

**Digitalisierung und Automatisierung**

# Projekt Zustandsüberwachung des Gleisumfeldes (ZuG)





**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Corinna Salander,**  
Lehrstuhl für Schienenfahrzeugtechnik, Institut für Maschinenelemente,  
**Timo Strobel** und **Hamid Tavakoli,**  
Doktoranden, alle Universität Stuttgart



Die Automatisierung im Verkehrssektor wird als eine der großen gesellschaftlichen Revolutionen des 21. Jahrhunderts angesehen, sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr. Auch für das System Bahn ist der Einsatz digitaler Technologien ein wichtiger Baustein, um es wirtschaftlich und wettbewerbsfähig zu betreiben und nachhaltige Mobilitätskonzepte zu unterstützen. Diesem Ziel dient auch das Projekt „Zustandsüberwachung im Gleisumfeld – durch Erfassung und Analyse von 3D-Videodaten“.

Foto: DB AG/Jochen Schmidt

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat gemeinsam mit der Deutschen Bahn AG und dem Verband der Bahnindustrie in Deutschland e.V. eine „5-Punkte-Strategie“ des „Zukunftsforums Schiene Digital“ verabschiedet. Diese beinhaltet unter anderem ein Bekenntnis zur Stärkung von Forschung und Entwicklung, zu datenbasierten Innovationen und digitaler Vernetzung sowie zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Schienenverkehrs durch zunehmende Automatisierung und Vernetzung. Deutschland will und soll diese Revolution mitgestalten, jedoch müssen dafür noch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erfolgen, um die vorhandenen Technologien bis zur Marktreife zu bringen.

Das Projekt ZuG wird durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen des Modernitätsfonds (mFUND) gefördert, welcher Forschungs- und Entwicklungsprojekte rund um digitale datenbasierte Anwendungen für die Mobilität 4.0 unterstützt.<sup>[1]</sup> Für das Projekt haben sich unter der Führung des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) die Partner ASCI Systemhaus GmbH, DB RegioNetz Verkehrs GmbH, Fraunhofer IAIS und der Lehrstuhl Schienenfahrzeugtechnik an der Universität Stuttgart zusammengefunden.

## Hintergrund

Die gesamte Infrastruktur aller Eisenbahnen in Deutschland umfasst rund 38.000 Kilometer. Diese muss stets so instandgehalten werden, dass sie den betrieblichen und rechtlichen Anforderungen an Sicherheit und Verfügbarkeit genügt. Dazu gehört natürlich nicht nur der Gleiskörper mit Unter- und Oberbau, sondern auch das Umfeld des Gleises. Hier setzt ZuG mit zwei Forschungsfragen an, durch deren Beantwortung sowohl das Erkennen sich abzeichnender

Gefährdungen aus dem Gleisumfeld als auch die Instandhaltungsplanung verbessert werden sollen.

**Erweiterte Nutzung von Fahrerassistenzsystemen**

Grundlage dafür ist die weiterführende Nutzung der Assistenzsysteme zur Unterstützung des Triebfahrzeugführers, mit denen Schienenfahrzeuge heute zunehmend ausgestattet werden. Derzeit werden weltweit solche Assistenzsysteme in unterschiedlichen Ausführungen für Schienenfahrzeuge getestet. Diese haben bislang die Gemeinsamkeit, dass ausschließlich der Gleisbereich überwacht wird, der sogenannte Fahrschlauch. ZuG soll die Systeme um eine wichtige Aufgabe erweitern, nämlich die „Streckenbeobachtung“, die heute im Wesentlichen vom Triebfahrzeugführer übernommen wird. Abbildung 1 zeigt schematisch die digitale Ausführung dieser Aufgabe.

Zum einen sollen Videodaten, die Kameras von der Gleisumgebung aufnehmen, so aufbereitet und gespeichert werden, dass Vergleiche zwischen verschiedenen zurückliegenden und aktuellen Aufnahmen möglich werden. Diese lassen einerseits erkennen, ob kurzfristige und starke Veränderungen der Bauwerke oder Vegetation vorliegen, welche zu einer hohen oder akuten Gefahr führen können. Andererseits sollen langfristige und schwache Veränderungen des Umfelds identifiziert werden, die ein Triebfahrzeugführer mit bloßem Auge nicht wahrnehmen kann. Dies betrifft stetig wachsende Gefahren, zum Beispiel die Verschiebung einer Böschungswand.

