10|2026

www.eurailpress.de/etr
Oktober 2026 | 75. Jahrgang | Euro 41,16 | D 2722

ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU

MIT EXTRA SWISS

IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN

DIGITALISIERUNG

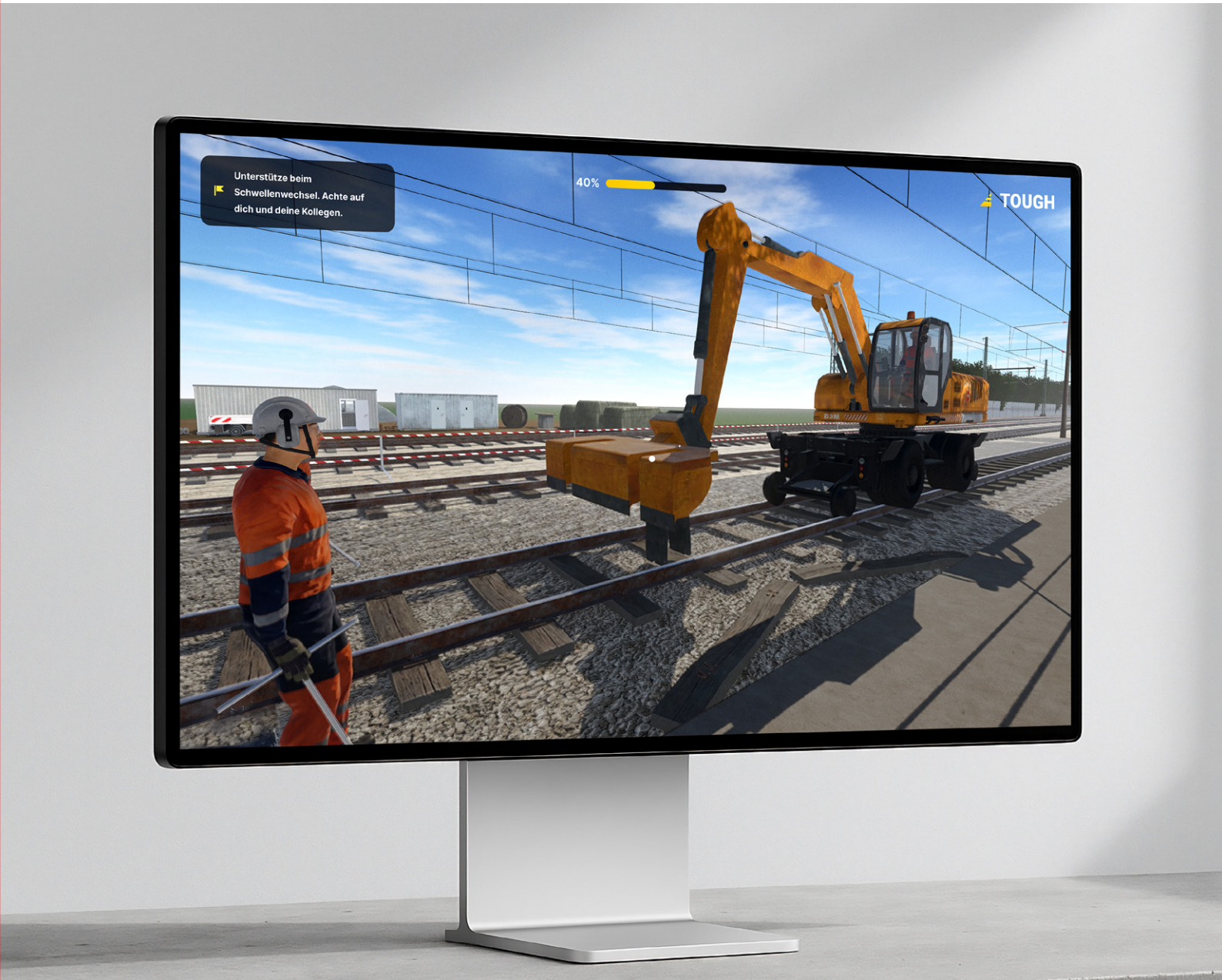
Quantencomputing im Schienenverkehr
Früherkennung von ETCS-Fahrzeugstörungen
Diagnose- und prognosebasierte Instandhaltung
Vom Geodatensatz zum BIM-Modell

REVISION DER ERA VERORDNUNG

Wie viel Europa wollen und brauchen wir für die Eisenbahn?

PLANRECHTSFREIES BAUEN

Wirkungsweise, Grenzen und Erfolgsfaktoren am Beispiel RKS Halle – Eichenberg



Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026

Diagnose- und prognosebasierte Instandhaltungslösungen für den Schienenverkehr

Die aktuellen Herausforderungen der Bahn treffen auf ein Umfeld, das durch Digitalisierung, massive Anstrengungen im Bereich der Datenerhebung und Informationsverarbeitung sowie den zunehmenden Einsatz künstlicher Intelligenz geprägt ist. Dieser Beitrag schildert zwei Anwendungsszenarien, die sich Modellkombinations- und Datenfusionstechniken zunutze machen, um die Möglichkeiten prädiktiver Instandhaltungslösungen für den Schienenverkehr aufzuzeigen.

