

ZWISCHEN HOFFNUNG UND ILLUSION – EROBERT PREDICTIVE MAINTENANCE DEN BAHNMARKT?

Celin Berg und Nicolas Schuhen

Anhand von gesammelten Daten vorhersagen, wann Maschinen oder einzelne Komponenten ausfallen und vorausschauend Wartungsmaßnahmen einleiten, um ungeplante Stillstände oder Ausfälle durch Defekte zu verhindern – das und mehr verspricht Predictive Maintenance, zu Deutsch „vorausschauende Instandhaltung“.

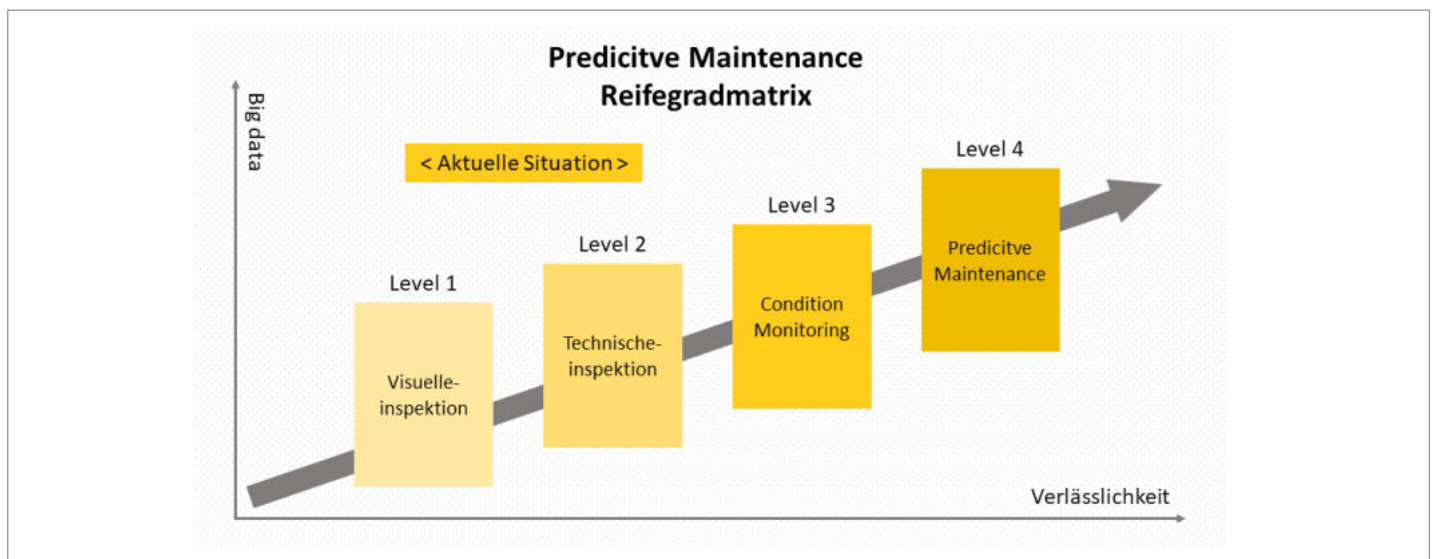
Wartung und Instandhaltung von Schieneninfrastruktur und rollendem Material ist ein kostspieliges, aber notwendiges Übel, um einen reibungslosen und für die Passagiere sicheren Betrieb gewährleisten zu können. Gerade mit steigendem Verkehrsaufkommen auf der Schiene und einer erhöhten Konnektivität einzelner Systeme können Ausfälle für Verkehrsbetreiber teuer werden, und es gilt diese zu vermeiden.

Mittlerweile haben viele Unternehmen Projekte zur Implementierung von Predictive Maintenance umgesetzt und das Potenzial vorausschauender Wartung und Instandhaltung erkannt – auch wenn es noch nicht gänzlich ausgeschöpft wird, wie eine im Jahr 2021 von BearingPoint durchgeführte Umfrage zeigte.

