

# Siemens entwickelt Kollisionswarnassistenten für Mainline

## Siemens is Developing a Collision Warning Assistant for Mainline

Dr.-Ing. Andreas Krutz, Berlin (Deutschland), Dipl.-Inf. Holger Last, München (Deutschland)

### Zusammenfassung

Seit 2017 rüstet Siemens seine Straßenbahnen auf Kundenwunsch mit einem Kollisionswarnsystem, dem Siemens Tram Assistant aus. Der Siemens Tram Assistant erkennt zuverlässig eine drohende Kollisionsgefahr, warnt den Fahrer oder bremst das Fahrzeug ab, wenn keine Reaktion vom Fahrer mehr möglich ist. Tagtäglich werden auf diese Weise Gefährdungen von Personen sowie Schäden an den Fahrzeugen und damit Standzeiten während der Reparaturen verringert. Der Tram Assistant leistet in den Straßenbahnen von Siemens einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit in unseren Städten. Die Möglichkeiten des Systems können auch auf den Mainline-Bereich, also für den S-Bahn-, Regional- und Fernverkehr sowie den Güterverkehr übertragen werden. Dafür entwickelt Siemens ein stufenweise ausbaubares Kollisionswarnsystem, den Siemens Mainline Assistant. Das System ergänzt das weitreichende Angebot der Siemens Assistenzsysteme, beispielsweise zum energieoptimalen Fahren oder die vielfach erprobten Automatisierungssysteme für den Zugbetrieb (Automatic Train Operation).

### Abstract

Siemens has been equipping its trams with a collision warning system, the Siemens Tram Assistant, at the customer's request since 2017. The Siemens Tram Assistant reliably detects collision risks, warns the driver, or brakes the vehicle if the driver can no longer react. Thus, hazards to people as well as damage to the vehicles and therefore downtimes during repairs are reduced every day. The Tram Assistant in Siemens trams makes an important contribution to road safety in our cities. The possibilities of the system can also be transferred to mainline trains, i.e. for S-Bahn, regional and long-distance traffic as well as freight traffic: Siemens is developing a collision warning system for mainline, the Siemens Mainline Assistant, which can be gradually expanded to support higher automation levels. The system complements the range of Siemens assistance systems, for example for energy-optimized driving or automation systems for automatic train operation.

### 1 Erhöhte Kollisionsgefahr bei niedrigen Geschwindigkeiten bis 45 km/h

Für eine erste Demonstration des Kollisionswarnsystems wurde 2016 ein Siemens Desiro mit mehreren Sensoren und der notwendigen Software ausgerüstet. Ohne Eingriff des Fahrers wurde auf einem Testgelände in Berlin die Kollision des Zuges mit einem Prellbock verhindert. Dieses System wurde auch während der Innotrans 2016 auf täglichen Demonstrationen

für einen Austausch mit Kunden über die Anforderungen an ein Assistenzsystem genutzt. Während beim Straßenbahnbetrieb aufgrund der komplexen Verkehrsverhältnisse im Stadtbereich permanent Kollisionsgefahr herrscht, ist dies im Mainline-Bereich durch die Zugsicherungssysteme und Strecken ohne Mischverkehr die Ausnahme.

Nach Rückmeldung der Bahnbetreiber und der Triebfahrzeug- und Lokführer gibt es aber potenzielle Unfallschwerpunkte in jenen Bereichen, in denen heu-

te noch auf Sicht oder teilweise ohne Zugsicherung gefahren wird. Wesentliche Betriebsszenarien sind das Rangieren, das Ab- und Bereitstellen der Züge sowie die Einfahrt in den Bahnhof. Der Mainline Assistant ist deshalb erst einmal darauf ausgelegt, typische Unfälle im Geschwindigkeitsbereich bis 45 km/h wie Auffahrten auf Prellböcke oder andere Fahrzeuge sowie Kollisionen mit Personen zu verhindern und damit die Umwelt, den Betrieb, das Fahrzeug, das Personal und die Fahrgäste zu schützen.

