

Änderungen der Bahninfrastruktur im Regelbetrieb entdecken

Moderne Kamerasensoren ermöglichen eine automatisierte Zustandsüberwachung des Gleisumfeldes aus dem Blickwinkel des Triebfahrzeugführers.

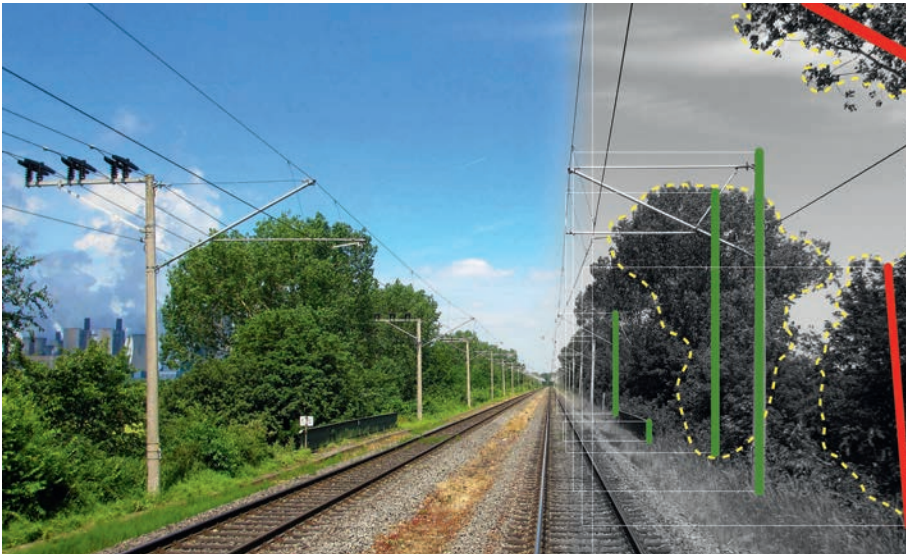


Abb. 1: Zustandsüberwachung des Gleisumfeldes – Projektidee

Quelle: IMA

LUTZ LANGERWISCH | PAVEL KLASEK

Ausgangspunkt von Gefährdungen des Bahnverkehrs sind oftmals Veränderungen von im Gleisumfeld befindlichen Objekten und Strukturen. Die Kenntnis darüber ist deshalb für die Streckeninstandhaltung von großer Bedeutung. Derzeit werden Abweichungen durch aufwendige regelmäßige Kontrollen festgestellt oder vom Triebfahrzeugführer (Tf) gemeldet. Im vom Modernitätsfonds „mFUND“ des BMVI geförderten Verbundprojekt „Zustandsüberwachung des Gleisumfelds“ (ZuG) wird der Demonstrator eines technischen Verfahrens zur Gleisumfeldbeobachtung entwickelt. Im Projekt werden bei der Befahrung der Strecke im Regelbetrieb Videodaten aufgenommen und anschließend analysiert, um rechtzeitig Veränderungen zu erkennen, erforderliche Schritte zur Instandsetzung einzuleiten und diese umfassend zu dokumentieren.

Instandhaltung der Infrastruktur

Die Instandhaltung der Infrastruktur ist für einen zuverlässigen, sicheren Eisenbahnbetrieb von großer Bedeutung. Zur Infrastruktur gehören jedoch nicht nur die technischen Einrichtungen und der Gleiskörper, sondern auch das Umfeld der Gleise.

Neben den regelmäßig stattfindenden Inspektionsfahrten und -gängen sind Meldungen der Tf eine wichtige Quelle für die Ermittlung des Instandhaltungsbedarfs (IH-Bedarf) und Planung der erforderlichen Arbeiten.

Die fortschreitende Digitalisierung des Schienenverkehrs ermöglicht neue Lösungen und Ideen für eine Interaktion zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen, was durch die moderne Sensorik der Schienenfahrzeuge unterstützt wird. Bei der Befahrung im Regelbetrieb wird bspw. die Infrastruktur mit Videokameras erfasst. Durch Auswertung der Videodaten könnten Abweichungen der Lage von Objekten und Strukturen im Gleisumfeld identifiziert, analysiert und klassifiziert werden, um daraus automatisiert den erforderlichen IH-Bedarf abzuleiten (Abb. 1). Im Vergleich zur Meldung durch den Tf ermöglicht die digitalisierte Erfassung eine objektive Beurteilung des Zustands.

Projektziele

Da die Untersuchung von Möglichkeiten zur automatischen Gleisumfeldbeobachtung und der Digitalisierung des Instandhaltungsprozesses (IH-Prozesses) eine komplexe Aufgabenstellung ist, wurde zur Bearbeitung ein Konsortium von an der Thematik interessierten Einrichtungen zusammengestellt. Unter Koordination des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) arbeiten seit 2017 die Firmen ASCI Systemhaus GmbH, DB RegioNetz Verkehrs GmbH in Kooperation mit der DB

RegioNetz Infrastruktur GmbH Erzgebirgsbahn und die Forschungseinrichtungen Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) sowie die Professur für Schienenfahrzeugtechnik an der Universität Stuttgart – Institut für Maschinenelemente (IMA) an diesen Aufgaben [1].

Die Hauptaufgabe ist die Überprüfung der These, dass während der Fahrt aufgenommene Videodaten so ausgewertet werden können, dass

- Veränderungen der Lage von Objekten über einen Zeitraum und gefährliche Objekte im Gleisumfeld sicher erkannt werden und
- der Grad der Gefährdung des Eisenbahnverkehrs durch fremde Objekte oder durch Objektveränderungen bestimmt werden kann.

