

Optische Erfassung von Isolierstößen für die Schadbildanalyse

Isolierstöße sind hochbelastet. Sie trennen Gleisfreimeldeabschnitte und wirken als Systemtrennstellen. Ein mobiles System erleichtert künftig die visuelle Bewertung.

HENRIK VON DER HAAR | DENNIS CLARK |
MAX KAISER

Die Erfassung und Überwachung von Streckenmerkmalen direkt aus Regelfahrzeugen ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer prädiktiven Instandhaltung der Infrastruktur. In enger Zusammenarbeit mit der DB InfraGO AG und der S-Bahn Berlin GmbH hat die DB Systemtechnik GmbH hierfür ein innovatives Kamerasystem entwickelt, die Nachweisführung übernommen und in einen Viertelzug der Baureihe 481/482 integriert. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

Motivation

Mit dem technischen Fortschritt im Bereich der kamerabasierten Objekterkennung erschließen

sich zunehmend Einsatzfelder in der Eisenbahninstandhaltung. Insbesondere die visuelle Überwachung des Gleisoberbaus mithilfe bildgebender Sensorik gewinnt für Eisenbahninfrastrukturunternehmen an Bedeutung. Durch die Integration dieser Perzeptionstechnik in Schienenfahrzeuge können potenzielle Schäden frühzeitig erkannt, kann die Planungssicherheit erhöht sowie die betriebliche Verfügbarkeit der Infrastruktur verbessert werden. Hierfür werden häufig dedizierte Messzüge eingesetzt, die jedoch zusätzliche Life-Cycle- und Personalkosten verursachen. Zudem gestaltet es sich trotz aufwendiger Disposition oft schwierig, Mess- und Inspektionsfahrten zusätzlich in den Betrieb einzubinden. Messsysteme auf regulär verkehrenden Zügen bieten hingegen einen erheblichen Vorteil: Sie ermöglichen eine engmaschige und nahezu kontinuierliche Überwachung des befahrenen Fahrwegs ohne Auswirkung auf den Regelbetrieb. Ein Beispiel hierfür ist

das Continuous Track Monitoring (CTM) [1, 2, 3] der DB Systemtechnik, ein erprobtes System zur Ermittlung der Gleishöhenlage und -verwindung (Höhenlagefehler), das bereits auf 16 Fahrzeugen unterschiedlicher Baureihen erfolgreich eingesetzt wird. Durch die hohe Wiederholrate dieser Fahrten entsteht eine belastbare Trendbeobachtung, die eine vorausschauende Planung und damit den Weg für eine prädiktive Instandhaltung ebnet.

Isolierstoß im Fokus

Eine besondere Rolle bei der Instandhaltung nehmen Isolierstöße ein: Sie sind wesentliche Bauteile der Gleisfreimeldeanlage und zählen gleichzeitig zu den mechanisch am stärksten beanspruchten Komponenten des Oberbaus. Der Isolierstoß trennt zwei Schienenenden elektrisch, indem zwischen ihnen ein isolierendes Kunststoffelement eingefügt wird ([4] S. 26 ff). Typische Schadbilder umfassen Überwalzun-

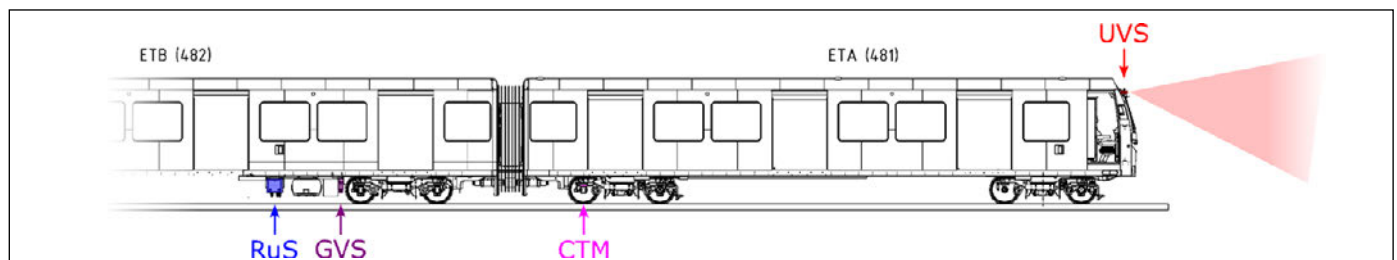


Abb. 1: Systemüberblick des Kamerasystems CTM-VM in Verbindung mit der CTM-Sensorik auf der Baureihe 481 (ETA) / 482 (ETB)