Projektrahmen

Im Projekt „Diagnose und Prognose für das Instandhaltungsmanagement im Schienenverkehr" des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) wurden Modelle und Verfahren identifiziert, analysiert und bewertet, welche als Grundlage eines prädiktiven Instandhaltungsmanagements von Infrastruktur und Fahrzeugen im Bahnsektor dienen können. Ein weiterer Schwerpunkt bestand darin aufzuzeigen, wie durch Kombination von Modellen bzw. durch Datenfusion ein Mehrwert bei der Lösung von Instandhaltungsaufgaben entstehen kann. Um die gewonnenen Erkenntnisse greifbar zu machen, wurde für je ein Anwendungsszenario aus den Bereichen Infrastruktur und Schienenfahrzeuge ein Demonstrator entwickelt, der die gesamte für die Analyse erforderliche Toolkette beinhaltet und die Ergebnisse in einer für den Anwender übersichtlichen Form darstellt. Mit Hilfe eines weiteren Entwicklungsschrittes zur Anpassung auf eine konkrete Anwendungssituation und Einbettung in bestehende organisatorische Abläufe könnten die Demonstratoren zu voll einsatzfähigen Werkzeugen weiterentwickelt werden, mit denen konkrete, abgestufte Maßnahmen für die Instandhaltungsdurchführung abgeleitet werden.

Das Projekt wurde durch das DZSF beauftragt und von der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG) bearbeitet. Eine ausführliche Darstellung der Inhalte und Ergebnisse des Projekts in Form des Forschungsberichts ist über die Websites des DZSF und der IABG verfügbar ([1], [2]).

Anwendungsszenario Vegetationsmanagement

Für die Demonstration eines innovativen Instandhaltungsansatzes für die Schieneninfrastruktur wurden zwei Anwendungsfälle definiert, die sich beide mit spezifischen Aspekten des Vegetationsmanagements entlang von Schienenwegen befassen.

Rund 70 % des Schienennetzes der Deutschen Bahn verlaufen durch bewaldete Gebiete. Die gezielte Pflege und Kontrolle der Vegetation entlang der Gleise nimmt eine bedeutende Rolle für die Aufrechterhaltung und Sicherung des Bahnbetriebs ein. Im ersten Anwendungsfall ging es daher um die Vegetationskontrolle in der Rückschnitts- und Stabilisierungszone entlang von Bahnstrecken, während sich der zweite Anwendungsfall speziell auf die Gewährleistung ausreichender Sichtflächen im Bereich von Bahnübergängen ohne technische Sicherung richtete.

„Grün am Gleis"

Die Vegetationspflege entlang der Schienenwege erfordert zeit- und kostenintensive Begehungen durch Fachpersonal. Ein entscheidender innovativer Ansatz besteht in der Automatisierung der Baumbestandsanalyse mit Hilfe von Fernerkundungsdaten und Deep Learning für Bilderkennung. Gegenüber bereits bestehenden Anstrengungen in dieser Hinsicht zeichnet sich das hier entwickelte Anwendungsszenario zusätzlich durch die Erkennung von Totholz und die Integration von standortbezogenen Ertragsdaten sowie

Dr.-Ing. Gerhard Hilfer
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG)
hilfer@iabg.de

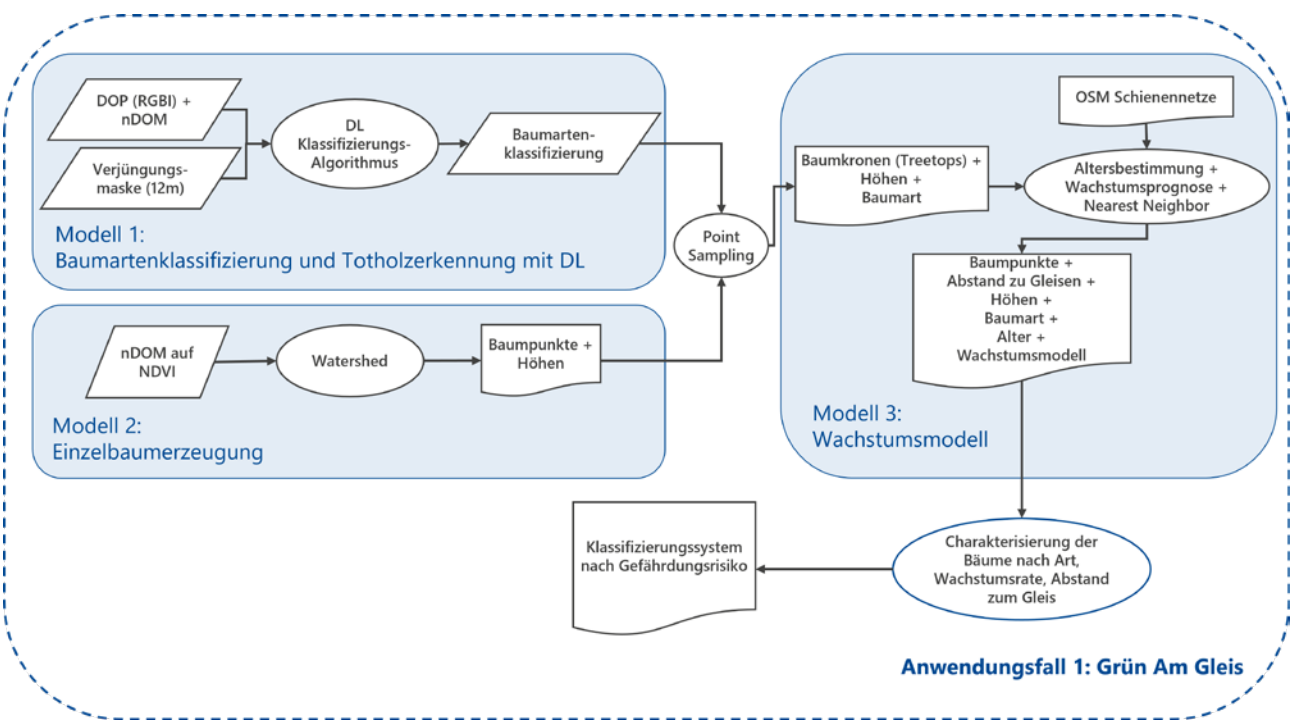
Arnaud Cugniere
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG)
cugniere@iabg.de

