

# Digitale Bestandsinfrastruktur- erfassung regionaler Bahnstrecken

Aktueller Stand des ersten Messzyklus im Rahmen des mFUND-Forschungsprojekts Indres und Ausblick auf das Gesamtvorhaben

VASCO PAUL KOLMORGEN |  
CHRISTIAN RAHMIG | CHRISTOPHER SONTAG

**Die digitale Aufnahme der Gleisnetze und ihrer Bestandsinfrastruktur ist wichtige Voraussetzung für die Konzeption und Umsetzung eines digitalen Eisenbahn-Infrastrukturdaten-Registers für regionale Eisenbahnen. Das vom Bundesministerium für Digitalisierung und Verkehr (BMDV) im Rahmen der Förderrichtlinie Modernitätsfond (mFUND) geförderte Forschungsprojekt Indres widmet sich der Entwicklung dieser Eisenbahn-Infrastrukturdatenbank, welches die Bahnen in die Lage versetzen soll, ihre bahnbetrieblichen Sach- und Geodaten zentral zu verwalten und ihre Infrastruktur effizienter vermarkten zu können.**

## Motivation

Deutschland hat hinsichtlich der Landschaft der Eisenbahninfrastrukturbetreiber (EIU) eine Sonderrolle in Europa: Neben der DB Netz AG (DB Netz) (und drei kleineren Töchtern) als staatseigene Infrastrukturbetreiber gibt es eine Vielzahl von landeseigenen, kommunalen und in Privateigentum befindlichen EIU, welche fast alle an das Netz der DB Netz AG anschließen. Wichtigste Zielgruppe des Projektes Indres sind die Bahnen, welche durch teilweise bestellten Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und/oder regelmäßigen Schienengüterverkehr

(SGV) eine Größe erreicht haben, in der die Infrastruktur nicht mehr als „one man show“ überwacht und betrieben werden kann und somit eine Vielzahl von heterogenen Datenstrukturen entstanden sind. Die Projektpartner Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser GmbH (EVB) in Niedersachsen und RegioInfra Gesellschaft mbH & Co. KG (RIN) in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern sind hierfür gute Beispiele. In diesem Cluster der deutschen Infrastrukturbetreiber ist mit den beschränkten Mitteln des Forschungsprojektes der größte Effekt für den Schienensektor zu erzielen. Es ist zu erwarten, dass die Ergebnisse auch auf die anderen Bahnen ausstrahlen und somit einen Schub für das System Schiene bringen werden.

## Das Forschungsprojekt Indres

### Ziele und Arbeitsplan

Das Ziel des Forschungsprojektes Indres [1] ist es, die noch immer in Silos organisierte Arbeit mit Daten der Eisenbahninfrastruktur und des -betriebs interoperabel zu machen und existierende Daten- und Medienbrüche zu beseitigen. Das Projekt soll den über 80 in Deutschland agierenden und relevanten Betreibern von öffentlicher Schieneninfrastruktur die Möglichkeit geben, auf Basis der Digitalisierung ihrer Infrastrukturdaten in eine innovative und zeitgemäße digitale Vermarktung und Organisation der Geschäftsprozesse einzusteigen. Damit soll die Wettbewerbsfähigkeit dieser nichtbundeseigenen (NE-) Bahnen ge-

steigert und das Angebot für den Bahnkunden verbessert werden.

Im Zentrum des Vorhabens steht die Konzeption und Implementierung eines zentralen Eisenbahn-Infrastrukturdaten-Registers für die Verwaltung von bahnspezifischen Geodaten sowie für deren Kommunikation an die unterschiedlichen Nutzer der Eisenbahninfrastruktur im Rahmen verschiedener Anwendungen. Details zu den prioritär identifizierten Anwendungsfällen für das Infrastrukturdaten-Register finden sich im EI-Beitrag 02/2020 [2].