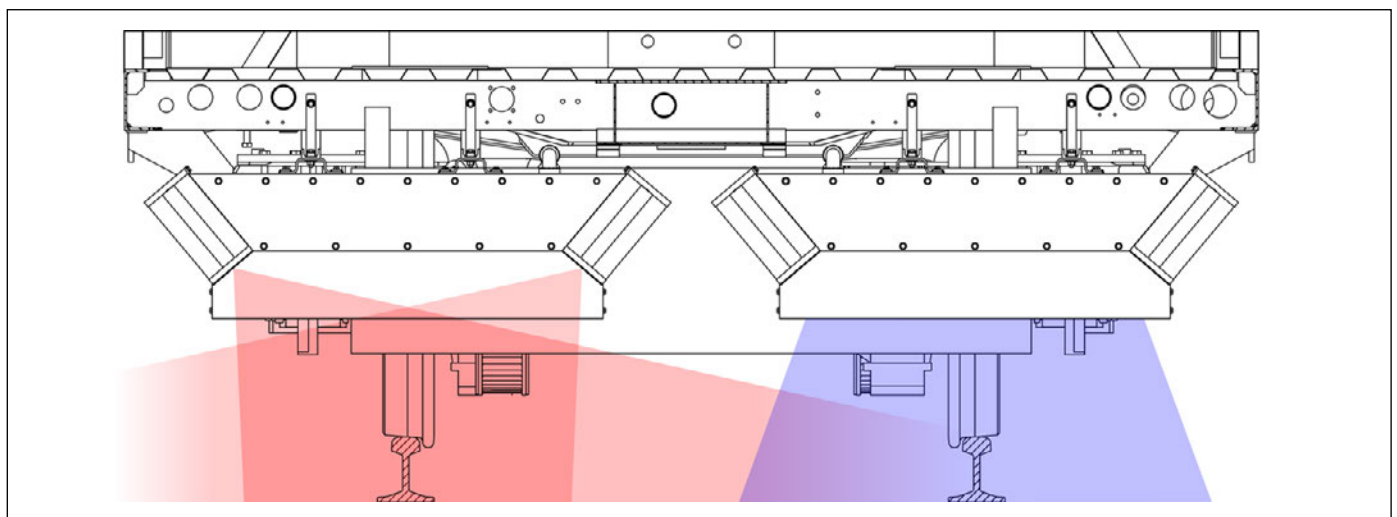


Abb. 2: Veranschaulichung der Öffnungswinkel von zwei Zeilenkameras (rot) sowie einer LED-Linienbeleuchtung (blau) des Gleisvideosystems



Abb. 3: Fotoaufnahme des CTM-VM: a) Gleisvideosystem (GVS); b) Rechen- und Speichersystem (RuS); c) Umfildvideosystem (UVS); d) Aufnahme des Umfildvideosystems (Foto beschnitten)

gen der Schienenkanten sowie Abnutzung und Materialausbrüche im Fugenbereich, Fehler am Isoliermaterial oder an der Verschraubung der Laschen. Hohllagen an angrenzenden Schwellen im darunterliegenden Schotterbett verstärken diesen Verschleiß besonders. Eine Instandsetzung von Isolierstößen ist nur nachhaltig, wenn sowohl die Korrektur der Gleislage als auch eine schienentechnische Bearbeitung erfolgen. Die Sichtprüfung dieser Bauteile erfolgt im Rahmen der Regelbegehungen durch den Anlagenverantwortlichen (ALV) per Augenschein. Die Bewertung richtet sich an den in der Ril 821.2007A05 [5] dokumentierten Schadens-

klassen aus, wobei eine Abgrenzung von Klassen nicht durchgängig mit metrologischen Kriterien unterlegt ist. Daher basiert die Bewertung vorwiegend auf der fachlichen Kompetenz des ALV. Aus dieser Bewertung leitet der ALV die erforderlichen Maßnahmen zur Instandhaltung bzw. zur Instandsetzung ab.