Weiterhin soll gezeigt werden, dass die Digitalisierung und Formalisierung des IH-Prozesses zur besseren Planbarkeit und effektiven Umsetzung der IH-Maßnahmen beiträgt.

Zu diesem Zweck erfolgt bis Ende 2020 der Aufbau des ZuG^{3D}-Assistenzsystems zur Steuerung der Instandhaltung als Technologiedemonstrator.

Inhalt des Projekts ZuG

Für das zu betrachtende Gleisumfeld wird ein Schutzraum um das Lichtraumprofil des Gleises definiert. Der Schutzraum umfasst den Raum, in dem darin befindliche Objekte zu einer Gefährdung des Betriebs führen könnten. Mittels einer auf dem Triebfahrzeug montierten Stereo-Kamera werden während der Fahrt automatisch Videoaufnahmen erstellt und gespeichert. Nach Beendigung des Umlaufs werden die Daten vom Triebfahrzeug entsorgt, an eine Verarbeitungseinheit übertragen und in 3D-Modelle umgewandelt. In den 3D-Modellen werden eventuelle Schutzraumverletzungen detektiert. Zusätzlich wird durch einen Vergleich mit Aufnahmen aus der Vergangenheit ermittelt, ob signifikante Abweichungen bei Objekten aufgetreten sind. Danach erfolgt eine Klassifizierung auffälliger Objekte und die Übertragung zum Instandhaltungsmanager (IHM) für die Bearbeitung des IH-Prozesses. Im IHM erfolgt die Risikobewertung, die Erstellung von IH-Maßnahmen und die durchgängige Unterstützung des IH-Prozesses bis zur Umsetzung und Archivierung. Die dabei gewonnenen Informationen werden vom IHM ausgewertet und zur Qualifizierung der Prozesse genutzt.

Seit dem Projektstart sind international Untersuchungen mit ähnlichem Ansatz bekannt geworden, z.B. [2]. Dabei wird von dedizierten Systemen ausgegangen, die nicht für den kontinuierlichen Betrieb konzipiert sind. Im Gegensatz dazu ist der Ansatz in ZuG, eine möglichst kostengünstige, allgemein verfügbare Technik zu benutzen und diese im Regelbetrieb einzusetzen.

Rechtlicher und normativer Hintergrund

Das im Jahr 2019 innerhalb des EBA gegründete Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung befasst sich mit den Fragestellungen des rechtlichen und normativen Rahmens, die für den künftigen Einsatz derartiger, innovativer Systeme von zentraler Bedeutung sind [3]. Weltweit wird derzeit an künftigen Betriebskonzepten gearbeitet, um im Regelbetrieb auf den Einsatz von Tf zu verzichten [4, 5]. Dafür ist eine sichere, zuverlässige und frühzeitige Erkennung von Gefährdungen, und zwar nicht nur im Rahmen der Hinderniserkennung im Fahrweg, sondern auch an Objekten und Strukturen im Gleisumfeld erforderlich. Die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung fordert im §45 (1) und (2) ausdrücklich, dass arbeitende Triebfahrzeuge mit einem Tf zu besetzen sind, welcher sich während der Fahrt im Führerstand befinden muss [6]. Gemäß Fahrdienstvorschrift der Deutschen Bahn (DB) müssen „*gefährdende Umstände*“ (Ril 408.0541) gemeldet und die „*Strecke durch den Tf beobachtet*“ (Ril 408.2341) werden [7]. Betrachtet man das autonome Fahren (ATO – Automated Train Operation), bei dem sich im Regelbetrieb kein Tf mehr im Führerstand befindet, muss diese Pflicht durch eine technische Lösung realisiert werden. Ein wesentlicher Nutzen des Projekts ZuG ist es, wenn aufgezeigt werden kann, dass die oben genannten Aufgaben des Tf bei Vorhandensein entsprechender Nachweise ersetzt werden könnten. Für die produktive Nutzung wäre in den Normen die Feststellung einer neuen Kontrollart „*kamerabasierte Überwachung*“ erforderlich.

EIU und EVU

Die Aufgabe von Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) ist die Bereitstellung der Infrastruktur gemäß der betrieblichen, technischen und rechtlichen Anforderungen der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und des Gesetzgebers. Mittels des ZuG^{3D}-Assistenzsystems wird ein zusätzlicher Informationskanal zwischen EVU und EIU geschaffen, der das EIU bei der Erfüllung seiner Aufgaben unterstützt.

Der ZuG^{3D}-Demonstrator

ZuG^{3D} ist als Assistenzsystem konzipiert. Die Umsetzung erfolgt mit am Markt verfügbaren Standardkomponenten. Er stellt keine sicherheitsrelevante Komponente des Bahnbetriebs dar. Die Prozesskette im Demonstrator zeigt Abb. 2.

Fahrzeugausrüstung

Zuerst wurden Mono-Kameras eingesetzt. Diese verursachten aufgrund fehlender Referenzgrößen jedoch Skalenzerrungen innerhalb der Aufnahmen, wodurch keine Vermessung von Objekten in den 3D-Geländemodellen möglich war. Durch Einsatz eines Stereokamerasystems mit fixer Baseline konnte eine Referenz geschaffen werden, die eine kontinuierliche Skala innerhalb eines Modells gewährleistet und somit einen Vergleich unterschiedlicher Modelle ermöglicht. Es wird eine Auflösung von 1920x1080 Pixel und einer Frequenz von 30 Bilder/s verwendet. Die Übertragung der Videodaten und die Stromversorgung erfolgen über eine USB 3.0-Schnittstelle.