### Aktueller Projektstand

Seit dem letzten EI-Beitrag sind die Projektarbeiten weiter fortgeschritten: In Workshops mit den Praxispartnern wurden die Anwendungsfälle ausführlich diskutiert und standardisiert dokumentiert. Diese generische Anwendungsfallbeschreibung diente als Grundlage für die Erfassung und Analyse der aus den Anwendungsfällen resultierenden Anforderungen.

Parallel dazu wurden Ansätze der Bewertung von Infrastrukturdaten untersucht. Die zugrunde liegende Recherche hatte dabei v.a. die Norm DIN-ISO 19157 „Geographic information – Data quality“ [3] und die Beschreibung des Infrastrukturkatasters der DB Netz im Fokus. Darüber hinaus wurde untersucht, wie auch betriebliche Aspekte in die Datenbewertung einbezogen werden können. Im Ergebnis konnten die gesammelten Erkenntnisse in einen gesamtgesellschaftlichen Ansatz für ein Bewertungsmodell integriert werden. Das mit dem mehrstufigen

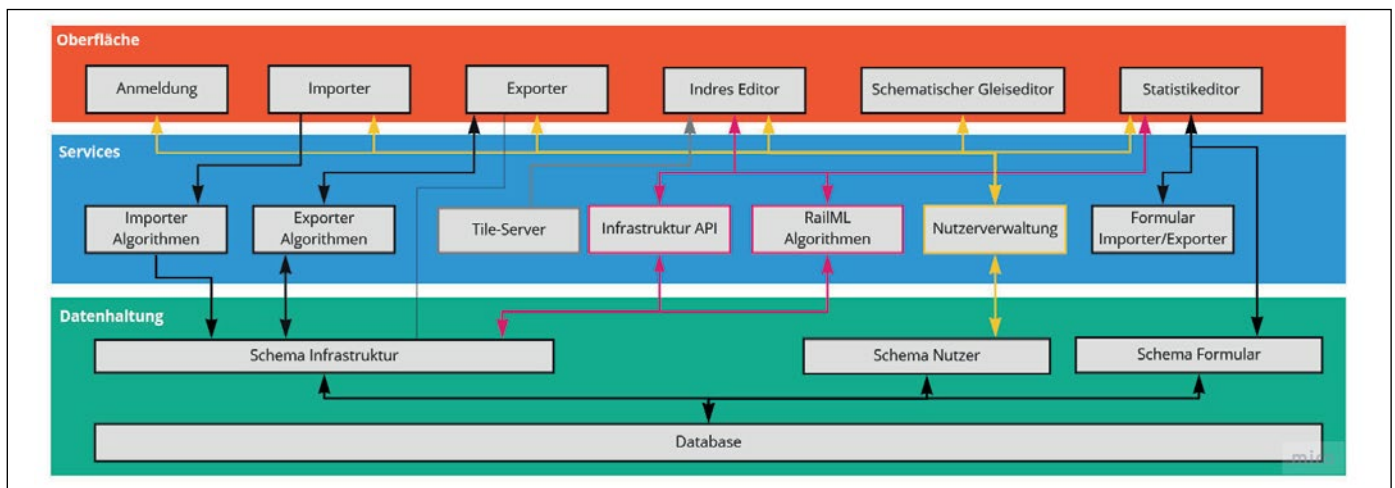


Abb. 1: Systemkonzept Indres

Quelle: DLR

Bewertungsmodell verfolgte Ziel ist die Analyse von Datenbeständen hinsichtlich ihrer Eignung für einzelne oder die Gesamtheit der Indres-Anwendungsfälle.

Aufbauend auf den Anwendungsfällen und ihren Anforderungen, wurde das Systemkonzept entwickelt (siehe Abschnitt „Systementwicklung“). Außerdem wurden bei den Bahnen Erfassungsfahrten durchgeführt (siehe Abschnitt „Datenerfassung“).