## 2 Basis des Kollisionswarnsystems: Sensorfusion und hochgenaue Lokalisierung auf Basis einer digitalen Karte

Das Kollisionswarnsystem erfasst mit seinen Sensoren die Umgebung und erzeugt damit ein virtuelles Abbild der Realität. Anhand einer zentimetergenauen Positionsbestimmung des Fahrzeuges, der Kenntnis über den Gleisverlauf und der Messung der Größe, der Lage und Entfernung des Objektes entscheidet das System, ob eine Kollisionsgefahr besteht und eine Warnung ausgelöst wird (Bild 1).

Eine Schlüsseltechnologie des Kollisionswarnsystems ist die Sensorfusion. Je nach Ausbaustufe des Systems werden die Daten von verschiedenen spezialisierten Sensoren wie z.B. Radar, LIDAR oder Kamera fusioniert. Damit ist es möglich, ein exaktes virtuelles Abbild des Umfeldes des Bahnfahrzeuges bei allen Witterungsbedingungen in Echtzeit zu erzeugen. Im nächsten Schritt werden Objekte identifiziert, klassifiziert sowie eine Vorhersage über deren weitere Bewegung zu getroffen.

Für die Sensorfusion gibt es wie bei der Künstlichen Intelligenz neben der Bahn

auch weitere industrielle Anwendungen wie z.B. die Digitale Fabrik. Siemens hat deshalb die Grundlagenentwicklung in einem übergreifenden Core Technology Competence Center gebündelt. Davon profitiert der Siemens Mainline Assistent, denn die Entwicklung kann auf den neuesten Technologien und den dort entwickelten Basisalgorithmen und -frameworks aufsetzen.

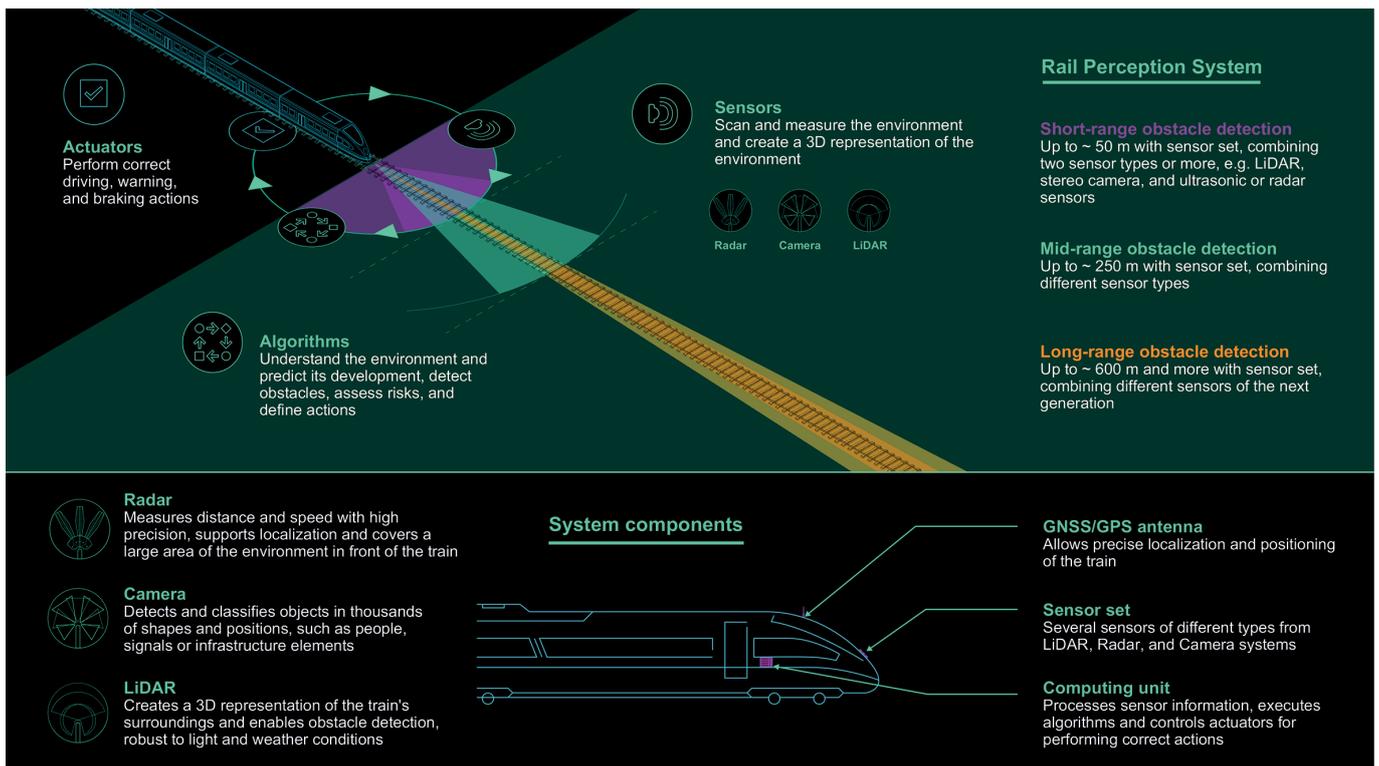
Eine weitere Schlüsseltechnologie ist die digitale Karte. Um die Genauigkeit der Positionsbestimmung des Fahrzeuges zu verbessern, setzt das Kollisionswarnsystem neben handelsüblichen GNSS-Systemen eine hochgenaue und mit Sensordaten angereicherte digitale Karte ein. Dadurch ist es möglich, sich auch an Landmarken in der Umwelt und der Bahn-Infrastruktur zu orientieren und fehlende oder ungenaue GNSS-Informationen zu kompensieren. Erste Demonstratoren dieser Technologie wird Siemens Mobility 2021 auf dem ITS World Congress in Kooperation mit der DB im Innovationsprojekt Sensors4Rail im Projekt Digitale Schiene Hamburg zeigen [1].

