

Eine modulare Software-Toolbox für die Ortung von Schienenfahrzeugen

Das DLR Institut für Verkehrssystemtechnik entwickelt Software-Lösungen zur Bestimmung von gleisgenauen Positionsdaten.

MICHAEL ROTH | JUDITH HEUSEL |
JÖRN GROOS

Zahlreiche Anwendungen im Bahnbereich lassen sich nur mit gleisgenauen Positions- und Bewegungsinformationen der Fahrzeuge im Gleisnetz realisieren. Selbst im Falle bereits verbauter Sensorik und verfügbarer Daten (Sensordaten und digitales Gleisnetz) ist die konkrete Lösung des Ortungsproblems im Praxis-Alltag komplex. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) setzt hier durch die Entwicklung von RailPos an, einer modularen Software-Toolbox für die Ortung mit Onboard-Sensordaten und digitalen Gleisnetzen. Der Beitrag motiviert die Entwicklung und beleuchtet die Datenquellen und Werkzeuge. Bereits erfolgte RailPos-Einsätze werden gezeigt. Abschließend werden Einblicke in die RailPos-Entwicklung und die Möglichkeiten der Integration in anwendungsspezifische Verarbeitungsketten mit Domain-Driven-Design (DDD)-Methodik gegeben.

Positionsdaten und deren Relevanz für die Digitalisierung

Fahrzeugpositionen und Bewegungsinformationen sind essenziell für viele Digitalisierungsanwendungen im Bahnbereich [1]. Flottenbetreiber

können mithilfe der Positionen und gefahrenen Geschwindigkeiten ihrer Fahrzeuge deren Einsatz planen und aus historischen Verläufen Optimierungspotenziale erkennen. Infrastrukturbetreiber können mithilfe von gleisgenau verorteten oder georeferenzierten Monitoring-Daten (z.B. Achslagerbeschleunigungen oder Kamerabilder) gezielte Analysen zu einzelnen Assets (bspw. Gleisabschnitten) durchführen, um deren Zustand zu bewerten (z.B. Riffelbildung im Gleisoberbau, Risse in Schwellen) und Instandhaltungsmaßnahmen zu veranlassen [2–4]. Aus langfristig erhobenen Positionen und Geschwindigkeiten lassen sich Befahrungstaktiken erheben.

Die konkreten Anforderungen und Rahmenbedingungen ergeben sich aus den spezifischen Anwendungen. Die Georeferenzierung von Achslagerbeschleunigungen erfordert bspw. hohe zeitliche Auflösungen und räumliche Genauigkeiten, um die Messdaten einzelnen Gleisabschnitten zuzuordnen (Abb. 1). Positionen müssen unbedingt gleisgenau sein (eindeutige Gleisidentifikation, Distanz auf dem Gleis, Orientierung des Fahrzeugs auf dem Gleis). Ergebnisse in Echtzeit werden jedoch nicht benötigt, sodass eine Offline-Verarbeitung ganzer Sessions (z.B. Messtage) möglich ist. Oft können Onboard-Multi-Sensor-Systeme mit handelsüblichen, kostengünstigen Komponenten verwendet werden, welche unabhängig von sicherheitskritischen Komponenten des Fahrzeugs sind. Fahrzeug-

getragene GNSS-Antennen und -Empfänger (Global Navigation Satellite Systems, bspw. GPS und Galileo), Inertialsensorik (Inertial Measurement Units, IMU) und Geschwindigkeitssensoren sind relevante Datenquellen. Da sich Schienenfahrzeuge nur auf Gleisen bewegen, können digitale Infrastrukturdaten in Kombination mit Multi-Sensor-Daten eine signifikant bessere Positionsschätzung ermöglichen. Die Fachliteratur zeigt, wie die Datenquellen kombiniert werden können [1, 5, 6].