#### Zusammenarbeit im Projekt 2020/2021

Die weltweit grassierende Coronapandemie und die von den Regierungen zur Eindämmung verhängten Maßnahmen der Kontaktbeschränkungen haben auch das Projekt Indres beeinflusst. Dies beginnt mit dem Projektstart, der ursprünglich für Juli 2020 geplant, erst im September 2020 stattfinden konnte. Weiter konnten Besuche bei den Bahnen zur Vor-Ort-Begutachtung der Situation nicht stattfinden, geplante Workshops wurden zu virtuellen Veranstaltungen umorganisiert oder mussten auf später verschoben werden. Gleichzeitig führten die Einschränkungen und Umstände aber auch zum Einsatz neuer Methoden und Technologien, die es ohne die Pandemie wahrscheinlich nicht so im Projekt gegeben hätte: Beispielsweise vereint das digitale Whiteboard das kollaborative Kleben von Notizzetteln mit den grafischen Gestaltungsmöglichkeiten moderner Office-Software und macht dies auch noch von überall über das Internet verfügbar. Neben dem intensiven Einsatz technischer Hilfsmittel zur Virtualisierung der für das Projekt notwendigen Zusammenarbeit hat sich aber auch die Arbeitsweise selbst verändert: Anstatt des klassischen Wasserfallansatzes der Produktentwicklung setzt das Entwicklerteam auf eine agile Arbeitsweise, indem die Systemlösung in enger Abstimmung mit den Bahnen als späteren Nutzern des Systems iterativ entsteht. Dieser in der Literatur auch als „Scrum“ [4] bekannte Ansatz sorgt auch dafür, dass bei der iterativen Entwicklung der Fokus stets auf dem für die Bahnen größten Nutzen liegt und das Feedback der Bahnen direkt im nächsten Iterationsschritt („Sprint“) berücksichtigt werden kann. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Indres im Ergebnis tatsächlich den Anforderungen der Bahnen gerecht wird.

#### Systementwicklung

In enger Verzahnung mit der Erfassung der Anforderungen und detaillierten Definition der Anwendungsfälle durch die beteiligten Bahnen, haben die im Projekt beteiligten Entwickler ein detailliertes Systemkonzept ausgearbeitet. Dessen vereinfachter, aktueller Stand nach mehreren Sprint-Iterationen ist in der Abb. 1 dargestellt.

#### Datenbank und -Schema

Im Zentrum der Entwicklung steht eine Datenbank samt Managementsystem zur Verwaltung der Infrastrukturdaten der Bahnen. Das Datenbank-Schema ist modular definiert und orientiert

sich in seiner inhaltlichen Struktur an existierenden, international genutzten Standards, die im Rahmen der dem Projekt vorgelagerten Machbarkeitsstudie Indres-M [5] recherchiert und dokumentiert worden sind. Zudem wurden die Arbeiten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) zu generischen Datenmanagementsystemen für die Digitalisierung im Bahnbereich [6] berücksichtigt.

Im Ergebnis umfasst das Infrastruktur-Datenbank-Schema, welches inhaltlich alle erfassten Anwendungsfälle und zugehörige Dateninhalte beinhaltet, ca. 70 Klassen. Weiterhin werden zwei weitere Schemata gepflegt: Zum einen dient ein Schema der Speicherung von Nutzerdaten und ihrer Relationen untereinander. So können Nutzer mit ihren Kontakt- und Anmeldungsdaten zusammen mit ihren Organisationszuordnungen gespeichert werden. Zum anderen ermöglicht ein Formularschema mit zahlreichen Tabellen die Speicherung von Formulareinträgen, sodass Betreiber vereinfacht Teilformulare für verschiedene Aufsichtsbehörden zusammenstellen und exportieren können.