Automatisierte Bilddatenverarbeitung

Die Modellrekonstruktion basiert auf dem Direct-Sparse-odometry-Verfahren [8], mit dem die dreidimensionale Darstellung der Szene aus den Videodaten berechnet wird. Danach werden die Objekte, die in den Schutzraum einragen, geclustert und vermessen. In regelmäßigen Zeitabständen bzw. auf Anfrage werden die 3D-Geländemodelle eines Streckenabschnitts mit dem vorherigen Zustand verglichen und Unterschiede identifiziert. Die Objektart wird mit einer pixelweisen Semantischen Segmentierung unterschieden.

Instandhaltungsmanager (IHM)

Für das IH-Management stellt ZuG^{3D} eine integrierte Webanwendung bereit, die für die stationäre und mobile Verwendung konzipiert ist. Der IHM erhält von der zentralen 3D-Einheit (Z3D) eine Information über Auffälligkeiten in den ausgewerteten Videoaufnahmen. Auch beliebige Melder können Auffälligkeiten über ein Userinterface mitteilen. Diese Melder werden durch Auswahlfunktionen und einer kartographischen Darstellung zur Markierung des Ortes der möglichen Gefährdung bei der Eingabe unterstützt. Zusätzlich ist ein Upload von Bildern möglich.

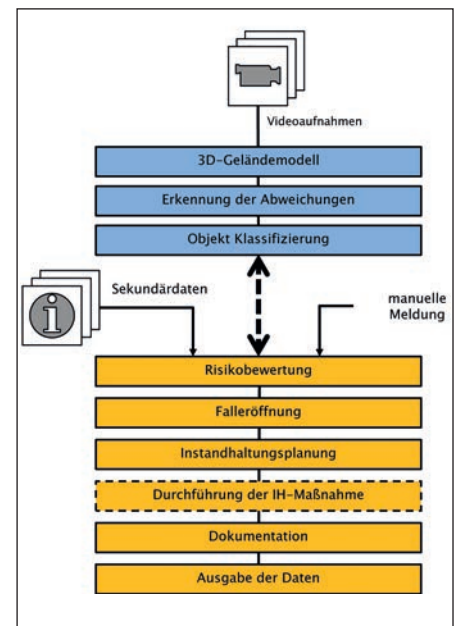


Abb. 2: Prozessablaufdiagramm des ZuG^{3D}-Assistenzsystems, zentrale 3D-Einheit (blau), IHM (orange) Quelle: EBA

Die Nutzer des IHM bekommen durch Zuordnung von Rollen ihre Berechtigungen im System. Ein Nutzer kann mehrere Rollen besitzen oder temporär übertragen bekommen, um die Nutzung zu flexibilisieren.

Im IHM werden folgende Prozessschritte einer IH-Maßnahme in der Software abgebildet:

- Entgegennahme von
 - Katalogdaten über Fahrten mit Videoaufnahmen
 - Meldungen über Auffälligkeiten
- Prüfen und
 - Korrektur der Angaben in den Meldungen
 - Bestimmen der geografischen Lage des Gefährdungsobjekts
- Bestimmung der Relevanz und des Risikos
- Erstellen eines Instandhaltungsvorgangs (IH-Vorgangs) mit Festlegungen
 - durchzuführender IH-Maßnahmen,

ATLAS HANNOVER


Zweiwegebagger
Atlas AB 1604 ZW



- junge Maschinen
- viele Anbaugeräte
z.B. Hammer, Schwellenfach-, Sortiergreifer ...
- regelmäßig gewartet
- Bahnabnahme
- Rückfahrkamera
- Zusatzkreislauf Stopfgerät

Schienenscheren

MFSRC-240
bis 52 kg/mtr. Schiene
Gewicht: 2.500 kg
Trägergerät ab 19 to.



ATLAS HANNOVER Baumaschinen GmbH & Co.
Bremer Straße 6
30880 Laatzen
Tel.: 05102/7004-32
Fax: 05102/7004-44
Ansprechpartner: Erik Manowski
E-Mail: manowski@atlas.hannover.de