Trotz dokumentierter Machbarkeit und vielen wissenschaftlichen Ergebnissen ist eine Umsetzung durch Stakeholder der Bahnbranche im Praxis-Alltag nach wie vor alles andere als trivial. Im realen Bahnbetrieb erfasste Messdaten sind in vielerlei Hinsicht herausfordernd. Datensätze haben hochindividuelle Charakteristiken, von fehlerbehafteten Sensorwerten in unterschiedlichen Ausprägungen (u.a. Lücken, Ausreißer, zeitliche korrelierte Fehler, Kalibrier-Parameter und Metadaten) zu begrenzt geeigneten Infrastrukturdaten (Formate, Lücken, fehlende Navigierbarkeit). Ein weiterer Grund ist der Mangel an flexiblen Software-Modulen, aus denen einfach spezifische Anwendungen gebaut werden können. Letztlich wird Fachwissen benötigt, welches auch heute noch viel Praxiserfahrung erfordert, um robuste und performante Verarbeitungsketten umzusetzen.

Im Sinne des Transfers von Forschungsergebnissen in die Anwendung adressiert das DLR

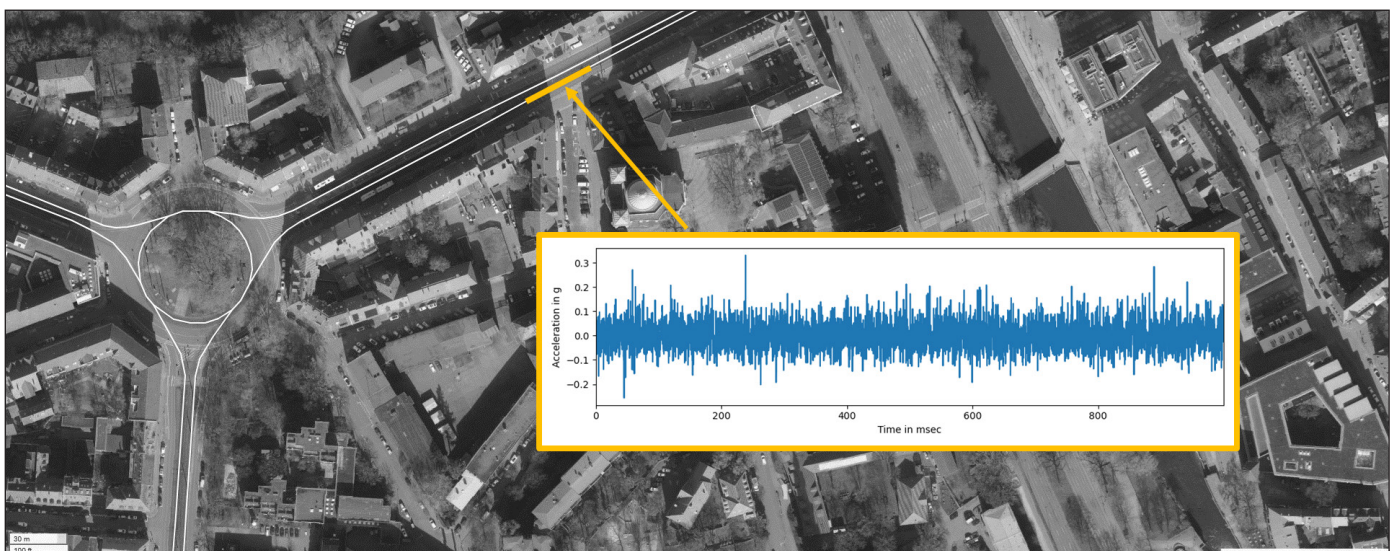


Abb. 1: Georeferenzierung von Vibrationsdaten als erfolgreich umgesetzte RailPos-Anwendung