#### Importer und Datenquellen

Damit die Infrastrukturdatenbank die verschiedenen Anwendungsfälle mit Datenexporten

versorgen kann, muss sie zunächst befüllt werden. Da die im Projekt adressierten NE-Bahnen nur wenige Infrastrukturdaten in digitaler und weiternutzbarer Form vorliegen haben, besteht eine Hauptaufgabe des Projekts in der initialen Digitalisierung der Schienenverkehrsinfrastruktur der beteiligten Bahnen. Hierfür wird ein mehrstufiger Ansatz gewählt:

Die Befahrung der Strecken mit einem sensorisch ausgestatteten Schienenfahrzeug legt den Grundstein für das digitale Abbild der Bahninfrastruktur. Diese sensorische Datenaufnahme hat als Ausgabe eine standardisierte railML [7] Beschreibung, welche in der Infrastrukturdatenbank strukturiert abgelegt wird.

Da die funktionale Schienenverkehrsinfrastruktur auch Objekte umfasst, die sensorisch nicht greifbar sind (z.B. Grenzen von Betriebsstellen), wird in einem zweiten Schritt mittels eines Editors die Möglichkeit für manuelle Datenergänzungen angeboten. Hierfür stellt Indres Eingabemaschinen und Dialoge bereit, die sich an der Fachlichkeit der jeweiligen Objekte orientieren und damit von den Infrastrukturbeauftragten der Bahnen einfach verstanden und bedient werden können.

Ergänzend dazu werden im Projekt weitere, offenen zugängliche Daten zur Schienenverkehrs-

## Bahndammsanierungen mit Mikropfählen TITAN



smartTITAN  
Mikropfähle online bemessen

- Bahndamm sichern wegen möglicher Rutschungen / Verformungen der Böschung
  - Dammkörper stabilisieren, um Setzungen und Schwingungen im Gleisbereich zu reduzieren
  - sicherer Lastabtrag in den tragfähigen Baugrund
  - überall – Bauen direkt vom Gleis aus möglich
- Weitere Infos: [www.ischebeck.de](http://www.ischebeck.de)