**Vermietung,
Verkauf und Service**

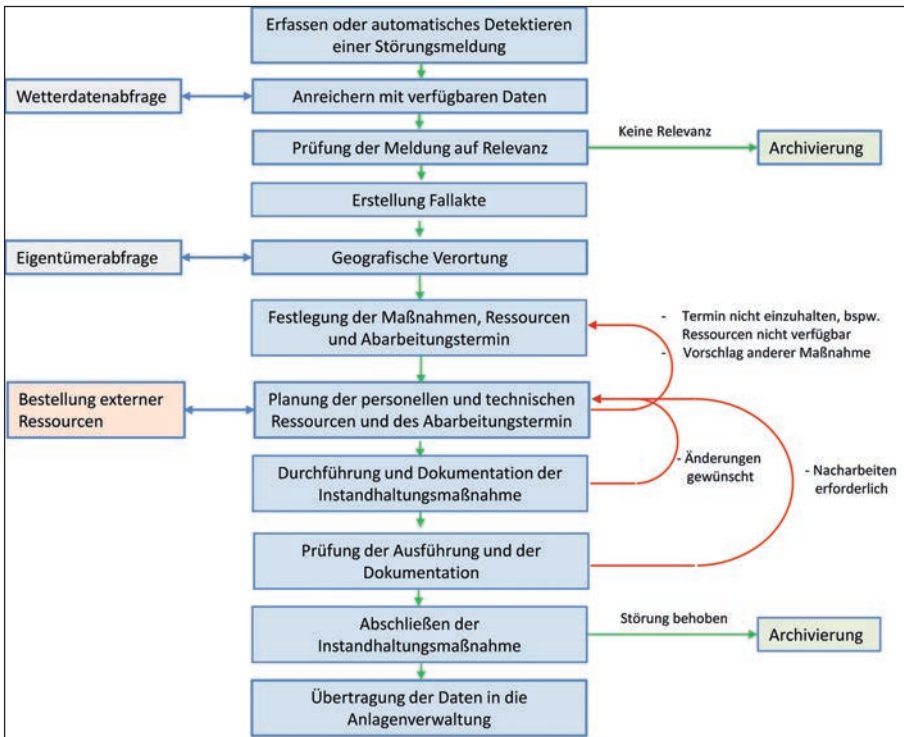


Abb. 3: Schritte der Meldungsverarbeitung im IHM

Quelle: ASCI

- des Bearbeitungszeitraums der IH-Maßnahmen mit Abschlussdatum,
 - des konkreten Bearbeitungstermins,
 - von Personal und Geräten zu den IH-Maßnahmen und
 - der Beschaffung externer Ressourcen
 - Zeitliche Überwachung der Durchführung der angeordneten IH-Maßnahmen
 - Unterstützen bei
 - Dokumentation,
 - Kontrolle und
 - Abnahme der IH-Maßnahmen
 - Schließen und Archivierung des IH-Vorgangs.
- Abb. 3 zeigt den Workflow der Meldungsverarbeitung. Mit der integrierten Terminverwaltung können auch längerfristige IH-Maßnahmen und zyklische Überwachungen und Inspektionen verwaltet werden.

Schnittstellen Z3D-Einheit und IHM

In Bahnsystemen ist die Bestimmung des Ortes mithilfe der Streckennummer und der Kilometrierung üblich, so auch bei der DB Netz. Da während der Videoaufnahmen die zugehörigen geografischen Informationen parallel mit GPS erfasst werden, wurde es erforderlich ein Verfahren zu definieren, wie aus den GPS-Daten ein hinreichend genauer Kilometrierungswert zur Ortsbestimmung berechnet werden kann. In ZuG^{3D} werden dafür Anlagen als Referenzpunkte verwendet, die mit einem Kilometrierungswert und den Geokoordinaten vom IHM verwaltet und der Z3D-Einheit initial übergeben werden. Sie wurden so gewählt, dass sie im Video eindeutig identifiziert werden können. Die Z3D-Einheit berechnet den Abstand zum Re-

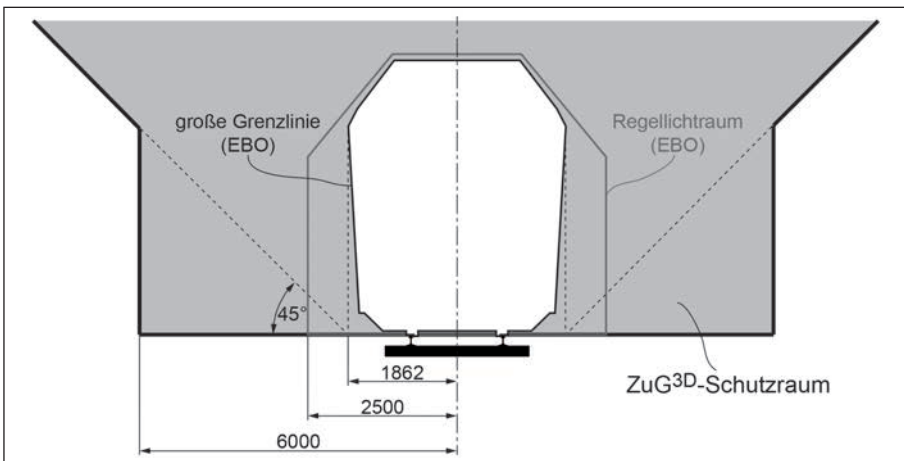


Abb. 4: Beispiel des ZuG^{3D}-Schutzraums als Kombination von U- und V-Profil

Quelle: IMA

ferenzpunkt und daraus die Kilometrierung für den betreffenden Ort. Für die Definition des Schutzraums eines Gleisabschnitts wird links und rechts des Gleises ein Bereich festgelegt, in dem ein Objekt eine Gefährdung des Bahnverkehrs auslösen könnte. Für den Querschnitt wird zum Beispiel häufig ein U- oder V-Profil verwendet (Abb. 4). Im IHM können die Maße des Profils frei definiert werden, sodass die Möglichkeit besteht, z.B. erforderliche Sichtachsen des Straßenverkehrs an Bahnübergängen zu berücksichtigen. Der IHM überträgt diese Daten initial zur Z3D-Einheit. Die Überlagerung mehrerer Profile ist ebenfalls möglich. Nach Auswertung der Videodaten übergibt die Z3D-Einheit dem IHM die GPS-Position und den Kilometrierungswert einer detektierten Auffälligkeit, die klassifizierte Objektart und die gemessene Größe des auffälligen Objekts. Zusätzlich wird ein frontales Bild übergeben, in dem das auffällige Objekt markiert ist. Bei einer Lageveränderung eines Objekts erfolgt die Übergabe von Datum und Uhrzeit der Referenzaufnahme sowie der Differenzmaße.

