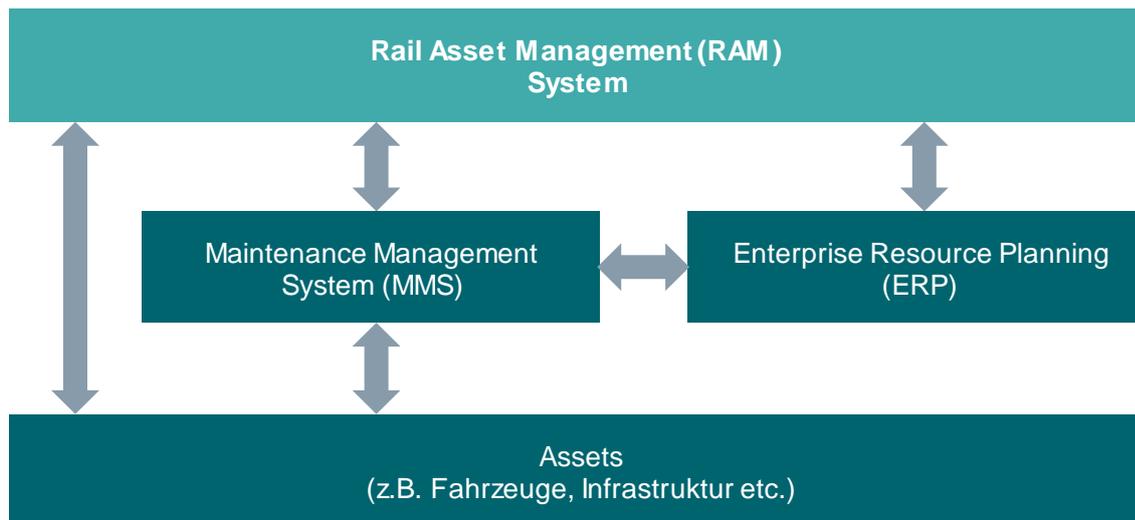


Abbildung 15: Datengrundlage des Rail Asset Managements

Die Basis für ein funktionsfähiges, digitales Asset Management bilden Daten. Ein Rail Asset Management System bedient sich dreier Informationsquellen. Zum einen liefern die zu betrachtenden Assets Daten über sich selbst und übereinander [4]. Bereits bei der Implementierung eines Assets werden Daten generiert und gespeichert. Der Einsatz von Sensoren zur Datengenerierung als auch die Übermittlung von Betriebsdaten ermöglichen ein kontinuierliches Überwachen des Betriebs und des Zustands der Assets. Des Weiteren wird das eingesetzte Maintenance Management System (MMS, auf Deutsch Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystem) verwendet, um Instandhaltungsinformationen zu erhalten. Das MMS beinhaltet zum einen Wartungs- und Inspektionspläne zur korrekativen und präventiven Instandhaltung, Instandhaltungsaufträge, Handbücher, Checklisten, Gewährleistungsinformationen, Inspektionsintervalle, zu erwartende Lebensdauer sowie Verfügbarkeit und Verwendung von Ersatzteilen und zum anderen Informationen, die das Instandhaltungspersonal hinterlegt, beispielsweise Dauer eines durchgeführten Wartungsauftrags und aufgetretene Störungen. Nicht zuletzt dient das Enterprise-Resource-Planning (ERP) System als Datenquelle. Informationen aus dem Finanz- und Rechnungswesen, Controlling und der Personalwirtschaft sowie Informationen zu Lieferanten sind insbesondere von Interesse. Welches Potenzial ein derartiges Rail Asset Management System im Bahnumfeld bietet, wird im nächsten Abschnitt erläutert.

### 3 Einsatz des Rail Asset Managements

Abschnitt 2 erläutert die Fähigkeiten des Rail Asset Management System für eine Erzielung der maximalen Verfügbarkeit des Systems Bahn. Das Rail Asset Management System dient der datengesteuerten, prädiktiven Instandhaltung und Anlagenüberwachung,

um die hundertprozentige Verfügbarkeit des Gesamtsystems zu erreichen und sowohl die Leistung als auch die Kosten des Systems über den gesamten Lebenszyklus zu verbessern und die Risiken zu minimieren. Das Rail Asset Management System zeichnet sich vor allem durch die Datenanalyse mittels künstlicher Intelligenz aus. Im Folgenden werden für die vier Module Betriebsoptimierung, Optimierung der Instandhaltung, Ressourcenoptimierung und Lebensdaueroptimierung Beispiele erläutert, die den Mehrwert des Rail Asset Management Systems belegen.