FRIEDR. ISCHEBECK GMBH  
Loher Str. 31-79 | DE-58256 Ennepetal

**ISCHEBECK**  
**TITAN**

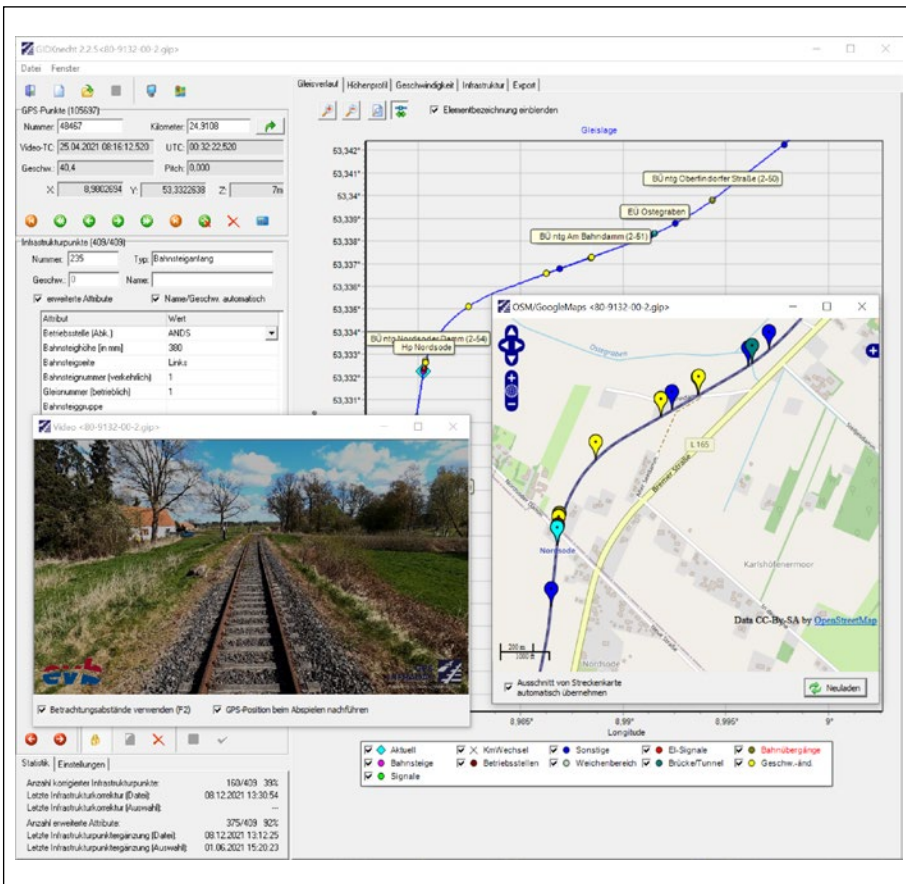


Abb. 2: Streckendatenattributierung der Indres-Pilotstrecken mit GPSInfradat Quelle: Bahnkonzept

infrastruktur begutachtet. Dazu zählen die freie Weltkarte und Geodatenquelle OpenStreetMap (OSM) [8] ebenso wie der umfangreiche Datenschatz in der vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) aufgesetzten mCLOUD, einem Daten-Repository insbesondere für öffentliche Daten zu Verkehr, Klima und Wetter, Luft- und Raumfahrt sowie Infrastruktur [9]. Die hier verfügbaren Daten, die einen direkten Bezug zu den Gleisnetzen der im Projekt beteiligten NE-Bahnen aufweisen, werden in erster Linie zur Vervollständigung der aus den ersten beiden Digitalisierungsstufen resultierenden Datenlage benutzt.

**Algorithmen**

Der Import von Infrastrukturdaten aus unterschiedlichen Quellen ist herausfordernd, da bei der Zusammenführung heterogener Geodaten verschieden bezeichnete und lokalisierte Dateninhalte miteinander in Bezug gesetzt werden müssen. Die Algorithmen zur Realisierung genau dieser Zuordnung bilden daher einen Schwerpunkt im Projekt, der in einer zukünftigen Veröffentlichung im Detail thematisiert werden soll.

Die zweite Gruppe in Indres benötigter Algorithmen beschäftigt sich mit dem Finden von optimalen Wegen in einem komplexen Gleisnetz. Derartige Algorithmen kommen beispielsweise in dem Indres-Anwendungsfall „Trassenbestellung“ [2] zum Einsatz. Herzstück dieser Algorithmen