Quelle: eigene Darstellung, Orthophoto LGLN

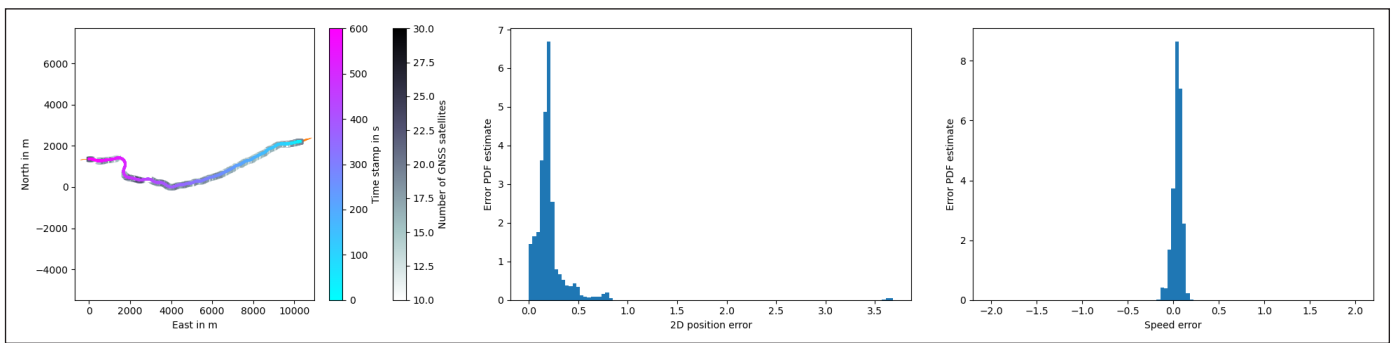


Abb. 2: Beispielergebnisse aus EGNSS MATE. (Links) Positionsergebnisse einer Beispielfahrt im SBB-Gleisnetz. Vereinzelt treten GNSS-Lücken aufgrund von z. B. Tunneldurchfahrten auf. (Mitte) Schätzfehler der horizontalen Position in m validiert auf separat durch SBB erhobenen Referenzdaten. (Rechts) Schätzfehler der Geschwindigkeit in m/s

Quelle: eigene Darstellung

Institut für Verkehrssystemtechnik die obigen Punkte mit der Einführung von RailPos, einer modularen Software-Toolbox für kartengestützte Multi-Sensor-Ortung. RailPos zielt auf Digitalisierungsanwendungen und bündelt Erfahrungen und neueste Erkenntnisse aus den Bereichen Sensordatenfusion, Geodaten und Algorithmen für Online- und Offline-Ortung. Eine Basisversion von RailPos ist als Open-Source-Bibliothek in der Programmiersprache Python verfügbar [7]. Fortgeschrittene Funktionalitäten und die Einbindung in Verarbeitungsketten von z. B. Digitalisierungsunternehmen kann durch eine kommerzielle Lizenzierung oder kollaborative Forschung realisiert werden.

Erfolgreich umgesetzte RailPos-Anwendungen

RailPos wurde kontinuierlich in mehreren Projekten entwickelt, in denen aus Onboard-Daten und digitalen Gleisnetzdaten hochqualitative Positions- und Geschwindigkeitsschätzungen erstellt werden mussten. Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit sind die Projekte EGNSS MATE [8] und OnboardEU [9].

Die Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Bundesbahnen AG (SBB) und der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG) in EGNSS MATE fokussierte die GNSS- und Gleisnetz-gestützte Online-Multi-Sensor-Ortung im ETCS-Kontext (European Train Control System, ETCS). In RailPos wurde eine Kalman-Filter-Bank mit mehreren Pfadhypothesen umgesetzt, welche zu jedem Zeitschritt alle aktuell relevanten Pfadhypothesen betrachtet und bewertet. RailPos-Module wurden in eine SBB-Verarbeitungskette integriert und dort für die automatisierte Verarbeitung von umfassenden Daten einer mehrmonatigen Messkampagne genutzt. Beispielergebnisse können Abb. 2 und den Fachartikeln [10, 11] entnommen werden.

In OnboardEU wurde RailPos für die automatisierte Georeferenzierung von großen Messdatensätzen (mehr als 150000 Einzelfahrten) in mehreren Straßen- und Stadtbahnnetzen (u.a. Hannover, Graz, Basel) sowie einer Hafenbahn eingesetzt. Ein RailPos-Einsatz jenseits der Vollbahn wurde damit erfolgreich demonstriert. Ein Beispieldatensatz mit Eingangs- und Ergebnisdaten ist unter [12] veröffentlicht. Ein offener

Datensatz mit georeferenzierten Achslagerbeschleunigungen ist ebenfalls verfügbar [13]. Weitere Informationen können dem Projektbericht [14] entnommen werden. Abb. 3 illustriert Befahrungstatistiken, welche aus aggregierten Ergebnissen der Georeferenzierung in Hannover erstellt wurden.