Wegen ihrer hohen betrieblichen Relevanz, dem ausgeprägten Verschleißverhalten und der bislang praktizierten Bewertung per Augenschein bietet sich ein kontinuierliches, kamerabasiertes Monitoring an, um eine effiziente Instandhaltung zu unterstützen. Es ergänzt die Sichtprüfung des ALV durch häufige, verortete Abbildungen und

erfasst somit auch Veränderungen über die Zeit, die unmittelbar nach einer Inspektion auftreten können und somit zunächst verborgen bleiben. Darüber hinaus können automatisierte Analyseverfahren den ALV entlasten und machen gleichzeitig kritische Befunde früher sichtbar.

Ein anschauliches erstes Anwendungsszenario sind die Isolierstöße im Netz der Berliner S-Bahn. Parallel zum Projekt „Langlebigkeit“ der S-Bahn Berlin wurde ein Viertelzug der Baureihe 481/482 mit CTM und dem im Folgenden ausführlicher beschriebenen CTM-Videomonitoring (CTM-VM) als Demonstrator ausgestattet. Darauf aufbauend können Softwarelösungen



Abb. 4: Beispielhafte Aufnahme eines Isolierstoßes durch das Gleisvideosystem

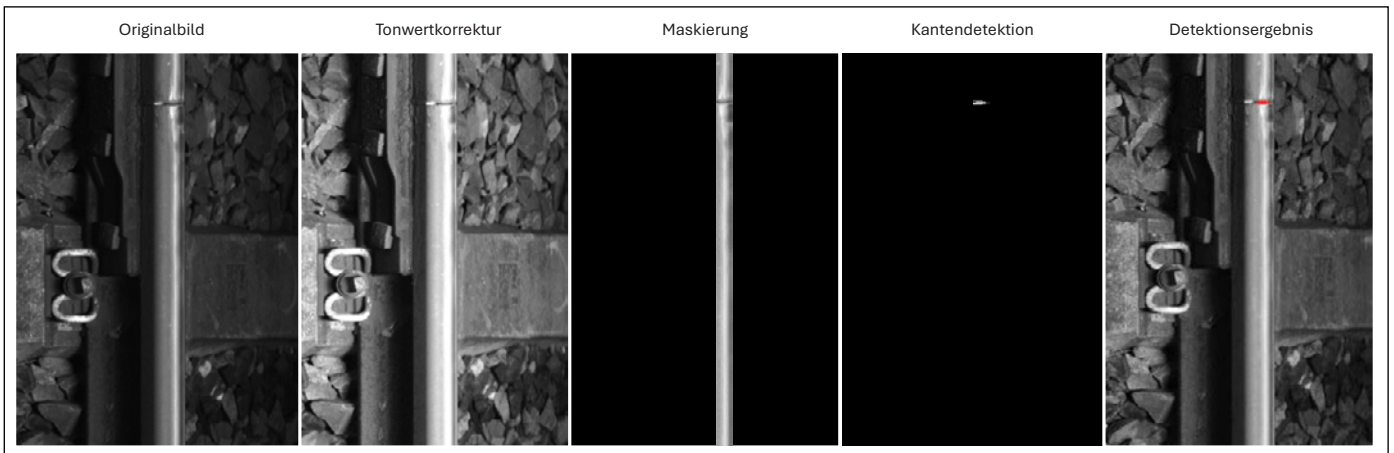


Abb. 5: Beispiel für eine Verarbeitungskette durch konventionelle Bildverarbeitung

schrittweise erweitert und unter Realbedingungen erprobt werden. Die Verfahren und Schnittstellen sind modular und lassen sich auf weitere Oberbaukomponenten übertragen.