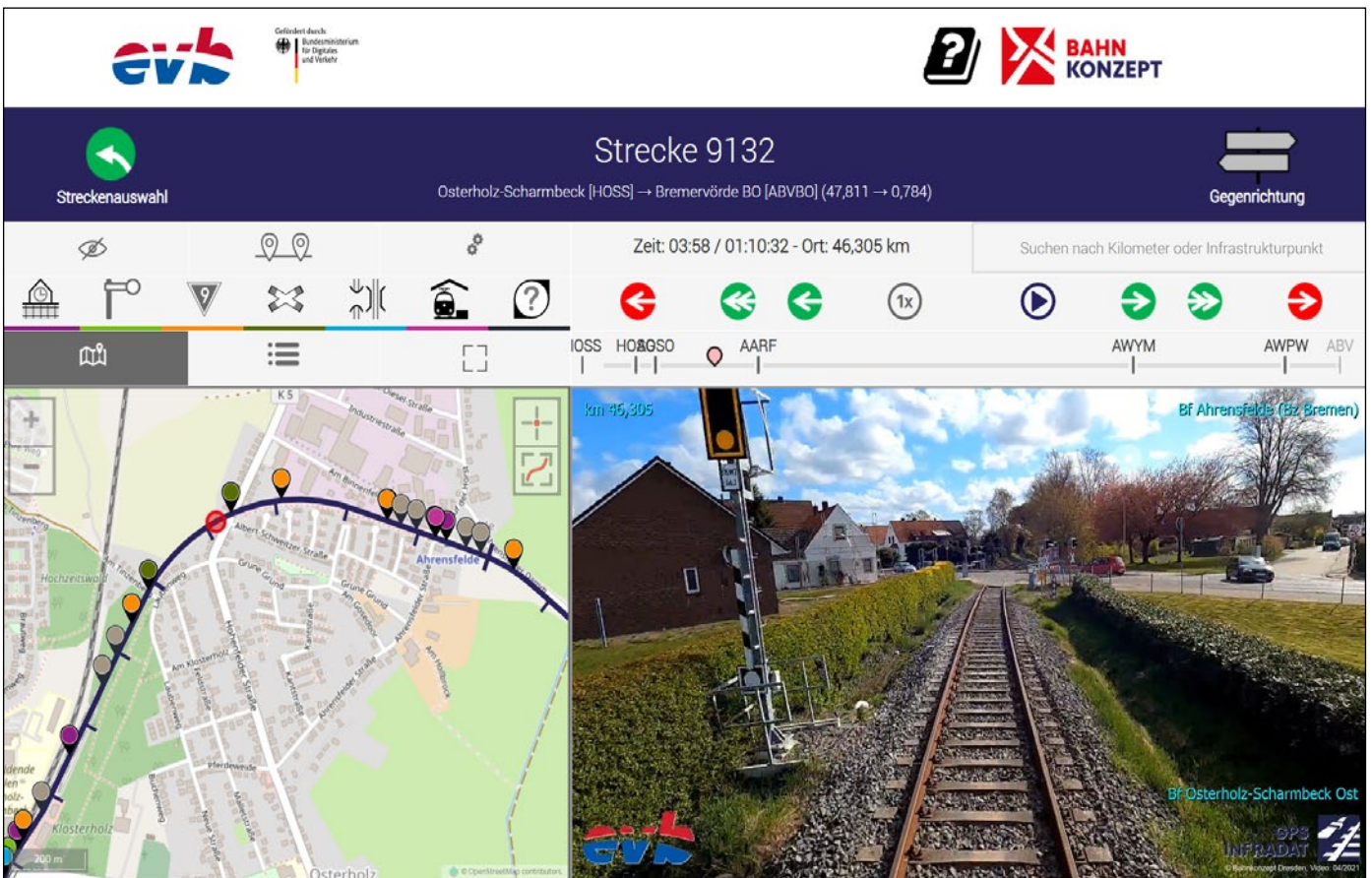


Abb. 3: Streckendatendarstellung der Indres-Pilotstrecken in der WebApp „Vidins“

Quelle: Bahnkonzept

men zur Routenberechnung für eine Trasse über zwei oder mehrere Wegpunkte ist ein multikriterielles Wertungssystem, das im Projekt entwickelt wird. Dieses ermöglicht es, verschiedene Eigenschaften mehrerer Strecken mit einer Angabe einer Gewichtung zu vergleichen, um für die Unternehmen entsprechend der jeweiligen Prioritäten bestmögliche Lösungen zu finden.

### Exporter und Datenbereitstellung

Die verschiedenen Anwendungsfälle [2] werden durch Daten-Exporte aus der Indres-Datenbank gespeist. Die Datenbereitstellung erfolgt dabei auf der Basis standardisierter Datenformate und -modelle, wie das XML-basierte railML [7]. Mit dem konsequent verfolgten Ansatz, den Export über international standardisierte Datenformate zu realisieren, wird beabsichtigt, die Anzahl unterschiedlicher, zu implementierender Schnittstellen auf ein Minimum zu reduzieren und – soweit möglich – auf proprietäre Lösungen gänzlich zu verzichten. Die Anwendungsfälle unterscheiden sich dadurch nur im thematischen Umfang der zu exportierenden Daten, nicht aber in deren Format. In jenen Anwendungsfällen, wo aus bestimmten Gründen kein railML-Export zum Einsatz kommen kann, wird alternativ auf das in seiner Syntax ebenfalls standardisierte CSV- oder adaptierte XML-Datenformat zurückgegriffen.