Daten, Algorithmen, Code

Python

Die Programmiersprache Python [15] ist eine zeitgemäße Wahl für die Umsetzung von automatisierten Verarbeitungsketten aufgrund der Verfügbarkeit von vielen etablierten und kombinierbaren Software-Bibliotheken mit permissiven Lizenzen. RailPos basiert auf NumPy [16] für numerische Berechnungen, Pandas [17] und GeoPandas [18] für den Umgang mit tabellarischen Mess- und Geodaten, Shapely [19] für Operationen auf Punkt- und Linienzug-Geometrien und NetworkX [20] für den Umgang mit mathematischen Graphen. Die Auswahl stellt performante Implementierungen zur Verfügung, ohne komplexe Abhän-



Abb. 3: Beispielergebnis aus OnboardEU. Gezeigt wird die Anzahl von georeferenzierten Überfahrten für Streckenabschnitte im Gleisnetz der Stadtbahn in Hannover. Blaue Gleisabschnitte sind im Rahmen des Projekts mehr als 800-fach befahren worden.

Quelle: eigene Darstellung, Orthophoto LGLN

gigkeiten zu erfordern. Eine Integration von RailPos in existierende Verarbeitungsketten ist dadurch einfach möglich. Die aktuelle RailPos-Implementierung nutzt Python 3.13, wobei eine Kompatibilität bis Python 3.8 für Bestandteile gegeben ist.

Digitales Gleisnetz

Für die Bestimmung von gleisgenauen Fahrzeugpositionen werden digitale Infrastrukturdaten des Gleisnetzes benötigt. RailPos repräsentiert jedes Gleisnetz als Tabelle von Geodaten, welche pro Gleis einen Linienzug (in einem spezifizierten Koordinatenreferenzsystem) und die möglichen Verbindungen zu anderen Gleisen (separat für Gleisanfang und Gleisende) enthält. Genauer gesagt, wird eine RailPos-spezifische Klasse mit einem Gleis-GeoDataFrame und weiteren Attributen (z.B. mathematischen Graphen) und Methoden (z.B. performanten Distanzrechnungen zu GNSS-Punkten) genutzt. Digitale Infrastrukturdaten liegen selten unmittelbar in geeigneter Form vor. Oft muss auch auf offene Quellen wie OpenStreetMap [21] zurückgegriffen werden. RailPos umfasst Funktionalitäten, um durch Vorverarbeitung schnell zu kompatiblen Gleisnetzen zu gelangen.

Sensordaten und deren Fusion

GNSS- und IMU-Daten sind seit langem auf jedem Smartphone verfügbar. Für den Bahnbereich sind dedizierte Multi-Sensor-Systeme jedoch besser geeignet. Besonders empfehlenswert ist die Nutzung einer GNSS-Dachantenne für bestmögliche Satellitensicht. Eine IMU-Ausrichtung mit den longitudinalen, lateralen und vertikalen Achsen des Fahrzeugs vereinfacht die Verarbeitung von IMU-Beschleunigungen und -Drehraten.

Für Digitalisierungsanwendungen wird oft auf vorhandene Daten zurückgegriffen, deren Verwendungszweck nicht primär eine hochgenaue

Ortung sein muss. Typische Herausforderungen sind GNSS-Positionen mit Lücken und großen Abweichungen (oft räumlich begrenzt auf Bereiche mit schlechter Satellitensicht) sowie Offset-Fehler in den IMU-Daten (langsam zeitlich veränderlich). Die erweiterten Funktionalitäten von RailPos ermöglichen den Umgang mit in der Praxis häufig gegebenen, nicht optimalen Konfigurationen.

RailPos arbeitet mit separaten Tabellen pro Sensor, welche pro Zeile eine zeitlich referenzierte Sensornachricht enthalten. Für GNSS-Positionen werden Punkt-Geometrien genutzt, um diese leicht mit dem digitalen Gleisnetz in Verbindung zu setzen. Eine dedizierte Klasse ermöglicht die Abfrage von einzelnen Sensornachrichten für beliebige Zeitstempel.

