

# Herausforderungen und Lösungen in der modernen Infrastrukturinstandhaltung

---

*Gastbeitrag von Gritt Hannusch*

---

Die Instandhaltung der Bahninfrastruktur ist heute ohne die intelligente Nutzung von Daten kaum vorstellbar. Betreiber und Dienstleister stehen vor der Herausforderung, die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Schienenverkehrs trotz wachsender Anforderungen und begrenzter Ressourcen zu gewährleisten. Moderne Technologien, insbesondere KI-gestützte Systeme, spielen hierbei eine Schlüsselrolle. Sie ermöglichen eine präzise Zustandsbewertung und eine vorausschauende Planung von Instandhaltungsmaßnahmen. Durch die systematische Erhebung und Analyse von Daten wird der gesamte Lebenszyklus der Infrastruktur optimiert, wodurch Betriebskosten gesenkt werden und die Effizienz gesteigert wird.

Die effiziente Instandhaltung der Bahninfrastruktur ist von entscheidender Bedeutung für die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit des Bahnverkehrs. Angesichts des steigenden Bedarfs an Mobilität und der zunehmenden Belastung des Schienennetzes stehen Betreiber und Instandhaltungsdienstleister vor großen Herausforderungen. Instandhaltungsmaßnahmen müssen nicht nur bedarfsgerecht, sondern auch mit begrenzten Ressourcen effizient geplant und umgesetzt werden.

Alle Infrastrukturbetreiber im Schienenverkehr stehen vor derselben Herausforderung: Die Verfügbarkeit der Infrastruktur muss gewährleistet werden. Gleichzeitig wachsen mit der höheren Beanspruchung auch der Verschleiß und der Bedarf an vorausschauender Wartung und Instandhaltung.

Heute stehen Unternehmen moderne Softwaresysteme zur Verfügung und bieten Unterstützung, die richtigen Entscheidungen zur Wahl der Instandhaltungsstrategie zu treffen, um die Funktionsfähigkeit der Infrastruktur über deren gesamte Lebensdauer hinweg zu erhalten oder wiederherzustellen.

Grundsätzlich kann zwischen verschiedenen Instandhaltungsstrategien gewählt werden, nämlich folgenden:

- der zeitzyklischen
- der belastungsabhängigen
- der zustandsabhängigen
- der prädikativen Instandhaltung.

Voraussetzung dafür ist immer, über einen Datenpool zu verfügen. Dieser liefert ein tagesaktuelles Abbild des Zustands der Anlagen und gleichzeitig Instandhaltungsvorschläge.

Dieser aussagekräftige Datenpool entsteht, wenn:

- Alle Anlagen inklusive ihrer Komponenten im System hinterlegt sind (Abbildung 1). Anlagen werden gattungsspezifisch klassifiziert, um für die jeweilige Gattung spezifische Attribute zuzuordnen und Instandhaltungsstrategien beschreiben zu können. Die Nutzung von Gattungstemplates erleichtert dem Anwender die Definition notwendiger Attribute.
- anlagenspezifische Stamm- und Zusatzdaten zugeordnet sind. Durch das jeweilige Gattungstemplate vorgegebene Daten werden flexibel durch frei konfigurierbare Zusatzattribute vervollständigt. Diese Zusatzattribute beschreiben die Spezifik der Anlage und stellen wesentliche Informationen dar, welche Einfluss auf die Zustandsermittlung haben. Hier wird dem Anwender eine große Flexibilität gegeben, die Besonderheiten seiner Anlagen zu beschreiben (Abbildung 2).
- Messwerte, Zählerdaten über Schnittstellen unmittelbar importiert werden. Messwerte aus Messkampagnen, im Rahmen von Inspektionen aufgenommene Messwerte, manuell erhobene Zustandsnoten werden über standardisierte Schnittstellen und über mobile Geräte in das System importiert und den Anlagen bzw. Anlagenkomponenten geoverortet zugeordnet. Hinterlegte Grenz- und Schwellwerte dienen zur Bewertung der Daten.
- Störungen, Mängel direkt vor Ort an der Anlage erfasst