Die Datenübertragung an einen zentralen Server soll im Regelbetrieb an besonders dafür geeigneten Übergabepunkten erfolgen, zum Beispiel an Bahnhöfen mit schneller Internetanbindung. Dort werden aus den Videodaten 3D-Modelle der Umgebung erzeugt, die zum Beispiel mit Vortags- oder Vorjahresmodellen verglichen werden. Dieser Datenfluss ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt.

Im Projekt ZuG sollen dafür sinnvolle Zeitabschnitte definiert werden, in denen die 3D-Modelle verglichen werden. Darüber hinaus wird ermittelt, welche Objekte im Gleisumfeld tatsächlich für eine Beurteilung ihrer möglichen Veränderung relevant sind. Schließlich soll eine Verschiebung der Objektposition zuverlässig bewertet und, falls erforderlich, daraus ein vordringlicher Instandhaltungsauftrag generiert werden.

**Optimierung des Instandhaltungsmanagements**

Eine Verbesserung des Instandhaltungsmanagements soll durch eine angemessene Verwertung dieser Videodaten erreicht werden. Dafür werden die Informationen über den Zustand des Gleisumfelds als Teil der Planung von Standardaufgaben der Instandhaltung genutzt. Dies setzt zunächst eine Erfassung der heute üblichen Instandhaltungsprozesse und ihrer Standardaufgaben sowie deren Umsetzung in ein digitales Werkzeug voraus, mit dem dann der aktuelle Ist-Zustand des Gleisumfeldes über den Vergleich mit den zurückliegenden Aufzeichnungen automatisiert bewertet werden kann. Sobald ein Gefährdungspotenzial aus den Daten herausgelesen wird, werden daraus

Abbildung 1: Die Digitale Streckenbeobachtung mittels aufbereiteter Videodaten ermöglicht das Erkennen und Dokumentieren von Veränderungen im Gleisumfeld



Quelle: Universität Stuttgart/Timo Strobel

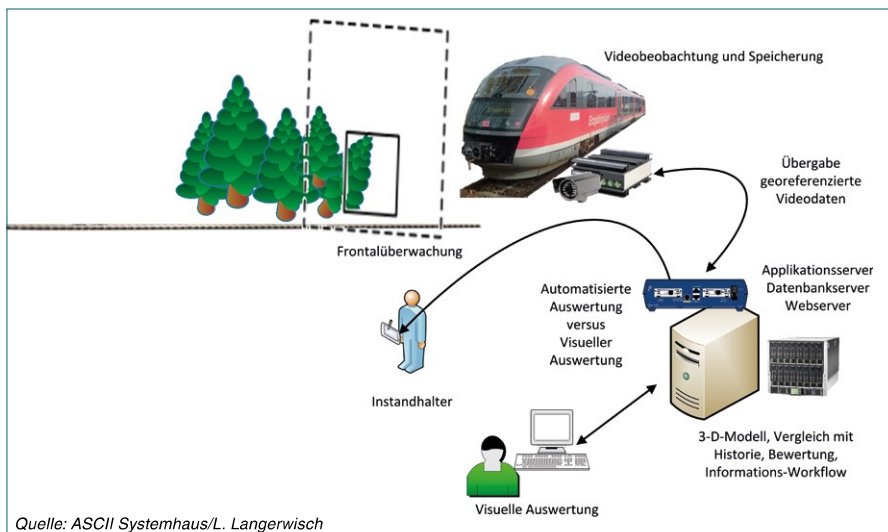


Abbildung 2: Systemkonzept: schematische Darstellung des Datenflusses zwischen Fahrzeugkameras, zentralem Server und Anwendern

zunächst Empfehlungen zum weiteren Vorgehen angezeigt, die von erfahrenem Fachpersonal überprüft und gegebenenfalls umgesetzt werden.

Die im Projekt erarbeitete Software soll somit zwar die Arbeitsschritte vereinfachen, aber die Experten zur endgültigen Einschätzung der Lage nicht ersetzen, sondern deren Arbeit durch objektive Daten unterstützen. Dies erfolgt unter anderem durch ein Werkzeug für die Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen, womit der heute vorhandene Papieraufwand verringert wird.

So werden objektive Zustandsdaten mit Expertenwissen verknüpft, um daraus den aktuellen Instandhaltungsbedarf und eine verbesserte Planung der Arbeiten mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen abzuleiten. Zusätzlich ist es Teil der Aufgabenstellung, fallbezogenes Expertenwissen anhand der getätigten Entscheidungen zu erfassen und zu klassifizieren. Damit wird den Entscheidern ermöglicht, sowohl auf Informationen über frühere Situationen zurückzugreifen als auch gegebenenfalls zuvor getroffene Entscheidungen nachzuvollziehen.