Sensordaten enthalten idealerweise komplexere Informationen. Bei mangelndem GNSS-Empfang sind IMU-Messungen weiterhin verfügbar. Driftfehler aus integrierten IMU-Daten können durch GNSS-Positionen und -Geschwindigkeiten kompensiert werden. Für die Kombination von GNSS, IMU und weiteren Quellen empfiehlt sich Sensordatenfusion als systematische Methodik mit vielen Vorteilen [1].

RailPos nutzt Sensordatenfusion, insbesondere Kalman Filter (KF) und Optimierungsansätze, um Sensordaten mit physikalischen Modellen zu kombinieren. Dadurch ergibt sich eine Modularität auf vielen Ebenen (Art und Charakteristik der vorliegenden Sensordaten, Wahl der KF, Wahl der Lösung von RailPos-Teilproblemen).

Domain-Driven Design (DDD)

RailPos ermöglicht die Umsetzung von komplexen Anwendungen, in denen in mehreren Schritten hochqualitative Ergebnisse aus herausfordernden Eingangsdaten (Gleisnetz, GNSS, IMU und mehr) erzeugt werden. Je nach Anwendung und Datenlage variieren die Schritte. Um dieser Sachlage gerecht zu werden und

nachhaltige modulare Software-Lösungen zu entwickeln, wurde DDD als Entwicklungsmethodik eingesetzt.

DDD ermöglicht die Software-Entwicklung nah an der Problemdomäne. Das Entwicklungsteam einigt sich auf die Nutzung einer Fachsprache (Ubiquitous Language), die für RailPos Begriffe aus den Bereichen Geodaten, Sensordatenfusion und Eisenbahn umfasst. DDD bietet EventStorming [22] als Workshop-Format, bei dem interaktiv im Team das Gesamtproblem (Domäne) erarbeitet und in Teilprobleme (Subdomänen) unterteilt wird. Schließlich werden Lösungen mit begrenztem Einflussbereich (Bounded Context) identifiziert. Mithilfe von DDD wurde für RailPos eine nachhaltige und modulare Lösungsarchitektur erarbeitet, deren Bestandteile nach und nach implementiert und getestet wurden.

Jenseits von RailPos-Kernfunktionalitäten lässt sich DDD insbesondere auch für die Einbindung von RailPos in nutzerspezifische Verarbeitungsketten anwenden. Ein tiefgehendes Verständnis von Sensordatenfusion ist auf Seiten der Nutzer nicht vorausgesetzt. Die Fachsprache folgt der Anwendung, und RailPos fungiert als Werkzeug.

RailPos-Beispiele zur Entwicklung und Integration

Im Folgenden wird die DDD-EventStorming-Methodik anhand eines Beispiels aus der RailPos-Entwicklung und -Integration illustriert. Hierbei werden Verarbeitungsketten in unterschiedlicher Detailtiefe als Abfolge von Ereignissen (Events, orangene Kärtchen) auf einem digitalen Whiteboard erarbeitet.

RailPos-Entwicklung

RailPos setzt komplexe Verarbeitungsketten um. Ein Beispiel ist die zuvor erwähnte Georeferenzierung [5, 14], welche aus mehreren Schritten aufgebaut werden kann: Einlesen von GNSS- und IMU-Daten ganzer Sessions (z.B. Messtage),



Abb. 4: Repräsentatives EventStorming-Beispiel aus der RailPos-Entwicklung. Gezeigt werden Details aus der Pfadschätzung und der Berechnung von gleisgenauen Positionen mithilfe von Kalman-Filter-Methoden.

Quelle: eigene Darstellung

Trimble Track Survey & Scanning



- Gleiskontrolle
- Bestandsaufnahme
- Feste Fahrbahn
- Vormessen
- Lichtraumprüfung
- Laserscanning

Bei den Trimble® GEDO Systemen werden unterschiedliche Technologien zusammengeführt. Die Systeme werden bei der Gleisvermessung entsprechend den Umgebungs- und Einsatzbedingungen individuell zusammengestellt. So kann ein Trimble GEDO CE 2.0 Gleismesswagen sowohl mit GNSS als auch mit optischen Instrumenten, Laserscanner und Inertialmesstechnik ausgerüstet werden.

Der flexible und modulare Aufbau ermöglicht die Anpassung der Trimble GEDO Systeme an neue Herausforderungen und künftige Entwicklungen.