Andrés Andrade
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG)
andrade@iabg.de

Axel Simroth
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF)
simrotha@dzsf.bund.de

Waldemar Gaad
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF)
gaadw@dzsf.bund.de

Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026



1: Modell-Workflow für den ersten Anwendungsfall „Grün am Gleis" Quelle: eigene Darstellung

Wachstumsmodellen in den Analyseablauf aus. Die Erkennung von Totholz erlaubt die schnelle Beseitigung einer dadurch bestehenden unmittelbaren Gefährdung, während standortbezogene Ertragsdaten und baumartspezifische Wachstumsmodelle die Grundlage einer vorausschauenden Instandhaltung bilden. Die damit einhergehende Planbarkeit von Schnittmaßnahmen reduziert den Gesamtaufwand für die Pflege und trägt wesentlich zur Optimierung des Personaleinsatzes bei. Gleichzeitig steigert eine häufiger durchführbare automatisierte Überwachung und Analyse des Baumbestands die Sicherheit des Schienenverkehrs.

Abbildung 1 zeigt die gewählte Anordnung der drei zum Einsatz kommenden Modelle. Modell 1 und Modell 2 werden dabei komplementär miteinander kombiniert und sequenziell mit Modell 3 verknüpft. Modell 1 konzentriert sich auf die Klassifizierung von Baumarten und die Erkennung von Totholz mit Hilfe von Deep-Learning-Methoden, die von der IABG in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) im Rahmen des KIHBA-Projekts (Künstliche Intelligenz für hochaufgelöste Baumartenerkennung) entwickelt und getestet wurden [3]. Modell 2 identifiziert mit Hilfe eines Watershed-Algorithmus Einzelbäume, segmentiert die Baumkronenbereiche und weist ihnen ihre Baumhöhe und ihr Abstandsmaß zum Gleis zu. Aus Modell 1 und Modell 2 sind somit die für eine Zustandsanalyse des Baumbestandes innerhalb der Rückschnitts- und Stabilisierungszone erforderlichen Informationen verfügbar. Modell 3 vereinigt schließlich die Informationen aus den standortbezogenen Ertragsklassen der Bäume mit den baumartspezifischen Wachstumsmodellen und kann damit benutzergesteuert Prognosen für Zeiträume von z. B. sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren erstellen.

Im hier realisierten Anwendungsfall wurden die Ergebnisse des Demonstrators zum Zweck einer Erstbewertung (Zustand und Vorhersage) ausgewertet und dargestellt. Dabei wurde im Satellitenbild eines Zielgebietes jedem identifizierten Baum ein Farbpunkt in den Ampelfarben zugewiesen. Dabei bedeuten:

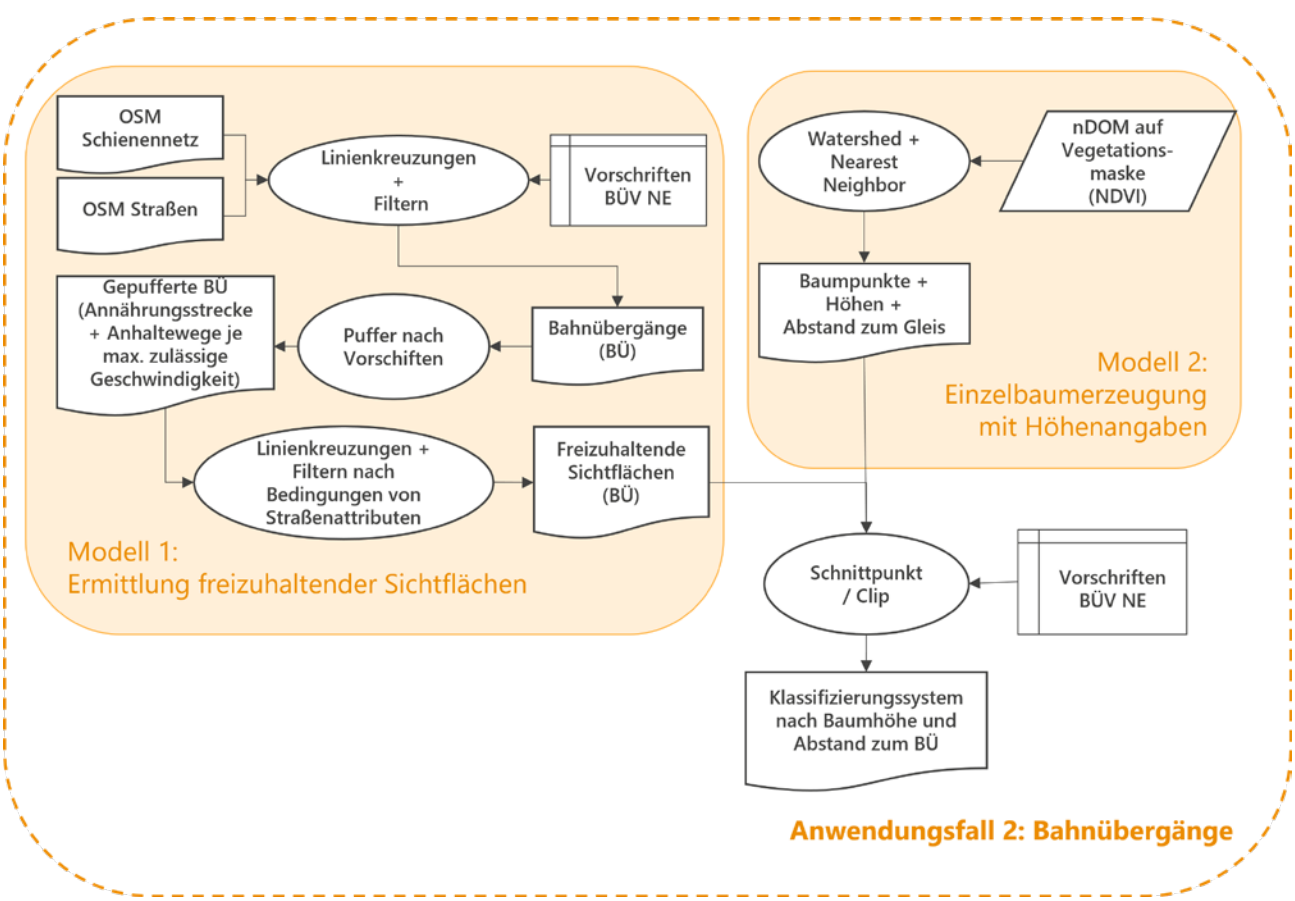
- 🔴 rot – hohes Risiko: Bäume, die in der Rückschnittszone stehen oder abgestorben sind
- 🟡 gelb – mittleres Risiko: Bäume, deren Höhe das Abstandsmaß der Rückschnittszone überschreitet oder dieses innerhalb der nächsten sechs Monate überschreiten wird
- 🟢 grün – geringes Risiko: Gesunde Bäume, deren Höhe das Abstandsmaß der Rückschnittszone frühestens nach mehr als 6 Monaten überschreiten wird.

Abbildung 3 zeigt im oberen Teil ausgewählte Ergebnisse dieses Anwendungsfalles zur Veranschaulichung.

Der Demonstrator erwies sich als voll einsatztauglich und zeigte, obwohl mit geringem Aufwand erstellt, bereits eine erfreuliche Ergebnisleistung. Gleichwohl konnte Verbesserungspotential identifiziert werden, das überwiegend an verbesserte Ausgangsbedingungen geknüpft ist:

- Für die Umsetzung des Demonstrators wurde allein auf frei verfügbare Bilddaten mit einer Auflösung von 0,2 - 1 m zurückgegriffen. Höher aufgelöstes und über den Jahresverlauf häufiger aktualisiertes Bildmaterial würde die Klassifikationsleistung wesentlich erhöhen, da bei einer Auflösung von 0,2 m noch keine klare Unterscheidung zwischen unterschiedlichen Laubbäumen möglich ist.
- Für standortspezifische Daten mussten im Rahmen des Projekts Annahmen getroffen bzw. veröffentlichte, aber in Teilen überholte Rahmendaten genutzt werden, da standortspezifische Daten bisher zumeist nicht öffentlich verfügbar

Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026



2: Modell-Workflow für den zweiten Anwendungsfall „Bahnübergänge" Quelle: eigene Darstellung

sind. Dies betrifft die Angaben zum Alter der Bäume und zu den Ertragsklassen.
- In Zukunft könnten umwelt- und naturschutzrechtliche Vorgaben in die Auswertung einbezogen werden, um bei Instandhaltungsmaßnahmen auf diese Randbedingungen Rücksicht nehmen zu können.