Verarbeitung der Eingangsdaten im IHM

Anhand des Kilometrierungswertes und der Objektart prüft der IHM im Anlagenverzeichnis, ob es sich bei der Auffälligkeit um eine bekannte Anlage handeln könnte, und bestimmt daraus den Instandhaltungsbereich (IH-Bereich) mit dem zuständigen Gewerk und daraus den Verantwortlichen für die Bearbeitung der Meldung. Damit ist der Startpunkt des IH-Workflows festgelegt. Automatisch werden Informationen über die zum Zeitpunkt der Aufnahme herrschenden Witterungsbedingungen der umliegenden Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes der Meldung beigefügt. Die Geokoordinaten des Objekts werden genutzt, um die Position des Objekts auf einer geografischen Karte (OpenStreetMap/OpenRailwayMap) und auf einer Flurstückskarte anzuzeigen. Da sich das Objekt auf nicht bahneigenen Grundstücken befinden kann, wird mithilfe des ALKIS-WMS-Dienstes die Gemarkung und die Flurstücksnummer ermittelt, um durch eine Abfrage des Liegenschaftskatasters den Eigentümer des Flurstücks zu ermitteln. Im IHM sind IH-Maßnahmen zur Beseitigung von Gefährdungen gespeichert. Sie werden der Meldung als Vorschlag zugeordnet. Da bei jeder durchgeführten Maßnahme die Speicherung der tatsächlich durchgeführten Arbeiten erfolgt, ist zu erwarten, dass mit der Auswertung aller Maßnahmen in Verbindung mit einer Gefährdung die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit des Vorschlags steigt.

Risikowert

Eine wesentliche Aufgabe des IHM besteht in der Risikoklassifizierung der gemeldeten Auffälligkeit. Der Bestimmung liegt ein vom Projektpartner IMA entworfenes Verfahren zugrunde [9]. Die Ermittlung des Risikowertes unterscheidet sich darin, ob es sich um eine unbekannte oder

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group GmbH 2020

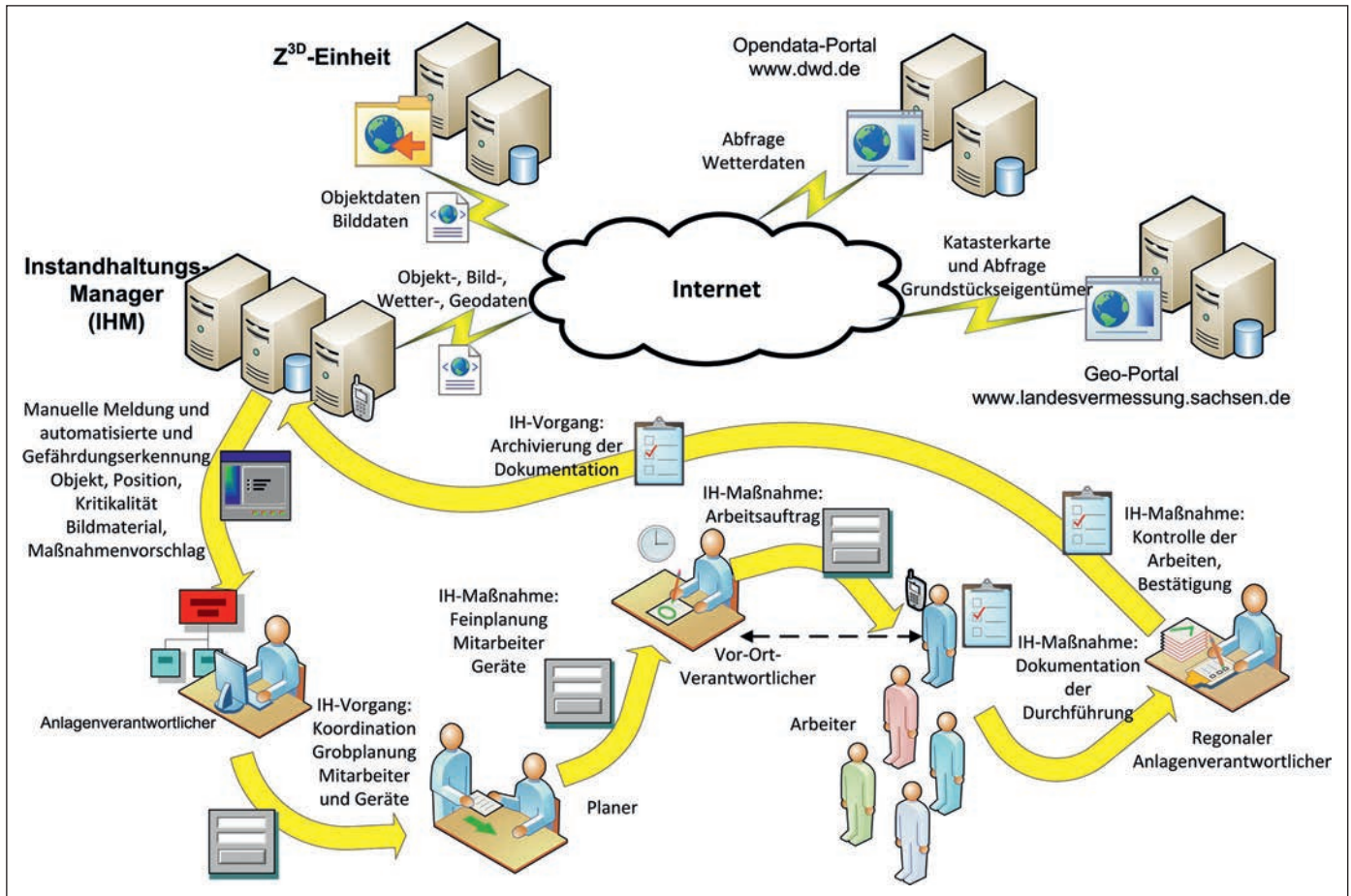


Abb. 5: Workflow des IH-Prozesses

Quelle: ASCI

eine bekannte Objektart handelt. Bei unbekanntem Objekten wird der Risikowert statistisch aus den gemessenen Werten bestimmt.