Die durch die Sensoren erzeugte digitale Karte wird aber nicht nur für die Algorithmen des Kollisionswarnsystems genutzt. Der Geschäftsbereich Siemens Mobility Customer Service verwendet

spezielle Sensoren, um Veränderungen in der Bahninfrastruktur hochautomatisiert zu entdecken, zu bewerten und zu melden [2]. In Zukunft können die Sensoren des Kollisionswarnsystems zusätzlich die Umfeldinformation in Echtzeit in die digitale Karte liefern und ermöglichen damit eine neue Qualität bei der Überwachung der Bahninfrastruktur.

## 3 Simulieren und testen, testen, testen

Die neuen Entwicklungsstände des Kollisionswarnsystems werden als Gesamtsystem erst simuliert und in einem dreistufigen Testverfahren validiert: Erst im Labor, dann auf einem Testgelände in der Nähe des Entwicklungsgeländes und final auf einem Fahrzeug im produktiven (Test-)Betrieb. Ein Testträger und gleichzeitig Präsentationsplattform für die Hinderniserkennung ist das Advanced Trainlab, ein ICE-TD der Baureihe 605 [3]. Das Advanced Trainlab wird von der DB betrieben und bietet die Möglichkeit, neue Technologien im Eisenbahnbetrieb zu erproben. Siemens hat dafür die Front des Fahrzeuges mit Sensorik ausgerüstet. Durch spezielle Halterungen und Abdeckungen konnte das Sensorset voll in den ICE-TD integriert werden. Es erfüllt



! Bild 1: Generelle Funktionsweise des Rail Perception Systems, auf dem der Siemens Mainline Assistent basiert

die Bahnnorm und kann auch bei hohen Geschwindigkeiten verwendet werden (Bild 2).