### **3.1 Betriebsoptimierung**

Um den Betrieb eines Systems zu optimieren, gilt es, alle Störungen, die den Betrieb einschränken, zu erkennen und deren Ursache zu identifizieren, sodass die Instandhaltung die Ursache beheben kann. Dies ist Aufgabe des Rail Asset Management System. Eine Möglichkeit, Störungen zu identifizieren, ist die Betrachtung der Ereignismeldungen des Systems. Beispielsweise liefert eine Flotte von 100 Regionalzügen jedes Jahr über 50 Millionen Ereignismeldungen. Diese manuell auszuwerten, um die relevanten Informationen herauszufiltern, ist unmöglich, sodass hier schon der Nutzen des Rail Asset Management Systems ersichtlich wird. Mittels intelligenter Mustererkennung identifiziert das Rail Asset Management System die relevanten Ereignismeldungen und bietet so die nötige Transparenz.

Einen Hinweis auf mögliche Störungen im Betrieb geben beispielsweise die durch die Zugsicherung ausgelösten Zwangsbremungen von Fahrzeugen. Ein System der Signaltechnik, welches dazu relevante Daten liefert, ist die Leit- und Sicherungstechnik. Pro Tag erzeugt diese ca. 4 GB an Daten. Soll ein Ereignis wie die Auslösung einer Zwangsbremung betrachtet werden, so sind dazu pro Jahr 80 Millionen Ereignismeldungen zu berücksichtigen. Die Betrachtung der Ereignismeldungen mit dem Hinweis auf eine Zwangsbremung bietet allerdings noch keinen Mehrwert. Zur Analyse der Ursache müssen weitere Informationen hinzugezogen werden. Dies sind Informationen aus der Signaltechnik (z.B. der zur Ereignismeldung zugehörige Gleiskreis und dessen Position im Streckennetz) sowie der Fahrzeuge (z.B. die Linie des gebremsten Fahrzeugs und der Fahrzeugtyp). Dies verdeutlicht, warum ein Rail Asset Management System Informationen aller Assets und Systeme vereinen muss. Liegen alle relevanten Informationen vor, so werden diese mittels künstlicher Intelligenz miteinander verknüpft, geclustert und analysiert. Als Ergebnis der Analyse werden beispielsweise ein bestimmter Fahrzeugtyp oder eine bestimmte Stelle im Streckennetz als Ursache für vermehrte Auslösungen von Zwangsbremungen identifiziert, sodass der Instandhalter diese Ursachen beheben kann und die Verfügbarkeit des Systems erhöht.