„Bahnübergänge"

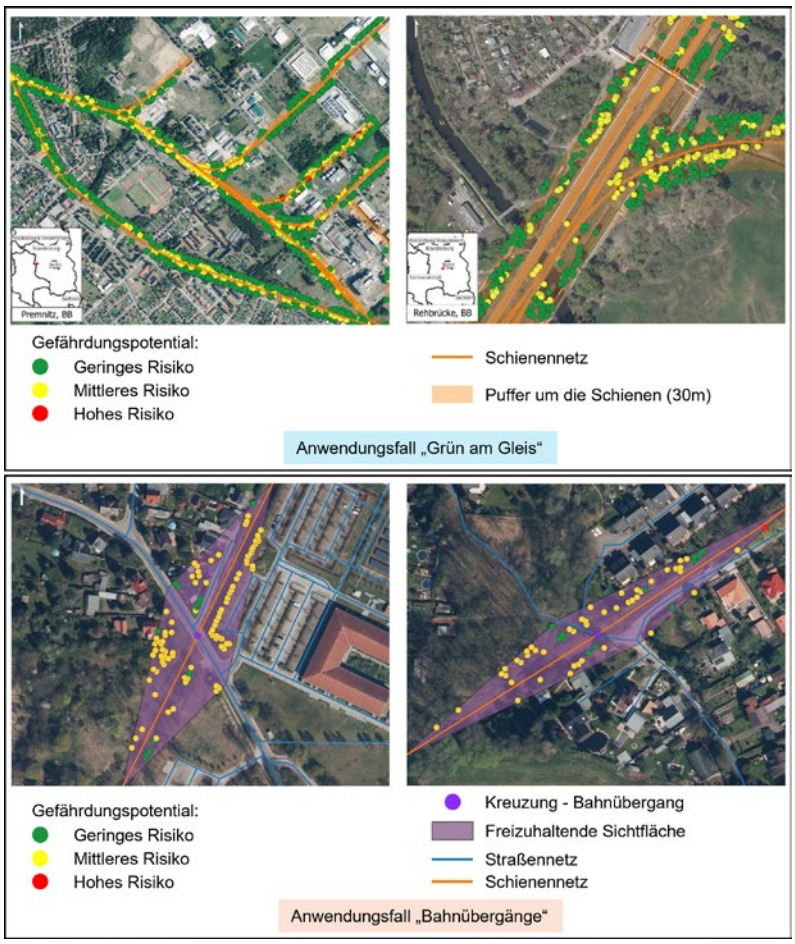
Bahnübergänge sind als Kreuzungspunkte verschiedener Verkehrsarten besonders neuralgische Punkte, da hier Verkehrsarten mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit ebenso wie in ihrer Wahrnehmung durchaus unterschiedlich orientierte und geprägte Verkehrsteilnehmer aufeinandertreffen. Um die gegenseitige Wahrnehmbarkeit und den sicheren Kreuzungsverkehr insbesondere an technisch nicht gesicherten Bahnübergängen zu gewährleisten, muss vor allem für die Straßenverkehrsteilnehmer, die den Vorrang des Eisenbahnverkehrs zu beachten haben, eine ausreichende Einsehbarkeit des Bahnübergangsbereichs sichergestellt werden. Die hierzu in der BÜV NE [4] niedergelegten Vorgaben wurden in ihren wesentlichen Zügen bei der Umsetzung dieses Anwendungsfalls berücksichtigt.

Der Demonstrator nutzt die Funktionalitäten, die im ersten Anwendungsfall zur Baumbestandsanalyse implementiert wurden, in vergleichbarer, aber angepasster Weise. Für diesen Anwendungsfall wurden statt eines Korridors entlang der Gleise die freizuhaltenden Sichtflächen an Bahnübergängen gemäß §8(3) und §8(4) der BÜV-NE automatisiert identifiziert und für die Analyse des Baumbestands berücksichtigt. Dazu mussten die Bahnübergänge in ihrer Lage und Kreuzungsbeschaffenheit in Satellitenaufnahmen erkannt und die Schnittpunkte der Verkehrswege festgelegt werden. Im Weiteren wurden die Pufferzonen für die Annäherungsstrecken der Züge und die Anhaltewege der Straßenfahrzeuge unter Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten ermittelt. Aus diesen Informationen konnten Polygone für die freizuhaltenden Sichtflächen erzeugt werden, innerhalb derer die Auswertung des Baumbestands hinsichtlich einer Sichteinschränkung für die Verkehrsteilnehmer erfolgte. Abbildung 2 zeigt das komplementäre Zusammenwirken der beiden zum Einsatz kommenden Modelle. Die Ergebnisdarstellung erfolgte analog zum ersten Anwendungsfall in Form einer Risikoeinstufung für jeden identifizierten Baum. In Abbildung 3, untere Darstellung, bedeuten:

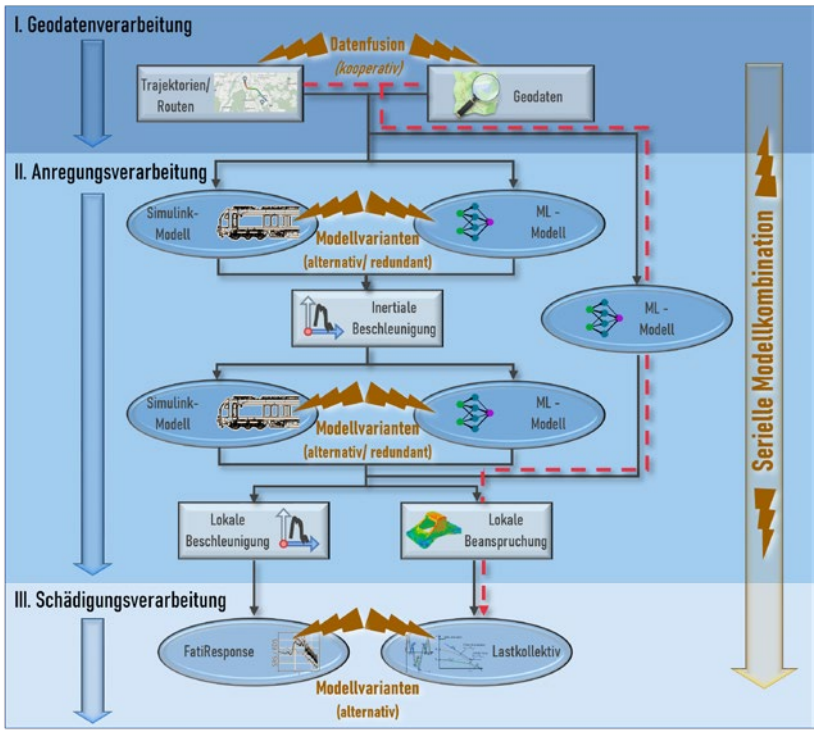
- 🔴 rot – hohes Risiko: Bäume, die sich in der Rückschnittszone befinden
- 🟡 gelb – mittleres Risiko: Bäume, deren Höhe die laut BÜV NE zulässige Maximalhöhe von 1 m (aus Sicht des Straßenfahrzeugs) überschreitet
- 🟢 grün – geringes Risiko: Bäume, die sich in der freizuhaltenden Sichtfläche des Bahnübergangs befinden, jedoch die zulässige Maximalhöhe nicht überschreiten.

Im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung wurde auf die Implementierung folgender Anteile verzichtet:

Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026



3: Ergebnisdarstellungen der beiden Anwendungsfälle für die Infrastruktur Quelle: eigene Darstellung



4: Betrachtete Modellkombinationen für den Fahrzeug-Anwendungsfall Quelle: eigene Darstellung

- die Integration weiterer Detailvorschriften aus der BÜV NE und
- die Integration eines Prognoseanteils zur Vorhersage der Wachstumsentwicklung in gleicher Weise wie für den ersten Anwendungsfall.

Anwendungsszenario Fahrzeugstruktur-Ermüdung

In Systemen wie der Bahninfrastruktur und dem Rollmaterial, die für eine lange Lebensdauer konzipiert und ausgelegt sind, treten unterschiedlichste Degradationsformen auf. Beispielsweise ist der Verschleiß im Bereich des Rad-Schiene-Kontaktes seit langem Gegenstand der Forschung, um die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Bahnverkehrs zu sichern und zu erhöhen. Mit zunehmendem Effizienzdruck für den Betrieb, steigenden Energiekosten und einem stetig gewachsenen Umwelt- und Ressourcenbewusstsein gelangen auch Degradationsformen verstärkt in den Fokus, die bei Schienenfahrzeugen bisher eine eher untergeordnete Rolle gespielt haben. Zu ihnen gehört die Strukturermüdung, die in der Luftfahrtbranche aufgrund des dort extremen Leichtbaus seit den Anfängen ein dominierendes Thema ist. Da neue Materialien, optimierte Auslegungen und der Wunsch nach höherer Energieeffizienz im Fahrbetrieb zunehmend auch Leichtbauweisen in der Bahn befördern, wurde im Rahmen dieses DZSF-Projekts mit dem Thema der Strukturermüdung ein Anwendungsfall quasi vorweggenommen, der zukünftig eine wachsende Rolle spielen dürfte. Die hier vorgestellte Vorgehensweise ist aber grundsätzlich auch auf andere Problemstellungen übertragbar.

Während Verschleiß eine kontinuierliche Verschlechterung des Gebrauchswertes mit sich bringt, der prinzipiell von Anfang an auch messbar ist, ist bei der klassischen Strukturermüdung über lange Zeit keine Verschlechterung des Gebrauchswertes und keine Degradation erkennbar. Dennoch „ermüdet“ das Material durch die Nutzung, was sich schließlich beispielsweise im Entstehen eines Risses im Material zeigt. Selbst nach der Rissentstehung und seiner messtechnischen Erkennbarkeit kann je nach Auslegung aber noch eine beträchtliche weitere Nutzungszeit möglich sein, bevor die Schadensgröße kritisch wird und es letztlich zum Struk-

Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026

turversagen kommt. Es ist hierbei eine Frage des Designs und der zugrunde gelegten Instandhaltungsstrategie, wann der bestmögliche Zeitpunkt für eine Instandsetzung ist.