CTM und CTM-VM im Verbund

Das System CTM-VM kann sowohl als Erweiterung des bestehenden CTM als auch als eigenständiges, unabhängiges Bilderfassungssystem eingesetzt werden. Im vorliegenden Beitrag wird die kombinierte Anwendung von CTM und CTM-VM vorgestellt und deren Nutzen für eine umfassendere Zustandsbewertung der Gleisinfrastruktur erläutert.

Das CTM der DB Systemtechnik basiert auf der Analyse von Signalen von Beschleunigungs-

sensoren, welche auf dem Radsatz montiert sind. Die Auswertung der Signale ermöglicht eine Beurteilung der Gleisgeometrie in Längsrichtung sowie die Identifikation größerer Fahrflächendefekte je Schiene.

Mit der technischen Weiterentwicklung können auch impulsartige Ereignisse – wie die Überfahrt von Herzstücklücken oder Isolierstößen – erkannt werden. Diese Ereignisse dienen als Kennzeichnung für das gekoppelte CTM-VM, das die entsprechenden Aufnahmen des Kamerasystems zum jeweiligen Überfahrtszeitpunkt aus einem Ringspeicher entnimmt und bereitstellt. Diese Kombination von CTM und CTM-VM bietet somit den Vorteil, dass relevante Bilder direkt nach der

Erfassung vorselektiert werden, wodurch der Rechen- und Speicherbedarf gegenüber der vollständigen Aufzeichnung und Verarbeitung erheblich reduziert wird.

Systemaufbau

Das CTM-VM besteht aus drei Teilsystemen: dem Gleisvideosystem (GVS), dem Umfeldvideosystem (UVS) sowie dem Rechen- und Speichersystem (RuS). Die Abb. 1 bis 3 zeigen diese Teilsysteme schematisch und als Fotoaufnahme.

Das GVS ist im Unterflurbereich des Elektrotriebwagen B (ETB) installiert und umfasst zwei identische Systemgehäuse, die eine beidseitige Aufzeichnung der Schienen ermöglichen. In jedem Gehäuse sind zwei hochauflösende

Station	Linie	Y	X	Z
Berlin Hackescher Markt	BHXH	DE18067	HP	600.10
Berlin Bornholmer Straße	BB05	DE18039	BF	640.9
Berlin Bundesplatz	BBUP	DE38054	BF	500.9
Berlin-Nikolassee (stadtbahn)	BNIS	DE11093	HP Üst	600.4
Berlin Südkreuz (vorortbahn)	BSKV	DE38945	BF	600.5
Blankenfelde (fr. Teufow-Fließing) S-Bahn	BBFD	DE11326	HP	690.1

Abb. 6: Demonstrator eines Dashboards als Vorlage für das Produktsystem des ALV mit Kameraansichten und Historie für einen beispielhaften Isolierstoß im Netz der S-Bahn Berlin

Zeilenkameras integriert. Die resultierende Auflösung in der Gleisebene beträgt 1 Pixel \approx 0,58 mm. Zur gleichmäßigen Ausleuchtung des Gleisbetts ist zwischen zwei Kameras je eine leistungsstarke LED-Linienleuchte angeordnet. Die Kameragehäuse verfügen über eine integrierte Heizung, um ein Beschlagen oder Vereisen der Schutzscheiben zu verhindern. Die Kameras selbst sind beidseitig versetzt über den Schienen montiert und um 50° gegen die Horizontale geneigt, sodass die Schienenköpfe im Zentrum der Bildfelder liegen, wie in Abb. 2 verdeutlicht.