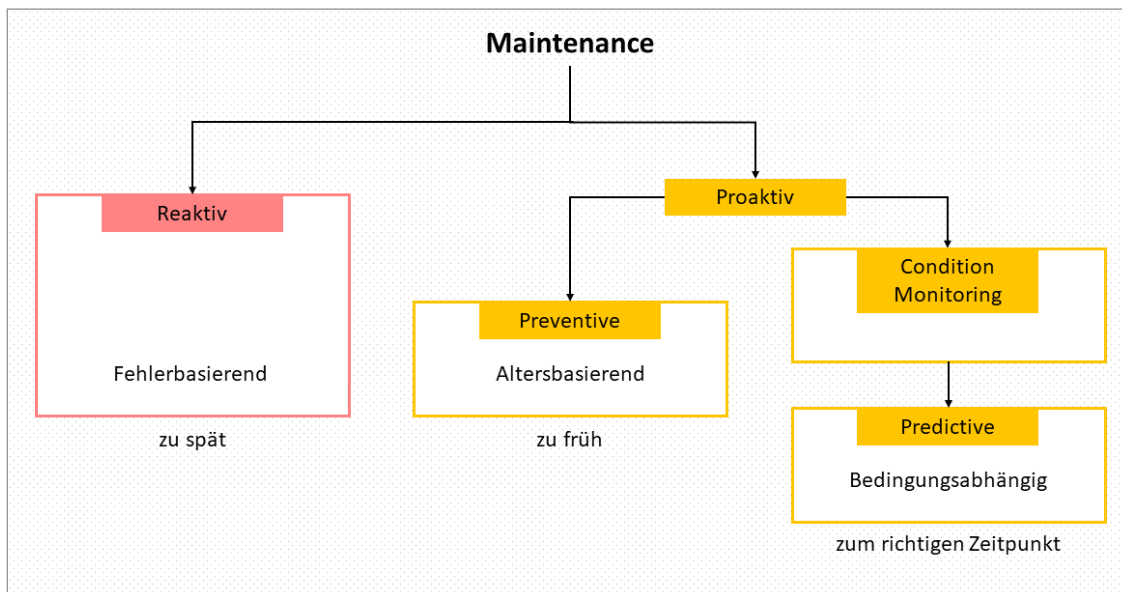
Doch in den letzten Jahren galt oftmals: Wo Predictive Maintenance auf dem Etikett steht, ist Condition Monitoring drin. Wo also besteht der Unterschied zwischen diesen beiden Ansätzen?

PREDICTIVE MAINTENANCE IN ABGRENZUNG ZU TRADITIONELLEN WARTUNGSANSÄTZEN

Die Eisenbahninstandhaltung ist weltweit eine der anspruchsvollsten Aufgaben für Eisenbahninfrastrukturbetreiber, da sie einen hohen Zeit- und Kostenaufwand erfordert. Ein Eisenbahndienst oder eine Anlage muss in hohem Maße zuverlässig sein. Um dies gewährleisten zu können, muss die Ausrüstung



Reifegradmatrix



Wartungsansätze im Vergleich

in einem guten Betriebszustand gehalten werden, und eine regelmäßige Instandhaltung ist unerlässlich.

Eine Instandhaltung wird dabei als ein Prozess der Erhaltung eines Zustands verstanden, egal ob in Bezug auf das rollende Material oder die Schieneninfrastruktur. Es gibt verschiedene Wartungsansätze, die sich vor allem in Bezug auf das zeitliche Eingreifen unterscheiden.

Corrective Maintenance bezieht sich auf die Durchführung von Wartungsarbeiten nach dem Ausfall einer Anlage oder einer Maschine. Im Zuge dieser reaktiven Instandhaltung werden Fehler identifiziert und es wird versucht, diese zu isolieren und zu beheben, sodass eine Anlage oder Ausrüstungsgegenstände in einen betriebsfähigen Zustand zurückversetzt oder ausgetauscht werden können.

Condition Monitoring ist ein Servicekonzept aus Überwachung, Wartung, Wiederherstellung und Leistungssteigerung, bei dem die Betriebszustände von Anlagen und Maschinen durch die Analyse von Sensor- und Betriebsdaten überwacht werden, um Abweichungen zu erkennen und frühzeitig zu reagieren. Zwei wesentliche Ziele sind die frühzeitige Erkennung von Schäden an den überwachten Komponenten und Systemen sowie die Möglichkeit der Schadenszuordnung anhand bauteiltypischer Frequenzen.