Für die Erprobung und den Nachweis der Funktion des Siemens Mainline Assistant wurden systematische Testverfahren entwickelt. Eine Basis dafür waren die Richtlinien zur Abnahme von Kollisionswarnsystemen für Straßenbahnen, die vom Verband der deutschen Nahverkehrsunternehmen (VDV) in Zusammenarbeit mit Herstellern und Straßenbahnverkehrsunternehmen erarbeitet wurden. Für den Geltungsbereich EBO gibt es bisher noch keine Spezifikationen und Abnahmerichtlinien für Kollisionswarnsysteme. Deshalb strebt Siemens die Zusammenarbeit mit der DB an, um gemeinsam Vorschläge für standardisierte Test- und Abnahmeverfahren zu entwickeln. Diese sollen in die Arbeitsgruppen des Verbandes der Bahnindustrie eingebracht werden. Denkbar ist auch eine Verankerung in der nächsten Bahnnorm (TSI).

#### 4 Praxistest mit dem ICE-TD im Digitalen Testfeld der Bahn im Erzgebirge

Ein Baustein für die Technologieerprobung ist das Digitale Testfeld der DB im

Erzgebirge [4]. Hier kann – ohne den Zugbetrieb zu stören – getestet werden, ob die Wahrnehmung und Erkennung von Hindernissen im Gleis zuverlässig funktionieren. Siemens hat sich zum Ziel gesetzt, die am häufigsten an Unfällen in Geschwindigkeitsbereichen bis 45 km/h beteiligten Objekte zu erkennen: Personen, Prellböcke, andere Schienenfahrzeuge bzw. Teile davon und Objekte des Straßenverkehrs. Auch vor geschlossenen Hallentoren im Depot soll das System warnen. Für die Tests werden u.a. standardisierte Euro-NCAP-Testobjekte verwendet, die in unterschiedlichen Szenarien am und ins Gleis bewegt werden. Aber auch spezielle Objekte wie der Einkaufswagen (ein Berlin-spezifisches Kollisionsobjekt) oder große Äste im Gleis sollen zukünftig erkannt werden (Bild 3).

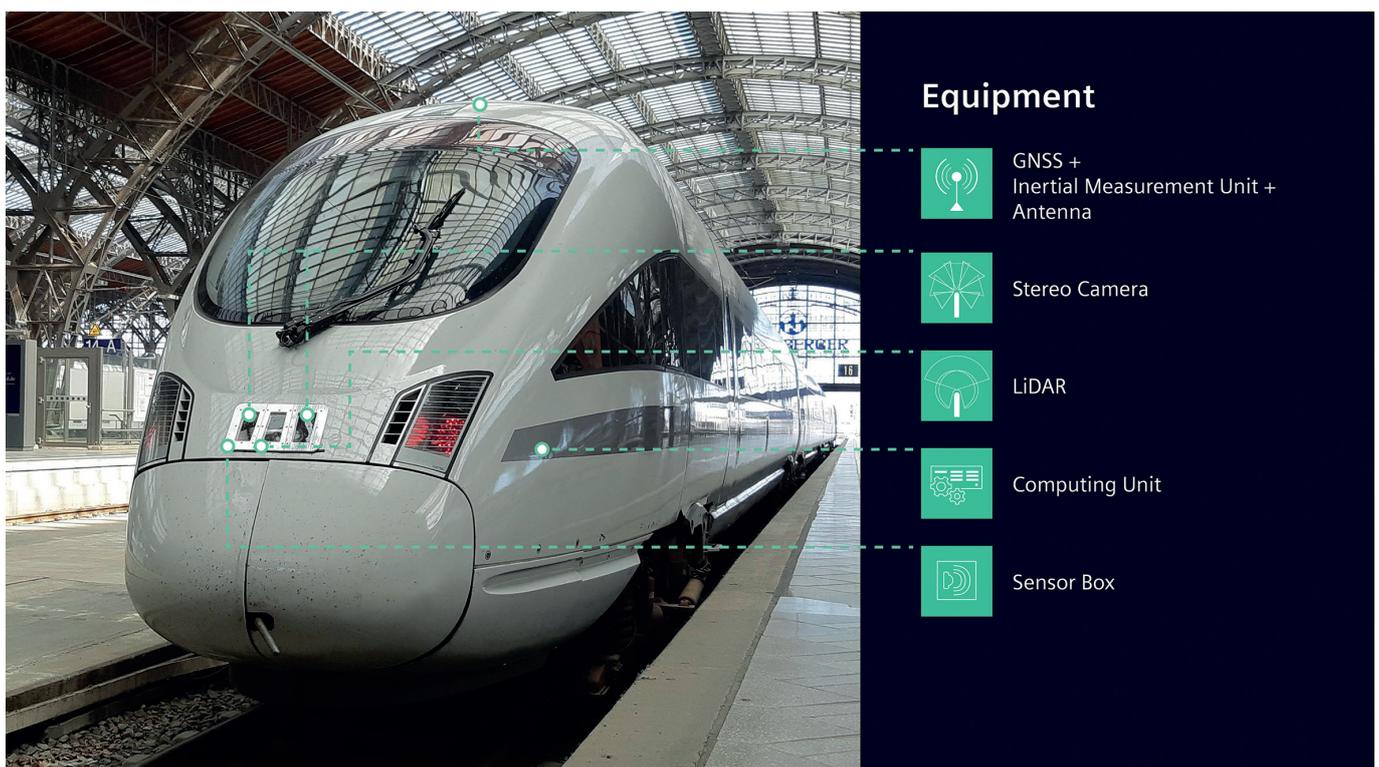
Durch seine Lage und die dortigen klimatischen Bedingungen hat das Digitale Testfeld im Erzgebirge zusätzlich den Vorteil, gute Erkenntnisse über die Einflüsse von Witterung und Verschmutzung zu ermöglichen. Diese fließen in die Vorbereitung der Tests im täglichen Produktivbetrieb ein. Ziel es ist, auf einer größeren Fahrzeugflotte zu allen Jahreszeiten Testdaten zu sammeln, zu analysieren und das System schrittweise zu verbessern.