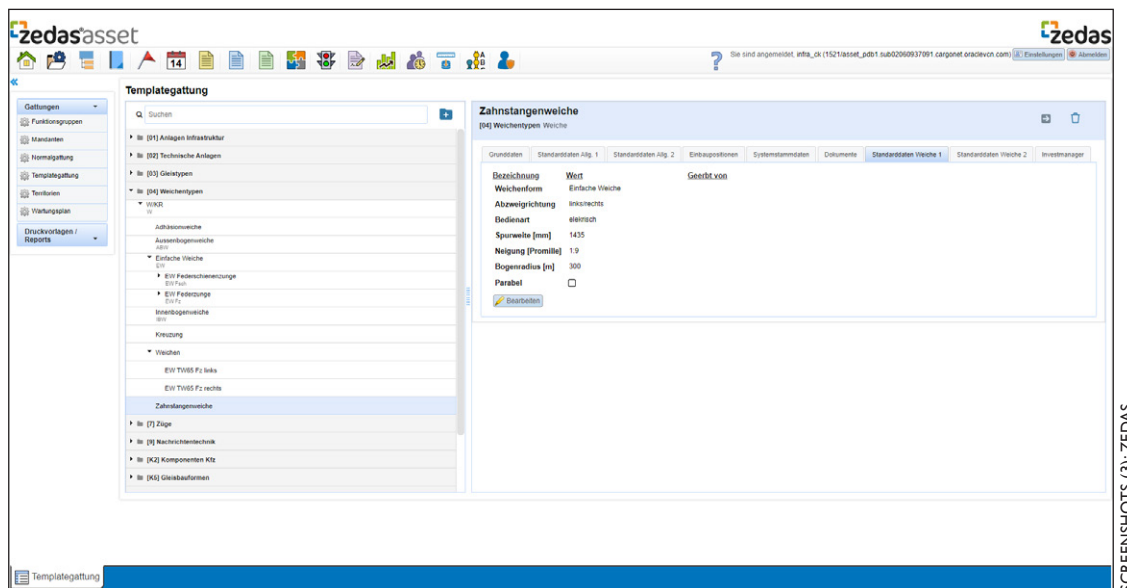


Abbildung 1: Klassifizierung von Anlagen und deren Komponenten im Softwaresystem zur Zuordnung spezifischer Attribute und Instandhaltungsstrategien.

und klassifiziert werden. Störungen und Mängel werden direkt vor Ort im Rahmen korrekativer und prädiktiver Instandhaltungsmaßnahmen aufgenommen.

Zur Standardisierung der Mängel- und Störungserfassung werden flexible hinterlegte Mängelkataloge genutzt. Der Nutzer wird durch den Fehlerbaum geführt. Instandhaltungsempfehlungen werden mit Störklassen verknüpft. Diese Standardisierungen bilden eine Grundlage für die weitere Entscheidung abzuleitender Instandhaltungsmaßnahmen. Die Intelligenz einer modernen App unterstützt den Erfasser dabei durch:

- Automatisierte Objekterkennung, also das Identifizieren von Objekten im Feld (etwa Masten, Stromkästen, Weichen) im Rahmen der Störungserfassung oder Störungsbeseitigung oder regulären Wartungsmaßnahmen;
- Vorschläge des Systems zum Ausfüllen der Felder bei wiederkehrenden Störungen und gleichartigen Maßnahmen;
- vereinfachten Umgang mit Filtern durch die Möglichkeit der Beschreibung der Filtereinstellungen in natürlicher Sprache;
- vereinfachte Suche – Suchanfrage/ Suchbegriffe in natürlicher Sprache.

Um den Zustand von Infrastrukturanlagen möglichst exakt zu bewerten und für automatisiert erstellte Instandhaltungsempfehlungen zu nutzen, steht eine Reihe von Verfahren zur Verfügung, die eine immer breitere Nutzung erfahren:

- Automatische Erkennung von Schadensbildern in den aufgenommenen Daten nach Prüf- und Inspektionsfahrten/-flügen;
- Ultraschall-, Wirbelstromprüfung, automatisches Erkennen von Fehlerbildern (Head Check, Squat, Spalling, Rail Corrugation) – Förderprojekt AIFRI (siehe Kasten);
- Erfassen relativer Gleislagedaten, automatisches Erkennen von Fehlerbildern, wie Absenkungen, Überhöhungsfehler, Riffel, lange Wellen;
- Nutzen von Drohnenbildern z.B. von Fahrleitungen, Gleisen zur automatisierten Fehlererkennung;
- Schienenprofilscanning, automatisches Erkennen von Fehlerbildern, wie Einsenkungen, Ausbrüche, Risse, Brüche, fehlende Schrauben;
- LiDAR Scanning (Umgebung), automatisches Erkennen von realen und potenziellen Lichtraumverletzungen, wie Bewuchs (Bäume, Sträucher, Äste), Objekte (Masten, Signale, Dächer von Haltestellen, ...), Veränderungen an den Böschungen.