Die Auslösung der Kameraaufnahmen erfolgt über einen systemeigenen Drehimpulsgeber, der alle 0,58 mm Fahrstrecke eine neue Bildzeile anstößt, sodass eine kontinuierliche Aufnahme erzeugt wird. Das Umfeldvideosystem befindet sich neben der Zugzielanzeige hinter der Frontscheibe des Elektrotriebwagen A (ETA), oberhalb des Triebfahrzeugführers. Es besteht aus einer Farbkamera, die in einem Kameragehäuse verbaut ist. Mit diesem System lassen sich lokalisierte Fehler im Gleisbereich leichter auffinden. Zudem kann der ALV bei der Schadensbewertung das unmittelbare Gleisumfeld berücksichtigen.

Das Rechen- und Speichersystem ist unterhalb des ETB integriert und über eine Datenverbindung mit den übrigen Teilsystemen sowie dem CTM verknüpft. Sein Aluminiumcontainer beinhaltet den Modulrechner mit Festspeicher, die Elektronik zur Signalverarbeitung und die Leistungsstufen sowie einen Spannungswandler zur Energieversorgung aller Teilsysteme. Relevante Aufnahmen werden vor dem automatischen Überschreiben durch eine Ringspeicherlogik über die CTM-eigene Mobilfunkverbindung an einen dedizierten Server übertragen, dort weiterverarbeitet und zukünftig dem ALV zur Verfügung gestellt.

J. HUBERT

TRADITION | KOMPETENZ | QUALITÄT

in Gleisbau und Schweißtechnik

jhubert – Hauptsitz | Bleichstraße 15 | 90429 Nürnberg
Tel.: (0911) 92684-0 | Fax: (0911) 92684-50 | mail: info@jhubert.de | www.jhubert.de

jhubert – Niederlassung | Harpener Str. 2 a | 44791 Bochum
Tel.: (0234) 90182-0 | Fax: (0234) 90182-50 | mail: info-bochum@jhubert.de | www.jhubert.de

Funktionsweise und Ergebnisse

Die Anlage realisiert mit den Zeilenkameras des GVS die dauerhafte Aufzeichnung des Fahrwegs und ermöglicht die automatische Befundung von Bauteilen im unmittelbaren Schienenbereich. Dabei werden insbesondere Schäden an Isolierstößen, Schienenkopfoberflächen (v.a. Fahrspiegel) und Befestigungselementen erfasst, inklusive zugehöriger Georeferenzen. Erkennt das CTM-System einen möglicherweise defekten Isolierstoß, so werden über den jeweiligen Zeitstempel die entsprechenden Bildausschnitte aus dem Ringspeicher extrahiert. Dies geschieht für die jeweils linke und rechte Kameraansicht des GVS, sodass zwei Ansichten für jede Auslösung seitens CTM angelegt werden.

Die beiden Ansichten werden um die entsprechende Aufnahme des UVS ergänzt. Hierfür wird ein Bild ausgewählt, das etwa 10 m vor der eigentlichen Schadstelle aufgenommen wurde. Dadurch entsteht ein umfassendes Schadensbild, da auch Setzungen des Oberbaus oder typische Hinweise auf Hohllagen – etwa „weißer Schotter“ – sichtbar werden. Die zusätzliche Kameraperspektive bietet darüber hinaus Potenzial für weitere Anwendungen, beispielsweise im Vegetationsmanagement.

Im Rahmen der Probefahrt konnten erste Funktionstests durchgeführt werden. Abb. 4 verdeutlicht die Leistungsfähigkeit des Systems: Isolierstöße mit Isoliermaterial, Laschen und Verschraubungen werden in hoher Detailtreue erfasst, ebenso weitere bauliche Merkmale des Gleises. Auf dieser Grundlage sollen anpassbare, automatisierte Bildauswertungswerkzeuge entwickelt und erprobt werden.