Wird das System ZuG allerdings einmal im Regelbetrieb eingesetzt, ergibt sich daraus eine Veränderung der Betriebsverfahren und der Betriebsmittel. Um die Zuverlässigkeit des Systems nachzuweisen, muss der Infrastrukturbetreiber im Rahmen seines Sicherheitsmanagementsystems eine Risikobewertung durchführen, und zwar nach den Verfahren, welche in der europäischen Durchführungsverordnung über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken<sup>[2]</sup> festgelegt sind. Das Zusammenspiel aus Hard- und Software mit den betrieblichen Abläufen legt nahe, dass die Risikoanalyse gemeinsam mit den jeweiligen Herstellern der Hard- und Softwarekomponenten erfolgen sollte.

## Betrieblicher Nutzen

Das im Projekt ZuG entwickelte System unterstützt Verantwortliche in vielen Bereichen des Eisenbahnbetriebs. Dies reicht vom Triebfahrzeugführer über den ausführenden Instandhalter bis hin zum Anlagenverantwortlichen. Im Folgenden sind einige Beispiele skizziert, die den Nutzen von ZuG für die Akteure verdeutlichen.

Die Erfahrung zeigt, dass Rückmeldungen von Triebfahrzeugführern über den Streckenzustand subjektiv sind und deshalb eine große Streuung zeigen. Ein gewissenhafter und erfahrener Triebfahrzeugführer ist in der Lage, belastbare Aussagen über den Zustand der Infrastruktur zu treffen. Allerdings kann die Bewertung derselben Situation durch unterschiedliche Personen unterschiedlich ausfallen. Daher ist es sinnvoll, ein System wie ZuG zu nutzen, da es einen gleichbleibenden und nachvollziehbaren Bewertungsmaßstab verwendet.

Die Instandhalter sind für ihre alltäglichen Aufgaben auf präzise Informationen über die Infrastruktur angewiesen, und zwar sowohl in Bezug auf den Zustand als auch zusätzlich auf Besitzverhältnisse. ZuG ermöglicht es, von mobilen Endgeräten aus auf eine zentrale Datenbank zuzugreifen. Das als kritisch eingestufte Umgebungsobjekt wird in einer Bildaufzeichnung der letzten Befahrung markiert. Dies ist vor allem dann hilfreich, wenn sich mehrere vergleichbare Objekte in der Nähe zum kritischen Objekt befinden. Ein Beispiel dafür ist eine Reihe von Bäumen, von denen sich nur einer kritisch bewegt hat. Bislang kann es passieren, dass Instandhalter Aufträge für die Beseitigung von kritischen Objekten bekommen, welche auf angrenzenden Nachbargrundstücken stehen. Zur Vermeidung dieser Situation ist ZuG in der Lage, digitale Flurstückpläne anzuzeigen und Objekte diesen Flurstücken zuzuordnen. So kann

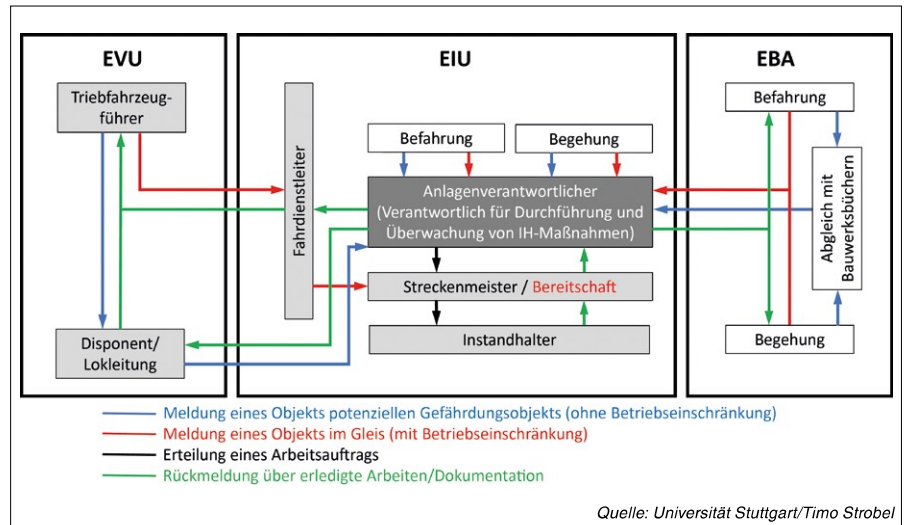


Abbildung 3:  
Informationsfluss für die  
Instandhaltungsplanung  
und -dokumentation

sichergestellt werden, dass auf Basis der Information aus ZuG der zuständige Grundstückseigner in Zukunft schneller über die Gefährdung informiert und auf seine Verkehrssicherungspflicht hingewiesen wird.