Mehr Informationen:

gedo.trimble.com



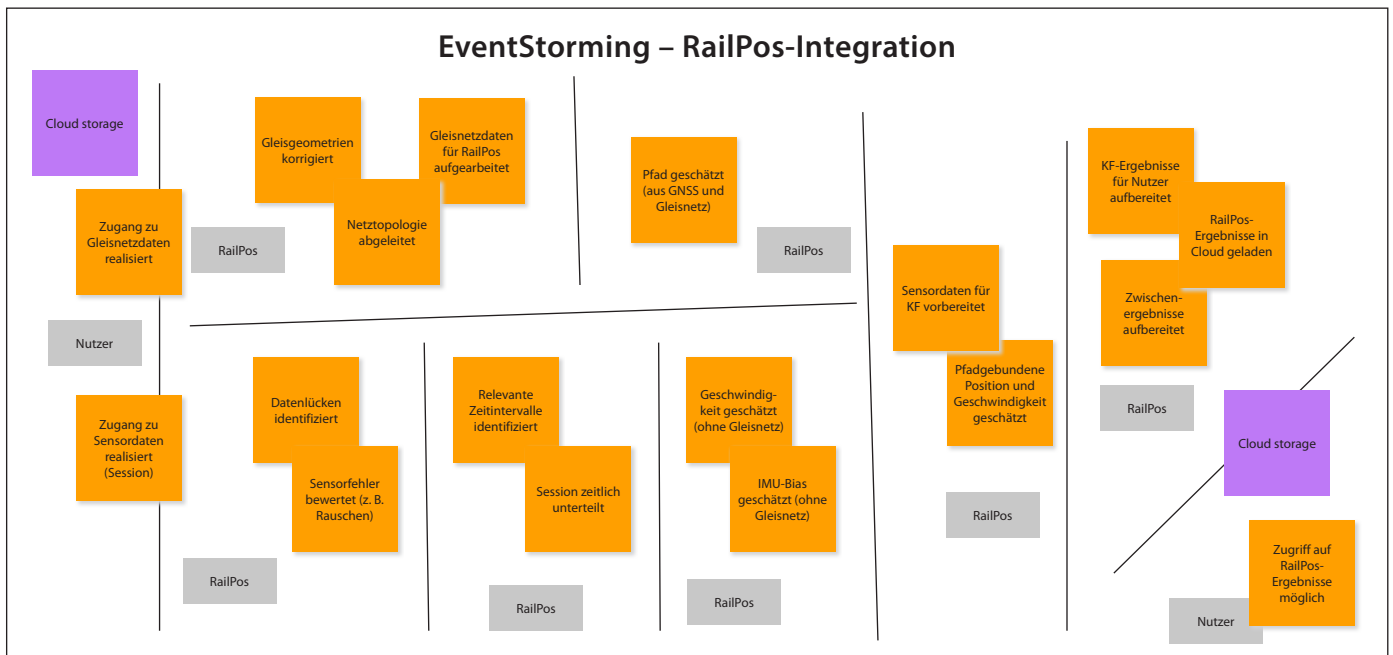


Abb. 5: EventStorming-Beispiel für die RailPos-Integration einer Verarbeitungskette. Der Austausch von Sensor-, Gleisnetz- und Ergebnisdaten ist über einen Cloud-Speicher realisiert. Quelle: eigene Darstellung

Schätzung einer Session-Geschwindigkeit aus den GNSS- und IMU-Daten, zeitliche Unterteilung der Session in Einzelfahrten auf Basis der Session-Geschwindigkeit, Einlesen eines digitalen Gleisnetzes (*), Pfadschätzung für jede Einzelfahrt der unterteilten Session (*), Positions- und Geschwindigkeitsschätzung für jede Einzelfahrt und den gefundenen Pfad mit einem pfadgebundenen Kalman Filter (*).

Abb. 4 zeigt die Events der mit (*) gekennzeichneten Schritte im zeitlichen Ablauf, wobei gewisse Schritte parallel stattfinden können. Die gelben Kärtchen ordnen die Events sog. Aggregates zu, welche den implementierten RailPos-Modu-

len entsprechen. Das Beispiel benennt zudem implementierte RailPos-Klassen für die Handhabung des Gleisnetzes oder der Pfadhypothesen. Pfadschätzung auf Basis von IMU-Daten ist als fortgeschrittene RailPos-Funktionalität notiert, welche besonders gutes Anwendungspotenzial für herausfordernde GNSS-Umgebungen bietet.