## **3.2 Optimierung der Instandhaltung**

Vor allem in eng getakteten Netzen haben Ausfälle von einzelnen Komponenten eines Assets signifikante Auswirkungen auf den gesamten Bahnbetrieb. Fällt beispielsweise eine Tür eines Zuges im Bahnhof aus, so kann der Zug den Bahnhof nicht verlassen und der nachfolgende Zug nicht einfahren. Auch Weichenstörungen führen sofort zu Verzögerungen im Bahnbetrieb, da eine Weiche nicht redundant ist [6]. Umso wichtiger ist es, Störungen solcher kritischen Komponenten vorhersagen zu können, um sie so zu vermeiden. Können notwendige Instandhaltungsmaßnahmen vorhergesagt werden, so sind diese zudem frühzeitig planbar. Dies hat den Vorteil, dass benötigte Ressourcen (Personal, Material, Werkzeuge etc.) zum Zeitpunkt der Instandhaltung verfügbar sind. Die Instandhaltung wird somit deutlich effizienter. Um notwendige Instandhaltungsmaßnahmen einer für die Verfügbarkeit des Assets kritischen Komponente (z.B. Weichen, Türen, Bremsen und Getriebe) vorhersagen zu können, muss diese permanent überwacht werden. Die Assets werden daher mit einer Vielzahl an modernster Sensorik ausgestattet. Diese generieren permanent Informationen, die das Rail Asset Management System kontinuierlich auswertet. Mittels intelligenter Algorithmen werden Anomalien in den aufgezeichneten Daten identifiziert und entsprechende Instandhaltungsmaßnahmen abgeleitet und eingeplant. Die Analyse erfolgt nicht nur basierend auf den aktuellen Daten, sondern auch anhand historischer Daten. Somit lässt sich das zukünftige Verhalten der kritischen Komponenten bis zu einer Woche im Voraus vorhersagen, sodass diese im Falle einer prognostizierten Störung sofort instandgehalten oder ausgetauscht werden können. Je früher eine Störung vorhergesagt wird, desto besser lässt sich der Eingriff durch die Instandhaltung planen und beispielsweise in die Nachtstunden, wenn die Züge nicht im Einsatz sind, verlagern. Das Rail Asset Management System reduziert die reaktiven Instandhaltungstätigkeiten und Ausfälle im Betrieb werden deutlich minimiert.

## **3.3 Ressourcenoptimierung**

Das Rail Asset Management System unterstützt außerdem bei der Optimierung des Einsatzes von Ressourcen unter anderem durch die Auswertung von Fehlerdaten. Das Rail Asset Management System greift auf Daten der eingesetzten Assets (z.B. Zustand, Fehlermeldungen) und der Instandhaltung (z.B. durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen) sowie Betriebsdaten (z.B. Einsatz der Assets) und Finanzaufgaben (z.B. Herstellerangaben) zurück. Bisher wurde zur Vorhersage der benötigten Ressourcen im Rahmen der Instandhaltung die vom Hersteller angegebene Mean Time Between Failures (MTBF, auf Deutsch mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen) herangezogen. Durch die Analyse der genannten Daten kann das Rail Asset Management System die tatsächliche Zuverlässigkeit

sigkeit eines Assets ermitteln, mit typgleichen Assets vergleichen und die Instandhaltungspläne entsprechend optimieren. Weist ein Asset höhere MTBFs auf, so können dessen Instandhaltungsintervalle gestreckt werden. Dies reduziert die Kosten für die Instandhaltung durch eine Verringerung von Instandhaltungstätigkeiten sowie des Ressourceneinsatzes. Ist die MTBF allerdings kürzer als die Angabe des Herstellers, so werden die Instandhaltungsintervalle verkürzt und mögliche Störungen verhindert. Durch die statistische Analyse der Vergangenheitswerte ist das Rail Asset Management System zudem in der Lage, die Ausfallrate der Assets vorherzusagen. Ressourcen werden effizienter eingesetzt und Kosten reduziert.

### **3.4 Lebensdaueroptimierung**

Das Rail Asset Management System nutzt nicht nur die angeschlossenen Systeme (MMS, ERP und Assets) als Informationsquelle für seine Auswertungen zur Optimierung des Systems Bahn, sondern auch die Ergebnisse der durchgeführten Analysen. Letztere sind insbesondere für Auswertungen der Lebenszykluskosten dienlich. Beispielsweise unterstützt die Ermittlung der realen MTBF nicht nur die Verbesserung der Instandhaltungspläne, sondern auch die Bestimmung von Lebenszykluskosten. Identifiziert das Rail Asset Management System beispielsweise eine reduzierte MTBF, so steigen die Lebenszykluskosten dieses Assets. Hieraus resultieren verschiedene Entscheidungsbedarfe. Zum einen berechnet das Rail Asset Management System die Kosten für Instandhaltungsaufwände und den Ressourcenbedarf für dieses Asset neu. Zum anderen ermittelt das Rail Asset Management System Alternativen für dieses Asset und bestimmt deren Anschaffungskosten sowie Instandhaltungsaufwände und den Ressourcenbedarf des alternativen Assets. Das Rail Asset Management System bietet so eine Entscheidungsgrundlage, ob sich der ökonomische Einsatzzeitraum des Assets reduziert und welche Alternativen zur Verfügung stehen. Derartige Betrachtungen werden nicht nur für Assets, deren MTBF reduziert ist, durchgeführt. Bei einer Lebensdauer von über 30 Jahren lohnt sich für sämtliche eingesetzte Assets ein Vergleich mit aktuellen Produkten des Marktes. Die Lebenszykluskosten des Systems Bahn werden dadurch deutlich reduziert.