Der Anlagenverantwortliche ist derzeit in der Situation, dass bei ihm alle relevanten Daten zum Zustand der Strecke zusammenlaufen und er gegenüber der Aufsichtsbehörde den Zustand sowie erledigte und geplante Maßnahmen dokumentieren muss. Abbildung 3 stellt diesen Informationsfluss für solche Situationen zwischen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) und EBA dar, aus denen keine erheblichen Sach- oder Personenschäden hervorgehen. In allen anderen Fällen greifen der Notfallplan und die Verantwortung des Notfallmanagers. Die Abbildung zeigt, dass der Anlagenverantwortliche eine wichtige Schnittstellenposition besitzt.

Mit ZuG ist der Anlagenverantwortliche zukünftig in der Lage, seinen Pflichten leichter und effizienter nachzukommen. Dies reicht von der schnelleren Durchführung dringend erforderlicher Sofortmaßnahmen, wie zum Beispiel bei einem Baum, der zeitnah umzustürzen droht, bis hin zur vereinfachten Planung und Dokumentation von langfristig vorbereiteten oder nur saisonal durchführbaren Instandhaltungsmaßnahmen.

### Wirtschaftlicher Nutzen

Sobald das System ZuG seine Tauglichkeit bewiesen hat, können durch seinen Einsatz die Instandhaltungsplanung verbessert und die Streckenverfügbarkeit erhöht werden. Dies ist von volkswirtschaftlichem Nutzen und erklärt die öffentliche Förderung des Projekts. Die neuartigen Fragestellungen legen den Grundstein dafür, dass durch die digitale Streckenbeobachtung ein Teilbereich der Automatisierung des

Bahnverkehrs vorangetrieben wird, der bislang kaum Beachtung fand.

So können zum Beispiel Überwachungsintervalle, also Begehung und Befahrung, sukzessive verlängert und damit die Infrastrukturkosten insgesamt gesenkt werden, was zunächst den Infrastrukturunternehmen zugutekommt. Darüber hinaus sind durch die kontinuierliche Überwachung des Gleisumfelds eine verbesserte zeitliche und räumliche Koordinierung und Planbarkeit von Instandhaltungsmaßnahmen zu erwarten. Diese positiven Auswirkungen auf die Infrastrukturbetreiber können und sollten anschließend auch auf die Verkehrsunternehmen durchschlagen. Durch eine mögliche Vereinfachung der Netzzugangskriterien sowie Anreize über vergünstigte Trassenpreise könnte eine flächendeckende Fahrzeugausrüstung gefördert werden.

### Gesellschaftlicher Nutzen

Aus dem eben erwähnten volkswirtschaftlichen Nutzen lässt sich natürlich auch ein gesellschaftlicher Nutzen ableiten, indem Kosten zum Vorteil aller Bürger gesenkt werden. Darüber hinaus trägt ZuG aber auch zur Daseinsfürsorge bei. Sowohl durch eine höhere Zuverlässigkeit als auch durch eine bessere Streckenverfügbarkeit bekommt der Bahnverkehr insgesamt die Chance, planbarer und für Kunden damit attraktiver zu werden. Kann man diese Entwicklung verstetigen, könnte dies zu einer Verschiebung des Modal Splits in Richtung der Schiene führen, was Ressourcen schont und zum Umweltschutz beiträgt.

Um diesen Nutzen voll entfalten zu können, müssen in der Folge dieses Projekts noch weitere Aspekte untersucht werden. Dazu gehört sicherlich die Gestaltung einer offenen Schnittstellenstruktur zum Planungstool Building Information Modelling (BIM)

sowie eine adäquate Vernetzung der Akteure, damit beide Systeme sich sinnvoll ergänzen können. Dies schafft Transparenz zwischen den Akteuren im System Bahn, so dass Bauprojekte über ihren gesamten Lebenszyklus, von der Planung über den Bau bis zur Instandhaltung, lückenlos überwacht und dokumentiert werden können.