Die Dauerfestigkeit einer Struktur ist gemäß Definition durch die maximale Belastung charakterisiert, unter der trotz unendlich wiederholter zyklischer Belastung kein Ermüdungsschaden auftritt. Demgegenüber ist eine „praktische Dauerfestigkeit" bereits gegeben, wenn die Zeitfestigkeit der Struktur die geplante Nutzungsdauer übersteigt. Hier können für bereits im Betrieb befindliche Fahrzeuge Probleme entstehen, wenn – wie in komplexen und kostenintensiven Systemen häufig zu beobachten ist – die Nutzungsdauer verlängert werden soll, weil beispielsweise die nachfolgende Fahrzeuggeneration noch nicht verfügbar ist. Eine kontinuierliche Nutzungsüberwachung von Anfang an ist z. B. für militärische Luftfahrzeuge ein bereits vielfach genutztes Instrument, das geeignet ist, um eine prädiktive Instandhaltung zu etablieren und das Potential für eine Lebensdauerverlängerung nutzen zu können. Auch der Wiederverkaufswert eines Betriebsmittels lässt sich dadurch steigern.

Der hier demonstrierte Anwendungsfall zielt darauf ab, die Strukturbelastungen eines Schienenfahrzeugs streckenabhängig zu erfassen und auf die Belastungen beliebiger Bauteile schließen zu können. Darauf aufbauend kann die zugehörige Bauteilschädigung ermittelt und akkumuliert werden, um so den Lebensdauerverbrauch überwachen (Diagnose) sowie eine Aussage zur Restlebensdauer machen zu können (Prognose).

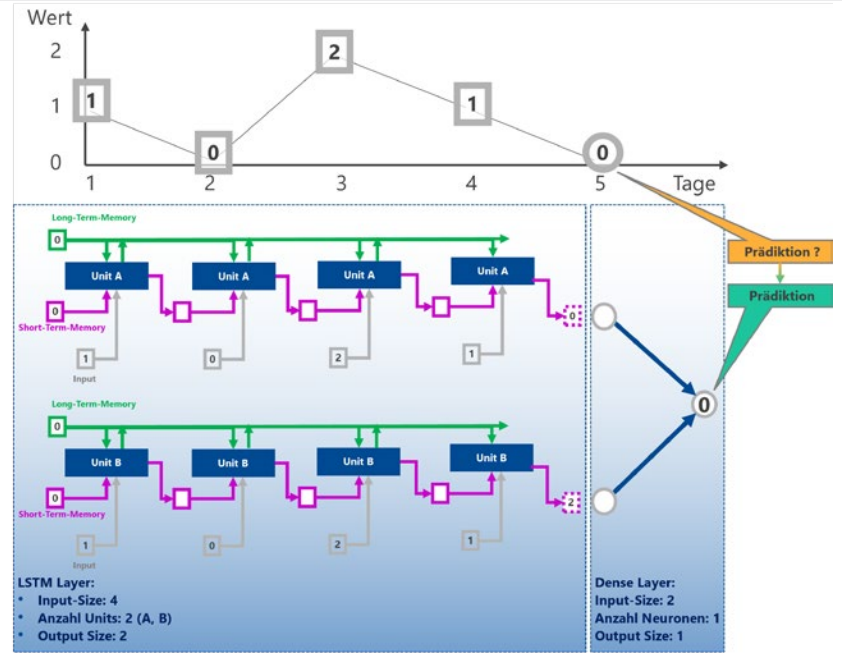
Ein wesentliches Element der Lösung besteht darin, eine Korrelation der Strukturbelastung mit den Charakteristika der gefahrenen oder zu befahrenden Strecke herzustellen. Diese Charakteristika beinhalten die gefahrene Geschwindigkeit und den Streckenverlauf, aber auch andere relevante Elemente wie Weichen, Bahnübergänge, Halte o.ä.

Abbildung 4 zeigt, wie die streckenabhängigen Charakteristika unter Einsatz verschiedener Modelle und Verarbeitungsstufen (Geodatenverarbeitung) mit den Strukturbelastungen korreliert und daraus lokal im Fahrzeug wirkende Beanspruchungen bzw. Beschleunigungen abgeleitet werden können (Anregungsverarbeitung), die dann im Betriebsfestigkeitsmodell hinsichtlich ihrer Lebensdauerauswirkung ausgewertet werden (Schädigungsverarbeitung). Im vorliegenden Fall wurde der rot gestrichelte Verarbeitungspfad gewählt, bei dem mit Hilfe eines ML-Modells aus den Streckencharakteristika ohne Zwischenschritte die lokalen Beanspruchungen ermittelt werden.

Für das Training des Algorithmus wurden Strukturbauteile einer Lokomotive mit Dehnmessstreifen instrumentiert und Trainingsfahrten durchgeführt. Nachdem dieses Training abgeschlossen war, konnte die Instrumentierung wieder entfernt werden, da der Algorithmus nun den Zusammenhang zwischen Streckencharakteristika und Strukturbelastungen gelernt hat. Wie



Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026



5: Architekturschema des ML-Modells für den Fahrzeug-Anwendungsfall Quelle: eigene Darstellung

bei allen KI-basierten Anwendungen ist auch hier zunächst ein sehr umfangreiches Training notwendig, um alle relevanten Streckencharakteristika und Fahrsituationen zu erfassen. Gleichwohl besteht ein vielversprechendes Potenzial dieser Anwendung darin, später im Serienbetrieb – auch für eine Flotte baugleicher Fahrzeuge – keine eigene Instrumentierung mehr zu benötigen.