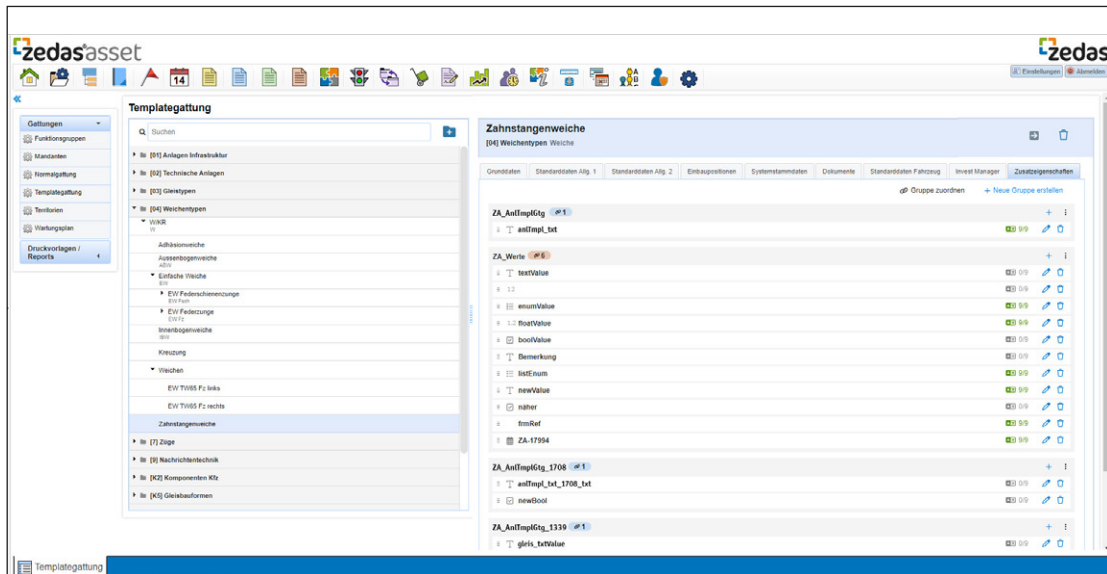


Abbildung 2: Screenshot des Zusatzfeldkonfigurators zur flexiblen Zuordnung von Zusatzattributen

Die Ergebnisse aller Datenerhebungen werden über generische Schnittstellen wie beispielsweise nach Zedas Asset – ein Asset Management System für die Instandhaltung von Bahninfrastruktur – importiert und mit den Anlagen und Anlagenkomponenten verknüpft.

Alle einfließenden Daten werden in ihrem Kontext analysiert, bewertet und ermöglichen damit jederzeit eine transparente Darstellung des Anlagenzustandes unter beliebigen Blickwinkeln. Dazu werden verschiedene Methoden, von simplen Grenzwertvergleichen bis hin zu mathematischen wissenschaftlichen Methoden unter Nutzung der sich bietenden Möglichkeiten Künstlicher Intelligenz, eingesetzt.

Es werden Zustands-, Belastungs- und Verschleißprognosen für Strecken und Streckenabschnitte auf der Basis von Prüf- und Messdaten (Mustererkennung) ermittelt.

Diese Datensätze aus den durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen vervollständigen das Bild und werden in die Analysen integriert.

Die Ermittlung und Dokumentation des Anlagenzustandes ermöglicht auch historische Betrachtungen und die Nutzung der Daten für Trendanalysen und Prognosen. Auch Änderungen an der Bahninfrastruktur können für zurückliegende Zeiträume dargestellt werden. Es existiert damit

ein Abbild vor und nach jeder durchgeführten Instandhaltungsmaßnahme.

Informationen von Baumaßnahmen (Um- oder Neubau) können über standardisierte GIS-Schnittstellen importiert und automatisiert vom System verarbeitet werden. Damit liegen alle für die Instandhaltungsplanung benötigten Informationen für die verantwortlichen Fachbereiche sofort nach Übergabe der Strecken vor.

Im Ergebnis der Zustandsanalysen und -prognosen werden Instandhaltungsmaßnahmen abgeleitet. Alle fälligen Maßnahmen werden sowohl in Listen als auch visuell im Modul Spatial Asset Viewer graphisch dargestellt (Abbildung 3). Für die weitere Planung der Durchführung der Maßnahmen ist eine automatisierte Unterstützung durch das System ein wesentlicher Vorteil, der den Instandhaltungsmanager dabei unterstützt, mit immer knapper werdenden Ressourcen immer herausfordernde Aufgaben zu erfüllen.