Ein weiterer Aspekt ist die Einbindung von ZuG in das Notfallmanagement der Verkehrsunternehmen. Dies erfordert jedoch eine sichere Datenübertragung und digitale Kommunikation, was allerdings in zahlreichen Projekten bereits parallel erarbeitet wird.

## Die Projektpartner und ihre Kompetenzen

Um diese Aufgabenstellung und ihre Herausforderungen zu meistern, hat das EBA als Konsortialführer Projektpartner zusammengeführt, die sich in ihren Kompetenzen ergänzen. Die eigene Rolle des EBA im Projekt liegt in der Überwachung des Rechtsrahmens und der Organisation des Projekts, was durch das kürzlich gegründete Referat 52 für Umwelt und Forschung erfolgt. Die Aufgaben und Verantwortungsbereiche der weiteren Projektpartner ergeben sich aus ihren Kompetenzen und werden im Folgenden in alphabetischer Reihenfolge kurz skizziert.

Die ASCI Systemhaus GmbH verfügt über jahrzehntelange Erfahrung im Bereich von Eisenbahn-Software. Insbesondere stehen die Nutzeranwendungen auf lokalen und mobilen Geräten sowie die Datenhaltung im Hintergrund in ausreichender Qualität und Zuverlässigkeit zur Verfügung. Da es sich bei den erfassten Daten zunächst um sensible Informationen handelt, werden entsprechende Sicherheitsmethoden angewendet und eine Software-Zertifizierung erwirkt.

Die DB RegioNetz GmbH steht dem Projekt als Praxispartner zur Seite. Die Infrastruktur der Erzgebirgsbahn eignet sich durch ihre engen Radien, ihren dichten Bewuchs entlang der Strecke und die vier Generationen verbauter Leit- und Sicherungstechnik sehr gut, um eine möglichst große Anzahl an realen Situationen nachzubilden. Mit anderen Worten: Wenn das System dort gut arbeitet, dann beherrscht es nahezu jedes Gleisumfeld in Deutschland.

Das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) ist auf die digitale Auswertung von großen Datenmengen spezialisiert, unter

anderem auch für 3D-Videodaten. Das IAIS hat seine projektspezifische Expertise in einem früheren Projekt zur Inspektion von Kanalnetzen erworben. Mit dem IAIS-Knowhow wurde eine virtuelle Begehung der Kanalnetze ermöglicht, welche durch Algorithmen zur Bilderkennung eher an die Funktionsweise des menschlichen Auges angelehnt sind als an branchenspezifische Spezifikationen.

Der Lehrstuhl Schienenfahrzeugtechnik an der Universität Stuttgart stellt durch die Betrachtung des theoretischen Fundaments die wissenschaftliche Basis des Projekts sicher. Darüber hinaus werden aktuelle, betriebliche Prozesse dokumentiert und Daten für die Softwareentwicklung bereitgestellt. Schließlich widmet sich die Universität Stuttgart durch wissenschaftliches Vorgehen noch der zentralen Frage „Ab wann ist ein Objekt in einem kritischen Zustand?“.

## Ausblick

Die Aufgabenstellung und Bearbeitung des Projekts stellt einen zukunftsweisenden Beitrag zur Nutzung digitaler Technologien dar. Die Zusammensetzung der Projektpartner mit ihrer Mischung aus bodenständigen Eisenbahnern und visionären Digitalexperten steht dabei für eine Umsetzung mit Augenmaß innerhalb des Kontextes, der gerne mit dem Schlagwort „Digitalisierung“ bezeichnet wird. Das heißt, die Möglichkeiten der digitalen Technologien werden genutzt, um Prozesse zu vereinfachen und Betriebsverfahren zu unterstützen, ohne dabei die realen physikalischen Bedingungen des Rad-Schiene-Systems zu vernachlässigen. ■

### Lesen Sie auch

#### **Mensch, Macht und Maschine: 5 Dimensionen der Technik**

Deine Bahn 10/2017, ab Seite 28

#### **Der Bahnbetrieb auf dem Weg zur Digitalisierung und Automatisierung**

Deine Bahn 9/2017, ab Seite 6

#### **Rucksteuerung: Komfortanforderung mit rechtlichen Auswirkungen**

Deine Bahn 2/2017, ab Seite 24

## Quellen

- [1] <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/zustandsueberwachung-des-gleisumfeldes-zug.html?nn=326002>.
- [2] Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 352/2009.