#### 5 Neue (smarte) Sensoren

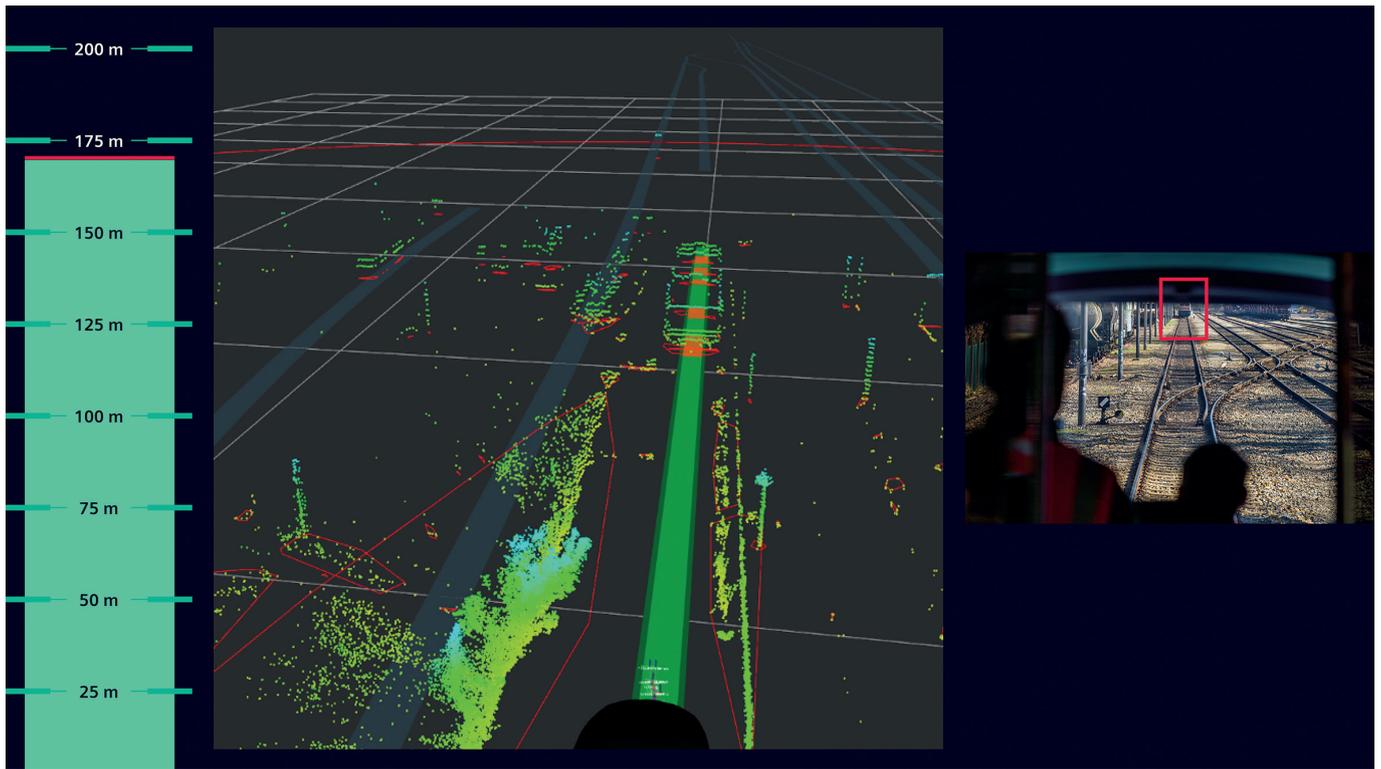
Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Sensorik werden regelmäßig durch ein eigenes Team evaluiert und bewertet. Vor allem im Bereich Lidar wird seitens der Hersteller viel investiert, was neue Anwendungsmöglichkeiten bei der Genauigkeit der Erfassung und der möglichen Reichweiten eröffnet. Bei den Sensor-Kerntechnologien arbeitet Siemens mit internen Forschungsabteilungen z.B. einer Spezialabteilung für Hochfrequenztechnologien und über dediziertes Partnermanagement mit unterschiedlichen Startups zusammen. In eigenen Prüflaboren werden Sensoren gründlich auf die Einhaltung der Bahnnormen überprüft. Siemens Ingenieure erarbeiten bei Bedarf mechanische und mechatronische Lösungen, um den normgerechten Einsatz von neuartigen und vielversprechenden Sensoren im Bahnbetrieb zu ermöglichen.