### Implementierung und Datenerfassung

#### Sensorische Erfassung der Infrastruktur

Für die Entwicklungsarbeit im Projekt Indres sind Testdaten der beiden beteiligten EIU (Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser, EVB, und Region Infra Nord-Ost, RIN) notwendig. Damit kann sichergestellt werden, dass die Resultate der Datenbankmodellierung und -Softwareprogrammierung direkt auf die im Projekt beteiligten NE-Bahnen angewendet und später auch auf dritte Partner übertragen werden können. In der Vorstudie Indres-M wurde herausgearbeitet, dass eine Übernahme der bestehenden Datensilos der Bahnen nicht sinnvoll möglich ist. Diese bestehen zum großen Teil aus Excel-Tabellen, Word-Dokumenten und wenigen Datenbanken, welche – historisch und bearbeiterbedingt – nicht einheitlich formatiert sind. Daher wurde entschieden, dass eine Ersterfassung der Infrastrukturdaten der Projektpartner EVB und RIN durch das Projekt Indres vorzunehmen ist und diese Daten nach Fertigstellung mit den Beständen der Bahnen abgeglichen werden. Für die Ersterfassung der Infrastrukturdaten wurde auf das bewährte System GPSinfradat des Projektpartners Bahnkonzept zurückgegriffen. Mit GPSinfradat wurden seit über 15 Jahren zehntausende Kilometer deutscher und europäischer Bahnstrecken mit einem Mix von Video-, GNSS- und diverser Sensortechniken erfasst und Neubaustrecken in Betrieb genommen [10] [11]. Im Projekt Indres wurde damit in wenigen Tagen das gesamte Streckennetz der Praxispartner EVB und RIN mit einem Triebwagen aus dem

SPNV-Regelverkehr befahren, der hierfür mit der GPSinfradat-Video- und Sensortechnik ausgerüstet wurde. Damit konnten die Daten der durchgehenden Hauptgleise im aktuellen Betriebszustand für das Projekt realitätsnah erfasst und den Praxispartnern zur Verfügung gestellt werden (Abb. 2).

Im Anschluss wurden die Daten im Datenerfassungsbüro der Firma Bahnkonzept geprüft, Fehler korrigiert und vor allem intensiv zusätzlich attribuiert. Dies ist notwendig, da sämtliche Erfassungssysteme des digitalen Zwillings wie auch das verwendete System GPSinfradat nur die „Hardware“ eines Eisenbahnnetzes wie z. B. Signale, Betriebsstellen, Bahnsteige erfassen können, jedoch nicht die „Software“: Alle logischen Beziehungen oder Bezeichner wie Einfahrsignal/Ausfahrsignal, Name und Funktion der Betriebsstelle, Bahnsteignummer/Haus- oder Mittelbahnsteig müssen zu den während der Messfahrt erfassten Datenpunkten hinzu attribuiert werden. Dies kann wegen der heterogenen Betriebsregelwerke nur teilweise halbautomatisch erfolgen, ein Großteil muss per Hand ergänzt werden. Dem scheinbaren Mehraufwand steht aber auch ein bedeutender Vorteil gegenüber: Eine Vielzahl von Verständnisfragen zur konkreten Infrastruktur der Praxispartner konnte im Verlauf der Attributierung geklärt werden. Die Daten sollen zum Projektabschluss durch eine weitere Messfahrt dann nochmals verifiziert werden (Abb. 3).