## **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Der Artikel beschreibt, wie das Rail Asset Management das System Bahn ganzheitlich optimieren kann. Der erfolgreiche Einsatz des Rail Asset Management Systems setzt voraus, dass alle relevanten Daten der eingesetzten Komponenten zentral zur Verfügung gestellt werden. Unumgänglich ist dabei der Einsatz einer zentralen Softwareplattform. Hier werden alle Informationen gespeichert, die sowohl aus dem MMS und ERP als auch von den Assets selbst generiert werden. Durch Datenanalyse und den Einsatz künstlicher

Intelligenz werden mögliche Probleme identifiziert und Instandhaltungsmaßnahmen abgeleitet. Mittels innovativer Methoden und Prozesse in der Instandhaltung werden Instandhaltungskosten deutlich gesenkt und die Zuverlässigkeit maximiert. Der Übergang zu einer datengesteuerten, prädiktiven Instandhaltung und Anlagenüberwachung ist entscheidend, um die hundertprozentige Verfügbarkeit eines Gesamtsystems zu erreichen und die Leistung des Systems über den gesamten Lebenszyklus zu verbessern – von den Fahrzeugen über Signaltechnik, bis zur Bahnstromversorgung und den Kommunikationssystemen. Der Bedarf der Bahnbetreiber für ein derartiges Rail Asset Management System wird in Zukunft weiter steigen.

## Literatur

- [1] Hauptvogel, Annika und Emmelheinz, Johannes: *Instandhaltung 4.0 mit dem Internet of Trains*. DER EISENBAHNINGENIEUR, Nr. 08, S. 82-85, 2018
- [2] Nießen, Nils: *Digitalisierung im Bahnbetrieb*. Sonderprojekte ATZ/MTZ 22.2, S.30-33, 2017
- [3] ISO, ISO 55000, *Asset-Management*. 2014
- [4] Hauptvogel, Annika und Emmelheinz, Johannes: *Instandhaltung 4.0 - Einsatz Digitaler Services im Schienenverkehr*. 1. International Railway Symposium Aachen, Aachen, 2017
- [5] Siemens Mobility GmbH: *Siemens Mobility erhält Digital-Service-Auftrag für Nahverkehrssystem in Singapur*. Pressemitteilung 2018.
- [6] Haertel, Reiner, Schierhorn, Dennis und Jakob, Christoph: *Einsatz von Smart Data Services in Stellwerken*. SIGNAL+DRAHT, Nr. 4, S. 57-64, 2018

## Autoren



### **Dr. Annika Hauptvogel**

Dr. Annika Hauptvogel studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München mit der Vertiefung Regelungstechnik und Produktionsmanagement. Anschließend promovierte sie am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen im Bereich cyber-physischer Feinplanung. Derzeit leitet sie die Abteilung Technology and Infrastructure im Bereich Mobility Customer Services der Siemens Mobility GmbH.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, SMO CS PLM TIN, Ackerstr. 22, 38126 Braunschweig, Deutschland.

E-Mail: annika.hauptvogel@siemens.com



### **Johannes Emmelheinz**

Dipl.-Ing. Johannes Emmelheinz, CEO Siemens Mobility Customer Services, studierte Ingenieurwissenschaften der Bio-Medizin an der Universität Gießen sowie Betriebswirtschaftslehre an der IWW Hagen. Anschließend hatte er verschiedene Funktionen bei der Siemens AG im Bereich Medical Solutions unter anderem in Erlangen, Issaquah, Washington (USA) und Toronto, Ontario (Kanada) inne. Daraufhin war er als Leiter der Rail Services der Siemens AG tätig und ist seit 2012 CEO von Siemens Mobility Customer Services.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, SMO CS, Sieboldstr. 16, 91052 Erlangen, Deutschland.

E-Mail: johannes.emmelheinz@siemens.com