



Prädiktive Instandhaltung im Schienenverkehr

Potenziale, Herausforderungen und Forschungsbedarf

Die Transformation hin zur prädiktiven Instandhaltung ist eines der brennendsten Themen im Bereich der Unterhaltung von Schieneninfrastruktur und -fahrzeugen, da mit diesem Konzept deutlich wirtschaftlichere Ansätze umgesetzt und unvorhergesehene Ausfälle von Bahnkomponenten reduziert werden können.

Aktuell werden im Eisenbahnsektor noch hauptsächlich korrektive und präventive Instandhaltungsstrategien angewendet, die entweder erst nach einem Defekt oder Ausfall der Komponente einsetzen oder in regelmäßigen, dafür kürzeren Abständen durchgeführt werden. Diese eher statischen Prozesse basieren auf Erfahrungen mit Zuverlässigkeit und Lebensdauer der einzelnen Komponenten. Allerdings missachten sie die dynamischen Prozesse verschiedener Nutzungsbedingungen, die zu unterschiedlichen Abnutzungszuständen der Komponenten führen. Daraus folgt, dass einige Komponenten zu häufig gewartet werden, was einen erhöhten Einsatz der Ressourcen bedeutet. Andere Komponenten dagegen werden auf diesem Weg nicht häufig genug überprüft, sodass ein unvorhergesehener Ausfall folgen kann. Im Gegensatz dazu sind die dynamischen Strategien der zustandsorientier-

ten und prädiktiven Instandhaltung deutlich leistungsstärker. Sie wenden digitale und datenbasierte Verfahren und Technologien an, um den aktuellen Zustand der Komponenten zu identifizieren und damit geeignete Zeitpunkte und den optimalen Umfang der Instandhaltung zu prognostizieren. Somit kann die am besten geeignete Instandhaltung entsprechend der Auslastung der betroffenen Komponente und der erforderlichen Maßnahmen zu einem passenden Zeitpunkt eingeplant werden. Eine Voraussetzung für prädiktive Instandhaltung ist die Ausstattung der Infrastruktur und des Rollmaterials mit Sensoren zur Zustandsüberwachung. Dafür gibt es eine Vielzahl an Optionen hinsichtlich physikalischer Wirkprinzipien und zugehöriger Sensorkonfigurationen, die miteinander kombiniert und unter wirtschaftlichen Aspekten ausgewählt werden müssen.

Herausforderungen der umfassenden Transformation

Der systemweite Übergang zur zustandsorientierten und prädiktiven Instandhaltung erfordert eine umfassende Transformation auf technischer, organisatorischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Ebene, der für viele beteiligte Akteure eine große Herausforderung darstellt.

Neben der kostenintensiven Ausrüstung von Fahrzeugen und Infrastruktur mit geeigneter Sensorik müssen anlagen-spezifische Datenmodelle entwickelt werden, mit denen der Zustand der Komponente aus den Sensordaten zuverlässig vorhergesagt werden kann. Für den dafür erforderlichen Datenaustausch müssen technische Schnittstellen und Datenpartnerschaften etabliert werden.

Weiterhin werden sich die organisatorischen Abläufe bei der Instandhaltungsplanung ändern. Die kurz-, mittel- und langfristige Planung von Instandhaltungsmaßnahmen wird flexibel und dynamisch auf der Basis von proaktiven Terminvorschlägen erfolgen, Einzelmaßnahmen können gebündelt und kurzfristige Änderungsbedarfe ein-

gearbeitet werden. Insgesamt ist ein grundlegendes Umdenken hin zur dynamischen Steuerung von Instandhaltungsprozessen notwendig, das auch in den Regelwerken entsprechend abgebildet werden muss. Dazu begleitend muss ein Kompetenzaufbau der Mitarbeitenden in Bereichen der Methodik, Mechanik, Elektronik und Informationstechnologien stattfinden.

Ein starkes Hemmnis sind die erheblichen Investitionskosten bei weitgehend noch fehlenden Kosten-Nutzen-Analysen. Dies führt so weit, dass einige Akteure investieren müssten, während andere Akteure den Nutzen aus den Maßnahmen ziehen können. Dem können attraktive Betreiber- und Geschäftsmodelle und Anreizsysteme entgegenwirken.