RailPos-Integration

Abb. 5 illustriert ein mögliches EventStorming für die RailPos-Integration in eine anwendungsspezifische Verarbeitungskette. Ergänzend zu Events sind externe Systeme (in lila) und sog. Actors (in grau) gelistet. Das Beispiel teilt Aspekte der Geo-

referenzierung, bildet diese aber nicht exakt ab. So sind z.B. die Aufarbeitung eines digitalen Gleisnetzes aus bestehenden Infrastrukturdaten und der Umgang mit Datenlücken als abgrenzbare Teilprobleme der Domäne notiert. Aus diesen Teilschritten werden viele Zwischenergebnisse erzeugt, welche schließlich gesammelt in einem Cloud-Speicher abgelegt werden.

Abschließende Bemerkungen

RailPos ist vielseitig einsetzbar und kann für verschiedenste industrierelevante Anwendungsfälle angepasst werden. Herausfordernde Daten und eine robuste Performance werden durch das

KLEIN PLATZIERT & GROSS GEFUNDEN!

Rail-Web-Weiser – Hier sucht die Bahnbranche
Attraktive Präsentation. Wirtschaftlicher Marktauftritt.
Nachhaltig sichtbare Präsenz bei Ihren Entscheidern.

Ihr Eintrag wartet auf Sie – seien Sie jetzt dabei!

Jetzt Kontakt aufnehmen! Melden Sie sich gerne bei mir: Silvia Sander • +49 40 237 14 171 • silvia.sander@dvvmedia.com

RailPos-Team explizit berücksichtigt. Gleichzeitig werden neueste Forschungsergebnisse eingebunden, sodass sie schnell gewinnbringend zum Einsatz kommen und einen Beitrag für die Digitalisierung des Bahnsystems leisten können. ■

DOI: 10.61067/260613

QUELLEN

- [1] Roth, M.; Heusel, J.; Groos, J.: „Kartengestützte GNSS/Multi-Sensor-Ortung von Schienenfahrzeugen,“ *EI – DER EISENBAHNINGENIEUR* 12/2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://elib.dlr.de/197334/>
- [2] Alten, K.; Fuchs, A.; Struhär, K.; Baasch, B.; Heusel, J.; Groos, J.: „Zustandsüberwachung mit Regelfahrzeugen,“ *EIK – Eisenbahn Ingenieur Kompendium*, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://elib.dlr.de/211547/>
- [3] Baasch, B.; Oselin, P.; Groos, J.: „Ein digitaler Zwilling für die Analyse von dynamischen Fahrzeugreaktionen,“ *SIGNAL+DRAHT* 04/2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://elib.dlr.de/211547/>
- [4] Jahan, K.; Lähns, A.; Baasch, B.; Heusel, J.; Roth, M.: „Rail Surface Defect Detection and Severity Analysis Using CNNs on Camera and Axle Box Acceleration Data,“ in *International Congress and Workshop on Industrial AI and eMaintenance 2023 (Lecture Notes in Mechanical Engineering)*, Kumar, U.; Karim, R.; Galar, D.; Kour, R.; (Hg.), Cham: Springer Nature Switzerland, 2024
- [5] Roth, M.; Baasch, B.; Havrila, P.; Groos, J.: „Map-Supported Positioning Enables In-Service Condition Monitoring of Railway Tracks,“ in *21st International Conference on Information Fusion (FUSION)*, Cambridge, United Kingdom, 2018, doi: 10.23919/ICF.2018.8455377
- [6] Roth, M. et al.: „On-board Vehicle Localisation with GNSS and Map Data in the EGNSS MATE Project,“ *SIGNAL+DRAHT* 07+08/2024. [Online.] Verfügbar: <https://elib.dlr.de/204076/>
- [7] RailPos. „RailPos GitHub.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://github.com/DLR-TS/railpos>
- [8] ESA NAVISP. „EGNSS MATE.“ Zugriff am: 20. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://navisp.esa.int/project/details/221/show>
- [9] BMW. „OnboardEU.“ Zugriff am: 20. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://www.bmw.de/SharedDocs/DE/Artikel/mFUND/Projekte/onboardeu>
- [10] Roth, M. et al.: „EGNSS MATE: Towards Accurate and Reliable GNSS and Map-Supported Train Localisation,“ in *Transport Transitions: Advancing Sustainable and Inclusive Mobility (Lecture Notes in Mobility)*, McNally, C.; Carroll, P.; Martinez-Pastor, B.; Ghosh, B.; Efthymiou, M.; Valantasis-Kanellos, N.; (Hg.), Cham: Springer Nature Switzerland, 2026
- [11] Wenz, A. et al.: „Towards Safe Localisation for Railways: Results from the EGNSS MATE Project,“ in *European Navigation Conference 2025*, 2026, doi: 10.3390/engproc2026126036
- [12] Heusel, J.; Roth, M.; Noll, M.-C.; Schmidt-Kastner, M.; Groos, J.: „OnboardEU: Track-Selective Georeferencing for Railways – Sample Measurement Data,“ 2025, doi: 10.5281/zenodo.16368240
- [13] Alten, K. et al.: „OnboardEU: Urban light rail vehicle-track interaction for infrastructure condition monitoring,“ 2025, doi: 10.5281/zenodo.16980642