Messsystem

Für das Verfahren besteht das Messsystem aus Kamera und Triebfahrzeug. Darauf wirken verschiedene stochastische Größen, z.B. Spurführung, Seitenwind. Somit muss bestimmt werden, wie groß die tolerierbare Abweichung einer Messgröße ist bzw. ab wann man mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem tatsächlich auffälligen Objekt ausgehen kann. Dafür wurde ein stationäres Referenzobjekt bestimmt, dessen Position und Lage innerhalb des Zeitraums der Videoaufnahmen konstant ist. Um eine hinreichende Genauigkeit des Ergebnisses zu erreichen, ist in Anlehnung an [10] von einem Stichprobenumfang mit 50 Messungen auszugehen, d.h. das Referenzobjekt wird mit dem Messsystem in 50 Fahrten gefilmt und in den Aufnahmen vermessen. Aufgrund des Zufallsprinzips der Aufnahmen kann von einer Normalverteilung der Stichprobe ausgegangen werden. Da die Position des Referenzobjekts unverändert bleibt, genügt es, die jeweils gemessene Verschiebung zu betrachten. Aus der Varianz der Messwerte berechnet sich die Standardabweichung, woraus ein „Signifikanzbereich“ abgeleitet werden kann [11]. Innerhalb dieses Bereichs werden alle Messwerte als systembedingte

Messfehler verworfen, alle anderen Messwerte werden im IHM weiterverarbeitet. Die Bestimmung der Größe des Messfehlers erfolgt einmalig für die Kombination Kamera und Fahrzeug, muss jedoch bei einer Veränderung der Einbauposition der Kamera wiederholt werden.

Risikowert unbekannter Objektarten
Für unbekannte Objektarten wurden ein statistisches Modell zur Ermittlung des Schadensmaßes auf Basis des Volumens und der Lage

des Objekts sowie ein physikalisches Modell zur Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit auf Basis der Bewegung des Objekts entwickelt [9]. Durch Multiplikation des ermittelten Schadensmaßes mit der Eintrittswahrscheinlichkeit wird der Risikowert berechnet.

Risikowert bekannter Objektarten
Bei bekannten Objekten wird die Risikobewertung anhand der Bewertung historischer Fälle vorgenommen. Hierzu wurde durch IMA die Unfallstatistik „Aufpralle auf Hindernisse“

■ Beraten ■ Planen ■ Prüfen

Hegger + Partner

TRAGWERKSPLANUNG
EBA - PRÜFUNG

H+P Ingenieure GmbH
Aachen München Düsseldorf Köln Münster

www.huping.de

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group GmbH 2020

Infrastrukturmanager

Übersicht Folien Ansicht Archiv Stammdaten Grundlagen Abmelden

Alles Personal Geräte Fremdleistungen

Meldung: 21082019, 10:25 Uhr, Z3D-Einheit

Objektort: Struktur

Strecke: 6624 7.90 bis 14.2C

km von: 11508 bis 11508

Ort, ob Mitte, Maße: rechts, 4,30 m, 1,05 x 0,45 x 0,45, -

Anlage: BN011508 Feldweg B0-Anl.

Objekt: Abfallbehälter

Risikoklasse: 0 - sehr gering

IH-Bereich: Fb Fahrbahn

Gewerk: BU Bahnübergangsanlagen

Kataster: Anfrage ja nein WV: 30.08.2019

Auftrag: Bestimmen

Planung: WV: Hinweis:

Einkauf: TB WV: 22.09.2019 Hinweis: Bitte prüfen ob externe Vergabe möglich ist?

Verantwortlich: Strm 1 Fb Zieldatum: 03.09.2019 Hinweis: KFZ rechtzeitig planen, vor Beginn der Arbeiten bei FdI DMAR melden!

weiter an: Strm 1 Fb

Speichern OK Abbrechen Archivieren

| Station | °C | Wind km/h | Niederschlag |
|-----------|-------|-----------|--------------|
| Monenberg | 14.2* | W 11 | 0.0 |
| Corisfeld | 13* | N 16 | 0.0 |
| Aue | 17.2* | | 0.0 |

Abb. 6: IHM-Zwischenstand: Festlegung der IH-Maßnahme durch den Alv

Quelle: ASCI



Abb. 7: Vergleich eines Testobjekt mit Positionsänderung in 3D-Punktwolken

Quelle: IAI5

(2007 bis 2017) der DB Netz AG nach verschiedenen Kriterien ausgewertet und unter Berücksichtigung von Infrastrukturparametern, der Häufigkeit des Auftretens und des Schadensausmaßes ein Risikowert berechnet.

Risikoklassifizierung

Die Risikowerte werden normiert und klassifiziert, sodass für den Nutzer des IHM eine Instandhaltungspriorität in Form einer Ampel ausgegeben werden kann.