Den hohen Investitionen vor allem für Zustandsüberwachung stehen gemäß aktuellen Prognosen circa 15 Prozent Reduktion der Instandhaltungskosten gegenüber. Weitere 10 Prozent werden durch die Einführung von prädiktiven Strategien erwartet.¹ Die wenigen Beispiele aus dem europäischen Ausland bestätigen diese Annahmen. Die von SNCF eingeführte Zustandsüberwachung in Verbindung mit zustandsorientierter Instandhaltung führte zu 20 Prozent geringeren Instandhaltungskosten und 50 Prozent geringerer Ausfallrate.²

Unterstützung durch das DZSF

Das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) als Ressortforschungseinrichtung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr unterstützt den Übergang zur zustandsorientierten und prädiktiven Instandhaltung zielgerichtet durch geeignete Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Beispielsweise hat das DZSF im Projekt „Systematisierung der Infrastruktur-Instandhaltungsplanung“ Anwendungsmöglichkeiten der prädiktiven Instandhaltung untersuchen lassen, dabei die dadurch entstehenden Verbesserungspotenziale herausgearbeitet und deren Wirkung auf Zieldimensionen wie Kapazität, Qualität und Mittelfizienz beschrieben. Zusätzlich erfolgte eine Einordnung

dieser Wirkung auf die betreffende Stufe im Planungs- und Steuerungsprozess des Instandhaltungsmanagements: langfristig, mittelfristig, kurzfristig und operativ. Dabei wurde unter anderem herausgearbeitet, dass durch einen verlängerten Planungsvorlauf und die Bündelung verschiedener Instandhal-

Datenplattformen untersucht, Regelwerke angepasst, Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt und weitere Sensorikkonzepte erarbeitet werden.

Die Forschungsergebnisse stehen dem gesamten Sektor zur Verfügung und werden in Veröffentlichungen und auf Fachtagungen einem breiten Publikum



Reduktion der Instandhaltungskosten und Ausfallraten bei der SNCF.

ungsmaßnahmen weniger Streckensperrungen entstehen, dass frühzeitiges Erkennen und Vermeiden von Störungen die Lebensdauer verlängert und die Lebenszykluskosten verringern kann. Im DZSF-Forschungsprojekt „Mindestausrüstung von Güterwagen“ wurden effiziente Sensorikkonzepte für die Zustandsüberwachung von Güterwagen untersucht. Während Fahrzeuge im Schienenpersonenverkehr bereits zunehmend werkseitige Sensorik besitzen, die ausgewählte Komponenten kontinuierlich überwacht, erschweren bei Güterwagen hingegen aktuell noch die fehlenden Strom- und Datenleitungen eine wirtschaftliche Integration der Sensoren. Ein Lösungsansatz scheint daher der flächendeckende Einsatz von Telematiksystemen in Kombination mit weiterführender Ausstattung eines Flottenteils und infrastrukturseitigen Messstationen zu sein.

Über diese beiden Beispiele hinaus geht das DZSF gezielt mit weiteren laufenden oder auch geplanten Forschungsprojekten die Herausforderungen der Transformation zur prädiktiven Instandhaltung an, indem beispielsweise

vorgelegt. Sie können auf der Webseite des DZSF eingesehen werden. Der Austausch mit allen Branchenakteuren hilft dem DZSF, weitere Bedarfe aus der Praxis zu identifizieren. Die Referenten des DZSF stehen deshalb dem wissenschaftlichen Austausch jederzeit zur Verfügung.

Dr. Haike Brick, Waldemar Gaad, Susanne Hillmann, Axel Simroth, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF)

Quellen

¹ Stern, Sebastian, et al. The rail sector's changing maintenance game. *McKinsey & Company*, 2017.

² Burroughs, D. Digital transformation improves SNCF's maintenance systems. *International Railway Journal*, https://www.railjournal.com/in_depth/digital-transformation-improves-sncfs-maintenance-systems, 2020.