Bei Preventive Maintenance handelt es sich um eine innerhalb von festen Zeitintervallen durchgeführte Tätigkeit zur Überwachung des Zustands oder der Bedingungen einer Anlage oder Ausrüstung, um die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls selbiger zu verringern. Ein solcher Ansatz ermöglicht es den

Infrastrukturbetreibern, den schlechten Zustand einer Anlage zu erkennen und vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen, bevor es zu einem Ausfall kommt. So wird eine höhere Zuverlässigkeit des gesamten Systems gewährleistet.

Predictive Maintenance bezeichnet einen Wartungsprozess, der auf der Auswertung von Prozess- und Maschinendaten basiert. Diese Echtzeitverarbeitung der zugrundeliegenden Daten ermöglicht Prognosen, die die Grundlage für eine bedarfsgerechte Instandhaltung und damit die Reduzierung von Ausfallzeiten bilden.

Vorausschauende Instandhaltungstechniken sollen dabei helfen, den Zustand von in Betrieb befindlichen Anlagen zu bestimmen, um letztlich vorherzusagen, wann sie dabei ausfallen werden. Ziel ist dabei nicht, den Ausfall mit einer Wahrscheinlichkeit zu beziffern, sondern eine sehr detaillierte Vorhersage zu gewährleisten.

Dieser Ansatz verspricht Kosteneinsparungen im Vergleich zu routine- oder zeitbasierten Verfahren, da Aufgaben nur dann ausgeführt werden, wenn sie gerechtfertigt sind.

WAS BRAUCHT ES FÜR PREDICTIVE MAINTENANCE?

Die Umsetzung von Predictive Maintenance erfordert genaue, detaillierte und aktuelle Kenntnisse über den Zustand der zu überwachenden Objekte. Hierfür werden eine bestimmte Infrastruktur, Hardware und Rechenleistung benötigt:

- 1. Sensoren:** Um die Zustände von Bahninfrastruktur und -fahrzeugen zu überwachen, sind verschiedene Sensoren er-

forderlich, wie z. B. Schwingungssensoren, Temperatursensoren, Drucksensoren und Stromsensoren.

2. Datenerfassungsgeräte: Um die von den Sensoren gesammelten Daten zu erfassen, zu speichern und zu übertragen, werden Datenerfassungsgeräte verwendet. Diese können entweder an Bord der Fahrzeuge oder entlang der Strecke installiert sein.

3. Cloud-basierte Speicher- und Rechenleistung: Um die großen Datenmengen, die bei Predictive Maintenance anfallen, zu speichern und zu verarbeiten, werden in der Regel Cloud-basierte Dienste verwendet. Dies ermöglicht es, die Rechenleistung flexibel an die Anforderungen anzupassen und auf die Daten von überall auf der Welt aus zugreifen zu können.

4. Künstliche Intelligenz- und Machine-Learning-Modelle: Um die gesammelten Daten zu analysieren und Prognosen über die Zustände der Bahninfrastruktur und -fahrzeuge zu treffen, werden KI- und Machine-Learning-Modelle eingesetzt.

5. Frontend-Anwendungen: Um die Daten und Prognosen dem Nutzer zu präsentieren und zu visualisieren, werden Frontend-Anwendungen entwickelt, die auf die Bedürfnisse des jeweiligen Unternehmens angepasst werden können.

EROBERT PREDICTIVE MAINTENANCE DEN BAHNMARKT?

Beim schienengebundenen Verkehr hängt der Betrieb unter anderem vom perfekten und ungestörten Kontakt zwischen Stahlrad und -schiene ab. Beidseitige Abnutzungen oder Beschädigungen können zu Vibrationen, Verschleiß und sogar Gefahrenstellen führen. Dies wiederum verursacht erhöhte Wartungskosten und eine gesteigerte Lärmbelastigung für die Anwohner in Gleisumgebungen. So ist es das Ziel von Eisenbahn- und Straßenbahnbetreibern, die Lärmemissionen und Wartungskosten möglichst gering zu halten. Dafür gibt es Digitalisierungslösungen zur umfassenden Zustandsüberwachung von Eisenbahnen und Schieneninfrastruktur. In diesem Kontext unterstützen IoT-Systeme z. B. mit der Konzeption einer Cloud-Plattform, um gesammelte Fahrzeugdaten autark zu importieren, zu analysieren und auszuwerten.

Zudem kann mithilfe von Multi-Sensor-Zustandsüberwachung für die vorausschauende Instandhaltung der Schieneninfrastruktur eine Reduzierung der Instandhaltungskosten, der Anzahl der Betriebsausfälle und der Ausfallzeiten nach einem Ausfall erzielt werden.