In Abbildung 5 ist das Architekturschema des eingesetzten ML-Modells abgebildet, das einen Long Short-Term Memory-Algorithmus mit zwei Units und einem Dense Layer mit einem Neuron nutzt, um die typischen Zeitverläufe der Streckencharakteristika und der Fahrmanöver zu erlernen. Im Vergleich zum Schema hatte das tatsächlich verwendete Modell 100 Units.



6: Benutzeroberfläche der Web-Applikation Quelle: eigene Darstellung

Für den Demonstrator wurde ein Routenplaner implementiert, der das frei verfügbare Kartenmaterial „OpenRailWay" mit bahnspezifischen Streckencharakteristika nutzt. Damit können beliebige zu befahrende Routen geplant werden. Aus der Routenplanung, den dazugehörigen Streckencharakteristika und den auf dieser Strecke geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeiten, die als Fahrgeschwindigkeit des Zuges angenommen wurden, kann das ML-Modell nun den Zeitverlauf der Belastung und damit die zu erwartende Schädigung (respektive den Lebensdauerverbrauch) für die Struktur vorhersagen.

Der Demonstrator wurde als browserbasierte Anwendung implementiert, in welcher der Nutzer eine Strecke planen kann, worauf ihm die zugehörige Auswertung dargestellt wird. Abbildung 6 zeigt exemplarisch eine Darstellung der Benutzeroberfläche mit dem Verlauf des Benutzerdialogs. Dargestellt sind u. a. der errechnete Streckenverlauf (oben links), die entlang des Streckenverlaufs ermittelten Streckencharakteristika und die Verteilung der maximalen Streckengeschwindigkeiten (oben rechts), der Zeitverlauf der prognostizierten Dehnung (in der Mitte) sowie die über den Streckenverlauf akkumulierte Schädigung (unten).

Aufgrund der Komplexität dieses Anwendungsfalls wird an dieser Stelle auf die im Forschungsbericht enthaltene Ergebnisdiskussion und Weiterentwicklungsperspektive verwiesen [1, 2].

Ausblick

Die beiden Anwendungsdemonstratoren haben gezeigt, dass bereits mit moderatem Aufwand eine funktionierende Analyse-Toolkette etabliert und so der Weg zu prädiktiven Instandhaltungsformen geebnet werden kann.

Diese werden in Zukunft dort, wo sie sich als wirtschaftlich tragfähige Lösung zeigen, neben bedarfsgerecht weiterhin sinnvollen korrektiven und präventiven Instandhaltungsformen einen beachtlichen Anteil einnehmen.

Die Verknüpfung von physikbasierten Modellen mit ML-Modellen eröffnet ein weites Spektrum an Möglichkeiten, in deren Zentrum der digitale Zwilling als Ziel und ideales Werkzeug einer fortschrittlichen prädiktiven Instandhaltung steht. Eine kontinuierliche Nutzungs- und Leistungsdatenüberwachung erzeugt hierfür die erforderlichen Eingangsdaten, welche mit zunehmendem System- und Wirkverständ-

Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026

nis mehr und mehr aus ohnehin verfügbaren Betriebs- und Überwachungsfunktionen gewonnen werden können. Mit Hilfe parametrisch charakterisierter Nutzungsspektren und vorhandener Systemmodelle lassen sich auch Retrofit-Lösungen für bereits im Betrieb befindliche Betriebsmittel entwickeln. Der schnell voranschreitenden technologischen Entwicklung müssen allerdings regulatorische Anforderungen sowie organisatorische und prozessuale Randbedingungen in der Systemunterstützung und speziell in der Instandhaltung folgen, damit der Übergang zu prädiktiven Instandhaltungslösungen gelingt und ihre Vorteile ausgeschöpft werden können. ●

DOI 10.61067/261032

Literatur

[1] DZSF„Projekte - Diagnose und Prognose für das Instandhaltungsmanagement im Schienenverkehr“ 23 03 2023. [Online]. Available: https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt_115_diagnose_prognose_IM.html. [Zugriff am 18 06 2026].
[2] IABG„Prädiktive Instandhaltung im Schienenverkehr“ (Seite erstellt am 12.08.2026, online) Verfügbar unter: https://www.iabg.de/branchen/bahn-schiene/digitale-schiene/projekt-instandhaltung-schiene [Zugriff am 09.09.2026].
[3] S. Peter, A. Wallner, S. Günster und et al.„Künstliche Intelligenz für hochaufgelöste Baumartenerkennung (Projekt„KIHBA“)“ 2024.
[4] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, „Vorschrift für die Sicherung der Bahnübergänge bei nichtbundeseigenen Eisenbahnen (BÜV NE)“ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Köln, 2001.

Summary

Diagnostic and predictive maintenance solutions for the rail sector

As part of the project “Diagnosis and Prognosis for Maintenance Management in Rail Transport”, two demonstrators were developed using model combination and data fusion techniques and aiming at illustrating potential use cases for predictive maintenance. The demonstrators address issues in the fields of “greenery along the line” and structural fatigue of rail vehicles. This contribution provides an insight into the design and implementation of the two demonstrators.



Nutzung unter www.iabg.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2026