Workflow einer IH-Maßnahme

Die Funktionsweise des IHM orientiert sich im Wesentlichen am Workflow zur Abarbeitung einer IH-Maßnahme (Abb. 5). Der Workflow wird dynamisch an die zu bearbeitenden Aufgaben angepasst. Alle Aufgaben und Termine werden mit deren Dringlichkeit entsprechend

der Rolle des jeweiligen Benutzers in einer chronologischen Liste auf der User-Home-Seite im Webbrowser angezeigt. Prinzipiell können auch planmäßige Instandhaltungsaufgaben im IHM geplant und abgearbeitet werden. Die Eingangsmeldungen wurden vorverarbeitet und werden dem zuständigen Anlagenverantwortlichen (Alv) zur Entscheidung über die Durchführung einer IH-Maßnahme angezeigt (Abb. 6).

Die Aufgabe enthält in Abhängigkeit von der Meldungsquelle und der Qualität folgende Angaben:

- Gefährdungsobjekt und Position,
- Risikoklassifizierung,
- Vorschlag zum Gewerk und IH-Bereich,
- Vorschlag einer durchzuführenden IH-Maßnahme und
- die Bilddokumente.

Der Alv überprüft diesen Vorschlag und korrigiert bzw. ergänzt diesen. Meldungen, die vom Alv als nicht relevant eingeschätzt wurden, werden sofort archiviert. Aus einer Auswahlliste legt der Alv den nächsten Bearbeiter innerhalb des Workflows fest. Mit dieser Arbeitsweise kann das Vorgehen bei der Planung von IH-Maßnahmen mit vordefinierten Zuständigkeiten innerhalb des Workflows gerade für kleinere Infrastrukturunternehmen flexibilisiert werden, d.h. der Alv kann auch bereits direkt bei der Festlegung der IH-Maßnahme in die Planung der Ressourcen und Termine eingreifen.

Die IH-Maßnahmen werden allen Nutzern entsprechend ihrer Rolle im IHM bis zur Beendigung und Archivierung in verschiedenen Übersichten angezeigt.

Falls der Alv nicht direkt die Planung der Ressourcen übernimmt, erfolgt das im nächsten Schritt. Der IHM unterstützt eine verteilte Bearbeitung der Planung und die Einbindung von externen Quellen über den Einkauf. Danach folgt die Umsetzung der IH-Maßnahme.

Für die Unterstützung bei der Durchführung der IH-Maßnahme wurde der Prototyp eines Clients für Tablets entwickelt, der über Mobilfunk und VPN mit der zentralen Applikation kommuniziert. Mit diesem Client wird der Vor-Ort-Verantwortliche (VOV) in den Workflow integriert. Selbstverständlich werden alle mit der IH-Maßnahme zusammenhängenden Informationen dem VOV zur Verfügung gestellt, einschließlich historischer Daten zum Objekt bzw. Ort. Zusätzlich wird eine geografische Übersicht mit den vorgesehenen Terminen aller geplanten IH-Maßnahmen auf dem Tablet dargestellt. Damit wird dem VOV die Möglichkeit gegeben, die umzusetzenden Arbeiten je nach Zeitfonds auch zu kombinieren.

Die Nutzung der im Endgerät vorhandenen Einrichtungen (Kamera, GNSS-Empfänger) ermöglicht eine optimale Dokumentation der durchgeführten Arbeiten und ggf. den Zustand der Anlage. Der VOV kann bei Erfordernis die durchzuführenden Maßnahmen erweitern, eine Reduzierung erfordert immer die Zustimmung des Alv.

Falls der Abschluss der Bearbeitung der IH-Maßnahmen mit einer Prüfaufgabe verbunden wurde, bekommt der dafür vorgesehene Mitarbeiter einen Hinweis über die Fertigstellung auf seiner User-Home-Seite der Anwendung. Bei einem positiven Bescheid wird der Vorgang archiviert, ansonsten wird der Auftrag wieder in den Bearbeitungszustand versetzt.

Archivierte IH-Maßnahmen stehen zu verschiedenen Auskunftszwecken zur Verfügung. Mit einem Datenexport kann z.B. das EBA auf Anfrage Informationen zu IH-Maßnahmen und Inspektionen aus dem IHM bekommen.

Für die Suche in (abgeschlossenen) IH-Maßnahmen im Archiv stellt der IHM den Nutzern eine komfortable Filter- und Suchfunktion und

eine Volltextsuche zur Verfügung. Damit kann sowohl über die Meta-Daten als auch über die Freitextangaben einer IH-Maßnahme im Archiv gesucht werden.

Neben der Abarbeitung von IH-Maßnahmen, die aus Gefährdungsmeldungen resultieren, können im IHM auch planmäßige Inspektionen verwaltet werden. Dazu ist es erforderlich, dass zu den Anlagen die Zyklen der Inspektionen und deren Durchführungsart hinterlegt sind. Diese Daten werden ausgewertet und entsprechend einer definierten Ankündigungsfrist vor Fristablauf dem Alv als Aufgabe angezeigt. Falls sich aus einer Inspektion IH-Maßnahmen ergeben, werden diese analog der Eingabe von Gefährdungen erfasst.

Stand der Entwicklung

Untersuchungsgebiet im Erzgebirge

Die Strecke 6624 (Annaberg-Buchholz-Schwarzenberg) ist 24,111 km lang und verläuft topographisch sehr anspruchsvoll über den oberen Erzgebirgskamm. Der Streckenverlauf beinhaltet große Steigungen, tiefe felsige Einschnitte, enge Kehren, Durchfahrten durch Ortschaften, Bauwerke geringer lichter Höhe sowie Waldgebiete und Überfahrten über Höhepunkte. Ein planmäßig bestellter Schienenpersonennahverkehr findet derzeit auf dieser Strecke nicht statt, sodass es Möglichkeiten gibt, zeitlich zusammenhängende Trassen für die Versuchsfahrten zu bekommen.