Und – was noch wichtiger ist – der Einsatz von Predictive Maintenance führt zu weniger ungeplanten, reaktiven Eingriffen, was auch die Sicherheit der Mitarbeiter erhöht.

Bereits bestehende Inspektionstechnologien, wie z. B. Messzüge, werden durch digitale Technologien und eine

Onlineschnittstelle zu ihnen ergänzt, um eine kontinuierliche Echtzeitüberwachung mit modellbasierter Prognose und Optimierung ermöglichen zu können. Dabei wird eine verteilte Erfassung des Spannungszustands des Gleises ermöglicht, der wiederum nur mit punktuellen Inspektionen nicht gemessen werden könnte. Damit werden potenzielle Knickstellen im Gleis frühzeitig erkannt, und eine rechtzeitige und vorbeugende Instandhaltung wird ermöglicht.

Bei stark befahrenen Gleisen verursachen Inspektion und Wartung Störungen des betrieblichen Ablaufs, da sie derzeit nur mit betriebsstörenden Methoden durchgeführt werden können. Die Anwendung von faseroptischen Lösungen verbunden mit intelligenten Prognosemodellen z. B. liefern durch eine indirekte Gleisüberwachung Informationen über den zukünftigen Zustand der Strecke und mögliche betriebsstörende Ereignisse am Gleis.

Die genannten Vorteile sprechen für sich selbst, dennoch setzt sich Predictive Maintenance im Bahnsektor trotz technisch vielversprechender Ansätze bislang nur zögerlich durch. Das liegt unter anderem an dem unzureichenden Datenaustausch. So fehlt oftmals die Grundlage, auf der die für Predictive-Maintenance-Anwendungen notwendigen umfassenden Analysen erstellt werden könnten. Der Austausch der Daten scheitert oftmals an der Zurückhaltung der beteiligten Unternehmen, Daten zu teilen sowie am Fehlen einer Art Vermittler, der Daten, Dienste und Know-how zusammenbringt.

Dies tut dem Marktwachstum jedoch keinen Abbruch. Das globale Marktvolumen für Predictive Maintenance belief sich laut einem Report der Astran Business Consulting GmbH aus dem Jahr 2021 auf rund 4,1 Mrd. USD. In der vergleichenden Untersuchung schätzen die Astran-Experten die jährliche durchschnittliche Wachstumsrate auf rund 30 % bis 2030.

Das Marktvolumen für Predictive Maintenance wird unterschiedlich eingeschätzt und beziffert, einige sind sich die Analysten jedoch darin, dass der Markt enormen Wachstumsraten unterliegt. Kaum verwunderlich, denn die Vorteile sind vielfältig und branchenübergreifend gültig.

BEST PRACTICE

Attraktive und rentable Märkte ziehen naturgemäß viele Akteure an – so auch nicht anders bei Predictive Maintenance. In den vergangenen Jahren hat sich eine Vielzahl an Unternehmen an Hard- und Software für die vorausschauende Wartung versucht. Der am häufigsten anzutreffende Ansatz: Condition Monitoring als Predictive Maintenance verkaufen oder eine Standardlösung als den heiligen Gral vermarkten.

Das deutsche Start-up Arithodos setzt auf einen gänzlich anderen Ansatz. Mit einem interdisziplinären Team von Experten aus den Bereichen Sensorik und Data Analytics werden kundenspezifische Lösungen erarbeitet, die auf situationsbedingte Anforderungen maßgeschneidert werden. Das Unternehmen sieht die Herausforderung eher in der Auswahl der zu verarbeitenden Daten als in deren Erhebung. Dementsprechend konzentrieren sich die Projekte auf die Auswahl der richtigen Daten und deren Verarbeitung.

Aktuell arbeitet das Unternehmen gemeinsam mit Partnern aus den USA und der Schweiz an einem bereichsübergreifenden System, in welchem alle Daten zusammenfließen und anschließend bestenfalls in Echtzeit analysiert werden.

Wie Arithodos setzt auch das schwedische Unternehmen Predge auf kundenspezifische Lösungen und bietet modulare Software-as-a-Service-Lösungen an. Dabei werden Daten aus jeder verfügbaren Quelle genutzt, solange sie analytisch sinn- und wertvoll sind. Der Modellierungsansatz von Predge fußt zudem nicht nur auf maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz, sondern bezieht auch eigenes Wissen über Physik und Fachwissen über die Bahntechnik mit ein. Damit ist laut Unternehmensaussage eine Vorhersage über Ermüdungserscheinungen von Material und die Restnutzungsdauer von Komponenten möglich.