#### Drittssysteme in Deutschland und Europa

Mit dem „Trassenfinder“ des DB Netz-Projektes Einfachbahn steht dem deutschen Bahnsektor eine leistungsfähige WebApp zum Suchen und Buchen von Trassen im deutschen Schienenverkehr zur Verfügung. Diese Anwendung wird durch die DB Netz engagiert und kontinuierlich ausgebaut, was den Aufbau eines parallelen Suchsystems für Routen durch das deutsche Schienennetz als nicht sinnvoll erscheinen lässt. Hier ist eine Kooperation mit der DB Netz und Integration der Daten in das Datenmodell der DB Netz angezeigt und durch das Projekt im 2. Halbjahr 2022 geplant. Bis dahin soll eine Bereitstellung der Infrastrukturdaten aus Indres in die gemischte Struktur (Grunddaten Schienennetz im ISS-XML-Format der DB Systel/Siemens sowie zusätzliche Attribute für die Routensuche in CSV-Array) des Trassenfinders erfolgen können. Die Bereitstellung und Pflege der Daten liegen dann in den Händen der beteiligten Bahnen; das Modell ist für die Integration weiterer Bahnen in Deutschland offen.

Noch nicht zufriedenstellend ist leider die avisierte Übergabe der Infrastrukturdaten auf eine europäische Ebene und Integration in „Trassenfinder“-ähnliche Strukturen beim europäischen Infrastrukturregister „RINF“ sowie den TAF/TAP zugrundeliegenden Datenbanken der Europäischen Eisenbahngesellschaft (ERA). Hier sind die komplexen Entscheidungswege und wenig transparenten Entwicklungsschritte und -pläne für eine agile Entwicklung im Projekt

Indres gegenwärtig hinderlich. In Abstimmung mit den Projektpartnern RIN und EVB wurden dem Entwicklerkollektiv der ERA Beispieldaten dieser Bahnen zusammen mit dem Datenmodell übergeben, um eine Übertragbarkeit der Daten in die neue RINF-Struktur sicherzustellen. Daher sind die Projektpartner zuversichtlich, auch dieses Projektziel noch erreichen zu können. ■

### QUELLEN

- [1] BMDV mFUND: Infrastrukturdatenbank für regionale Eisenbahnstrecken (Indres); <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/indres.html>; letzter Zugriff: 17.02.2022
- [2] Kolmorgen, V. P.; Rahmig, C.; Ebendt, R.; Schubert, L. A.: Indres - Infrastrukturdatenregister für regionale Eisenbahnstrecken, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 02/2020, S. 6–9
- [3] ISO: ISO 19157:2013 Geographic information – Data quality, <https://www.iso.org/standard/32575.html>
- [4] Sutherland, J.: SCRUM - The Art of Doing Twice the Work in Half the Time, Random House Business, 2014
- [5] BMDV mFUND: Infrastrukturdatenbank für regionale Eisenbahnstrecken (INDRESM), <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/indres-m.html>; letzter Zugriff: 17.02.2022
- [6] Schubert, L. A.; Böttcher, O.; Roth, M. H.: Datenmanagementsysteme für die Digitalisierung im Bahnbereich, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 11/2018, S. 16–19
- [7] railML.org: Introduction; <https://www.railml.org/en/introduction.html>; letzter Zugriff: 17.02.2022
- [8] OpenStreetMap; <https://www.openstreetmap.org/>; letzter Zugriff: 17.02.2022
- [9] BMDV: mCLOUD – Das offene Datenportal des BMVI; <https://mcloud.de/>; letzter Zugriff: 17.02.2022
- [10] Kolmorgen, V. P.: Integriertes Lokführer-Training für die Neubaustrecke VDE 8.2. EI - Der Eisenbahningenieur Sonderheft Rail Training (4/2017), S. 26-31
- [11] Kolmorgen, V.; Pfennig, J.; Dubiel, C.; Tobian, R.: Silberne Züge nehmen den City-Tunnel Leipzig in Beschlag. EI - Der Eisenbahningenieur (6/2014), S. 6-12

#### Dipl.-Ing. Vasco Paul Kolmorgen

Projektleiter  
Bahnkonzept GmbH Deutschland,  
Dresden  
kolmorgen@bahnkonzept.de



#### Dipl.-Ing. Christian Rahmig

Geschäftsfeldentwicklung  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig  
christian.rahmig@dlr.de



#### Dipl.-Ing. Christopher Sontag

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig  
christopher.sontag@dlr.de