Versuchsfahrten und 3D-Analyse

Im Rahmen der Messfahrten wurden je nach Umfang der Messungen drei bis sechs Aufstellflächen errichtet, die sich auf dem Teilstück zwischen Schlettau und Markersbach befinden. Auf den Flächen wurden verschiedene Objekte positioniert, um Infrastrukturelemente zu simulieren. Zwischen den Messfahrten wurden die Objekte in ihrer Lage verändert. Die Lage der Objekte wurde genau vermessen, um damit die Berechnungen im Modell zu testen. In der Abb. 7 ist ein Beispiel aus dem Vergleich zwei-

er 3D-Punktwolken von einer Abfalltonne zu sehen, deren Position zwischen zwei Fahrten verändert wurde.

Aktuelle Aufgaben

Derzeit wird intensiv an der Finalisierung der Bearbeitungsschritte in der Z3D-Einheit gearbeitet, was die Detektion von Abweichungen und Klassifikation von Objekten beinhaltet. Die Umsetzung des Steuerungssystems für den IHM fokussiert auf den weiteren Ausbau der Datenbasis und Programmierarbeiten.

Ein Abgleich mit dem früheren Zustand wird mit weiteren Vergleichs- und Messfahrten unternommen. Die Funktion und bisherigen Ergebnisse der Detektion sowie die Anwendung des Systems wird beim Partner DB Erzgebirgsbahn evaluiert.

Zusammenfassung und Ausblick

ZuG^{3D} wird einen Beitrag dazu leisten, die Teilaufgabe der Streckenbeobachtung durch den Tf zu unterstützen und künftig zu übernehmen. Der IH-Prozess wird insbesondere durch das System in allen Phasen unterstützt, etwa bei der Planung, Umsetzung und Kontrolle der durchgeführten Arbeiten. Der Infrastrukturbetreiber wird im Vergleich zu Meldungen vom Tf und den zeitdiskreten Inspektionen mehr und objektive Informationen über den Zustand des Gleisumfelds gewinnen können.

Die weitere Diskussion der Projektergebnisse kann dazu führen, dass die Etablierung von neuen, digitalen Methoden und Prozessen beschleunigt wird, aber immer unter Vorbehalt der Sicherheit und des Faktors Mensch, der beim Einsatz von neuen Technologien ein Bestandteil der Anwendung ist. ■

QUELLEN

- [1] Projekt ZuG, Zustandsüberwachung des Gleisumfeldes, online: https://www.projekt-zug.de/ZuG/DE/startseite_node.html, Zugriff am 15.06.2020, 18:20 Uhr
- [2] Pinter, E.: Vegetationsmonitoring durch Lichtraumscannerdaten, EI 7/2019, S. 42–45
- [3] Klasek, P. et al.: ZuG – ein Schritt zum automatisierten Fahren von Zügen, Proceedings of the 2nd International Railway Symposium Aachen, 2019, S. 158–167
- [4] Alstom – Press releases and news, Weltneuheit: Automatischer Zugbetrieb für Regionalverkehrszüge soll in Deutschland getestet werden,

online: <https://www.alstom.com/de/press-releases-news/2020/5/weltneuheit-automatischer-zugbetrieb-fuer-regionalverkehrszeuge-soll>, Zugriff am 15.06.2020, 18:20 Uhr

[5] Tech SNCF, Train autonome, online: <https://tech.sncf.com/dossier/train-autonome/>, Zugriff am 15.06.2020, 18:20 Uhr

[6] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 8. Mai 1967 (BGBl. 1967 II S. 1563), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 5. April 2019 (BGBl. I S. 479) geändert worden ist

[7] Handbuch 40800 Fahrdienstvorschrift, Richtlinien 408.01 - 06 und 408.48, DB Netz AG, Version 3.0, gültig ab 15.12.2019

[8] Wang, R. et al.: Stereo DSO: Large-Scale Direct Sparse Visual Odometry with Stereo Cameras, IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2017, S. 3923–3931

[9] Strobel, T.: Bewertungsmethode für Risiken im Gleisumfeld, unv. Diss., Universität Stuttgart, 2020, online: <http://dx.doi.org/10.18419/opus-10834>, Zugriff am 15.06.2020, 18:20 Uhr

[10] Hedderich, J.; Sachs, L.: Angewandte Statistik. Springer Spektrum, Berlin 2018

[11] Strobel, T, et al.: ZuG – ein Weg zur automatisierten Instandhaltungspaltung für das Gleisumfeld, ZEVrail, 2019 (Jahrgang 143), Ausgabe 08



Dipl.-Ing. Lutz Langerwisch

Senior Consultant
ASCI Systemhaus GmbH, Berlin
llangerwisch@asci-systemhaus.de



Dipl.-Ing. Pavel Klasek

Referent Automatisierung
Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim
Eisenbahn-Bundesamt, Bonn
klasekp@dzsf.bund.de



SIGNON – Schiene.Mobilität.Zukunft.

Wir feiern 10 Jahre SIGNON! 10 Jahre spannende Projekte geprägt von umfassendem Projektmanagement, Expertise in innovativen Bahntechnologien und serviceorientierter Zusammenarbeit. Das Herz unserer Ingenieure schlägt für die Bahnwelt. Wir freuen uns auf eine Zukunft mit herausfordernden Projekten.

Design – Engineering – Consulting: Wir sind Ihr Ansprechpartner für die erfolgreiche Abwicklung von Infrastrukturprojekten.



www.signon-group.com