### Spezifisch generierte Dashboards

Moderne Technologien unterstützen bei der Analyse der Daten in spezifisch generierten Dashboards. So haben die Entscheidungen zu Instandhaltungsstrategien einen wesentlichen Einfluss auf Lebenszykluskosten einer Anlage

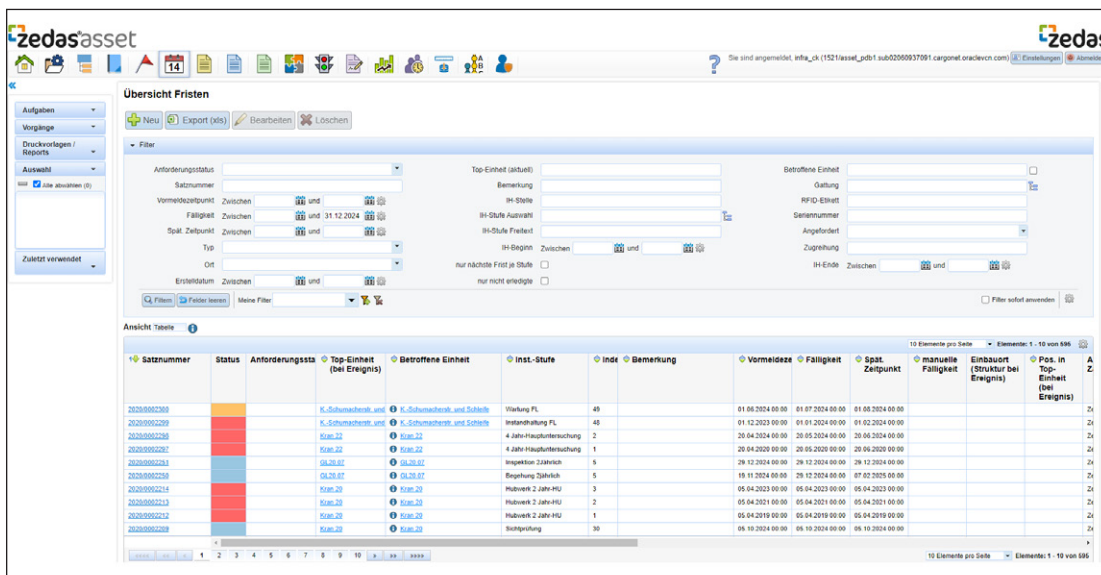


Abbildung 3: Ansicht zur Analyse und Visualisierung von Instandhaltungsdaten

und damit auf mittel- und langfristige Investitionsplanung. Durch Investitionsplanspiele im Modul Invest Manager kann die Korrelation zwischen Entwicklung der Instandhaltungskosten und des Investitionsbedarfs verdeutlicht werden und somit Investitionsentscheidungen beeinflussen. Wird Zedas Asset in der Flotten- und Infrastrukturinstandhaltung eingesetzt, laufen Daten aus beiden Unternehmensbereichen in den Datenpool ein und ermöglichen weitere Analysen über Wechselwirkung von Strecken, Fahrzeugen, Überrollungen, Umweltfaktoren und auftretenden Störungen bzw. Zustandsveränderungen.

Moderne Technologien ermöglichen dem Anwender, einfach und flexibel Informationen aus dem System abzurufen. Datenanalysen und deren Bewertungen werden immer komplexer. So ist neben herkömmlichen Analysemethoden der Einsatz moderner Technologien wie KI unerlässlich, um riesige Datenmengen effizient zu analysieren.

Dies ist ein notwendiger konsequenter Schritt, um das Potenzial aus dem gewonnenen „Datengold“ zu heben und in den täglichen Instandhaltungsprozessen nutzbar zu machen. ==

Gritt Hannusch ist Geschäftsbereichsleiterin Consulting und Prokuristin von Zedas.

### Das Förderprojekt AIFRI

Das Projekt AIFRI (KI-basierte Analyse von Schienenprüfdaten für eine optimierte Instandhaltungsplanung), gefördert von mFund, einer Initiative des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr; zielt darauf ab, ein IT-Werkzeug zu entwickeln, das eine effiziente Nutzung von erhobenen Daten aus Prüffahrten ermöglicht. Dies umfasst die Datenerfassung aus Wirbelstrom- und Ultraschallprüfsystemen, deren Analyse sowie die Unterstützung bei der Entscheidungsfindung und Visualisierung.

Das Projekt, das von Dezember 2021 bis November 2024 läuft und mit rund 1,9 Millionen Euro gefördert wird, umfasst Partner wie die DB Netz AG, die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, das Softwareunternehmen Zedas, die TU Berlin sowie das Prüferunternehmen Vrana. Dank KI-Verfahren sollen die Instandhaltungsprozesse nicht nur effizienter, sondern auch präziser gestaltet werden, um die Qualität und Sicherheit des Schienennetzes nachhaltig zu verbessern.