Das Unternehmen Limmat bietet Lösungen zur Digitalisierung der Datenerfassung und anschließender Auswertung. Dies umfasst Hard- und Software, beschränkt sich zum jetzigen Zeitpunkt jedoch auf Condition Monitoring. Basierend auf den erhobenen Daten werden allerdings bereits jetzt Wartungspläne erstellt.

Während Arithodos, Predge und Limmat Lösungen für den gesamten Bahnbetrieb und die Bahninfrastruktur liefern, konzentriert sich das Unternehmen Synap IoT auf die Schienen. Mit RailGuard werden Gleistemperaturen und -verschiebungen in Echtzeit überwacht und mittel- bis langfristige vorausschauende Wartungsinformationen entwickelt.

Am weitesten entwickelt ist die Plattform DIANA des deutschen Unternehmens infraView. DIANA ist als Diagnose- und Analyselösung bei der Deutschen Bahn zur Zustandsüberwachung und vorausschauenden Instandhaltung von Fahrzeugen und Infrastrukturanlagen im Einsatz. Mittlerweile bezieht die Plattform täglich mehr als 3 Mio. Datensätze von 40 000 Infrastrukturanlagen und ermöglicht somit eine umfassende Dokumentation und Analyse des Ist-Zustands der Anlagen in Echtzeit. Die mögliche Überwachung erstreckt sich dabei auf Bauwerke, Fahrweg und Oberleitung, Gebäude und Bahnhöfe mit Building Information Modeling (BIM), On-board Überwa-

chung von Fahrzeugen, Leit- und Sicherungstechnik und auf die streckenseitige Überwachung von Fahrzeugen.

EXKURS DIGITAL TWIN

Digitale Zwillinge (Digital Twin), die darauf abzielen, die Leistung physischer Einheiten durch Nutzung des virtuellen Abbilds zu verbessern, haben in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Inzwischen wurde die Digital-Twin-Technologie in verschiedenen Industriezweigen und zu einer Vielzahl von Themen erforscht, so auch im Bereich der Predictive Maintenance. Die Technologie folgt dabei einem daten- oder modellgesteuerten Ansatz. Beim datengesteuerten Ansatz werden große Mengen an Daten über den Zustand einer Anlage gesammelt und dann weiter analysiert, um Trends im Verhalten der Anlage zu ermitteln. Für den modellgesteuerten Ansatz muss ein Modell entwickelt werden, welches die Anlage mathematisch charakterisiert. Neben der Analyse historischer und betrieblicher Daten zur Vorhersage möglicher Fehler einer Anlage wird also auch ein Plan oder eine Strategie für die Durchführung von Maßnahmen erstellt.

Ein Digital Twin bietet daher eine großartige Möglichkeit, Vorhersagemodelle einzubinden, um den aktuellen Zustand einer Anlage zu bewerten, historische und betriebliche Daten zu analysieren, die von den Sensoren der Anlage gewonnen wurden, und schließlich die Verschlechterung einer bestimmten Komponente vorherzusagen.

FAZIT

Der Markt rund um Predictive-Maintenance-Lösungen ist groß und rentabel, das Potenzial für den Bahnmarkt enorm. Mögen momentan noch die Rechenleistung und Infrastruktur für eine tatsächlich vorausschauende Wartung fehlen, zeigen die aktuell im Einsatz befindlichen Condition-Monitoring-Lösungen einen positiven Zukunftsblick auf. Doch die Frage, ob Predictive Maintenance den Bahnmarkt erobert, muss klar mit Nein beantwortet werden – noch. Auch wenn es bereits Maintenance-Lösungen auf dem Markt gibt, die es ermöglichen, den Zustand von Infrastruktur und rollendem Material in Echtzeit zu überwachen und ausgehend von den aufgezeichneten Parametern Wartungsintervalle anzupassen und zu verkleinern, so sind wir noch nicht bei einer vorausschauenden Wartung angelangt. ==

Autoren:

Celin Berg und Nicolas Schuhen

sind Consultants bei RMR | Rail Market Research, der Studienplattform für Mobilität.