- [14] Groos, J. et al.: „OnboardEU – Erkennung von Gleisfehlstellen anhand von Onboard-Daten im Hinblick auf Immissionskarten in europäischen Städten,“ *Technische Informationsbibliothek*, Hannover, 2025, doi: 10.34657/20810
- [15] Python. „Python Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://www.python.org/>
- [16] NumPy. „NumPy Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://numpy.org/>
- [17] pandas. „pandas Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://geopandas.org/en/stable/>
- [18] GeoPandas. „GeoPandas Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://geopandas.org/en/stable/>
- [19] Shapely. „Shapely Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://shapely.readthedocs.io/en/stable/>
- [20] NetworkX. „NetworkX Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://networkx.org/en/>
- [21] OpenStreetMap. „OpenStreetMap Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://www.openstreetmap.org/>
- [22] EventStorming. „EventStorming Website.“ Zugriff am: 13. März 2026. [Online.] Verfügbar: <https://www.eventstorming.com/>

Alle Autoren:
Institut für Verkehrssystemtechnik,
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR), Braunschweig



Dr. Michael Roth
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
m.roth@dlr.de

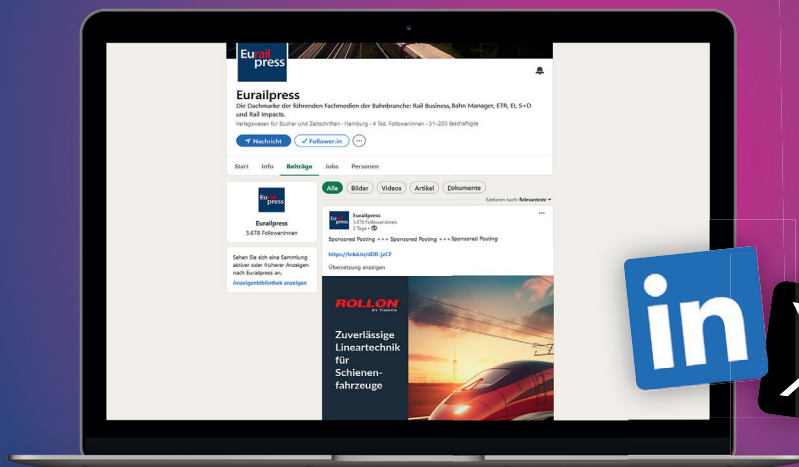


Dr. Judith Heusel
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
judith.heusel@dlr.de



Dr. Jörn Groos
Gruppenleiter
Asset Monitoring und Management
joern.groos@dlr.de

Mit Social Media zur TOP-REICHWEITE



Werben Sie auf unseren Kanälen und nutzen Sie unseren günstigen Einstiegspreis!



Ihr Ansprechpartner: Tim Feindt
tim.feindt@dvvmedia.com ■ Telefon +49 40 237 14 220