Mit dem Ziel, zunächst Isolierstöße zu detektieren und zu überwachen, ist die Übertragung ausgewählter Bildausschnitte über die Mobilfunkverbindung ausreichend. Um die begrenzte

Bandbreite nicht zu überlasten, werden die Aufnahmen daher bereits auf dem RuS mithilfe konventioneller Bildverarbeitungsverfahren analysiert und vorgefiltert, wie Abb. 5 beispielhaft zeigt. Durch die Kombination einfacher Bildverarbeitungsalgorithmen aus der OpenCV-Bibliothek [6] kann ein Großteil der vom CTM ausgelösten Aufnahmen, die keinen Isolierstoß enthalten – etwa solche mit einer Herzstücklücke – bereits vorab ausgesondert werden. Eine weitergehende Bewertung der Isolierstöße – einschließlich der Validierung der Verortungsdaten sowie dem rechenintensiven Einsatz von Machine-Learning-Algorithmen – ist serverseitig vorgesehen und befindet sich derzeit im Aufbau.

Zusammenfassung und Ausblick

Das System ist einsatzbereit und liefert erste verwertbare Daten aus einem Regelfahrzeug, das im Netz der S-Bahn Berlin unterwegs ist. Zentrale Aufgabe der nächsten Entwicklungsschritte wird es sein, Werkzeuge zu schaffen, die den ALV künftig bei der Schadbildanalyse unterstützen. Parallel dazu wird im weiteren Betrieb des Demonstrators ein Verfahren zur Übertragung der erfassten Daten in das Infrastruktur-Managementsystem des Netzbetreibers entwickelt. Abb. 6 zeigt den aktuellen Entwicklungsstand eines Dashboards für das Isolierstoßmonitoring, das in enger Abstimmung mit dem ALV für das Netz der S-Bahn Berlin entsteht und als Blaupause für die spätere Integration in das Produkktivsystem dient. ■

QUELLEN

[1] Wolter, K.-U.: „Erfahrungen mit On Board Track Monitoring“, gehalten auf der ÖVG-Fachtagung Monitoring Rad-Schiene 2021, Mauerbach, Österreich, Juni 2021

[2] Heland, J.; Wolter, K. U.; Heinrich, R.; Baumann, G.: „Continuous Infrastructure Monitoring der DB Systemtechnik“, DER EISENBAHNINGENIEUR 09/2024, S. 50–53, DVV Media Group GmbH, Hamburg

[3] Wolter, K. U.; Huang, L.; Löffler, F.; Heland, J.; Baumann, G.: „Continuous Track Monitoring – neue Wege der Instandhaltung“, DER EISENBAHNINGENIEUR 12/2024, S. 41–44, DVV Media Group GmbH, Hamburg

[4] Marx, L.; Moßmann, D.: „Arbeitsverfahren für die Instandhaltung des Oberbaus, 7., Überarb. u. erw. Aufl. in DB-Fachbuch. Berlin: Bahn Fachverl, 2011

[5] Stolz, C.: „Konzernrichtlinie 821.2007A05 – Isolierstöße an Schienenverbindungen beurteilen, 1. Juli 2016

[6] Bradski, G.: „The OpenCV Library“, Dr Dobbs J. Softw. Tools, 2000



Dr.-Ing. Henrik von der Haar

Referent für Perzeptionstechnik
henrik.von-der-haar
@deutschebahn.com



Dennis Clark, M.Sc.

Referent für Perzeptionstechnik
dennis.clark@deutschebahn.com



Dr.-Ing. Max Kaiser

Referent für Perzeptionstechnik
max.kaiser@deutschebahn.com

Alle Autoren:

DB Systemtechnik GmbH,
Minden (Westf.)

RAILWAY DIAGNOSTIC AND MONITORING CONFERENCE 2026

16. + 17. APRIL 2026

HYPERION HOTEL, HAMBURG

KNÜPFEN SIE WERTVOLLE KONTAKTE!

Nutzen Sie die Veranstaltung erneut als Bühne und werden Sie wieder Sponsor!

Profitieren Sie von unserem attraktiven Präsentationspaket.

Deadline ist am 6. März 2026.

Ich freue mich auf Sie.

Ihr Kontakt: Silvia Sander • E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com • Telefon: +49/40/237 14 – 171