#### 6 Mechanisch/elektrisch voll integriert in das Fahrzeug und 100% Railigent

Ziel ist es, das Sensorsystem des Mainline Assistant mechanisch und elektrisch voll in das Fahrzeug integrieren zu können. Neben dem erforderlichen Bauraum



! Bild 2: Die Front des Advanced Trainlabs wurde mit der Sensorik für die Hinderniserkennung ausgerüstet



**Bild 3:** Der Lidar des Assistenzsystems erfasst ein anderes Fahrzeug im Gleis

werden Vorrichtungen vorgesehen, um die Sensoren zu stabilisieren, zu reinigen und vor Verschmutzung zu schützen. Das System wird in das Energie-, Masse- und Fahrzeugzustandsmanagement sowie in das Diagnosesystem des Fahrzeuges eingebunden. Über die Railigent Plattform [5] lassen sich die Ereignisse des Systems auswerten und die Funktionsweise prüfen. Die Siemens Fahrzeugarchitektur wird schrittweise für die Integration des Mainline Assistant vorbereitet.

### 7 Eingebunden in das Update Programm und erweiterbar für die Zukunft

Damit Siemens-Kunden von weiteren Entwicklungsfortschritten, beispielsweise der Steigerung der Erkennungsleistung und Verringerung von Fehlwarnungen profitieren können, ist die Einbindung in das Software-Update-Programm für die Fahrzeug-IT geplant. So können auch kunden- oder streckenspezifische Besonderheiten berücksichtigt werden. Die neuen Software-Stände werden nach Rücksprache mit dem Kunden freigeschaltet und automatisiert auf das Fahrzeug übertragen.

Im Rahmen der Neu- und Weiterentwicklung der Siemens-Fahrzeuge wird

die mechanische, elektrische sowie softwaretechnische Integration von zusätzlichen Sensoren für das vollautomatisierte Fahren vorgesehen (Bild 4).

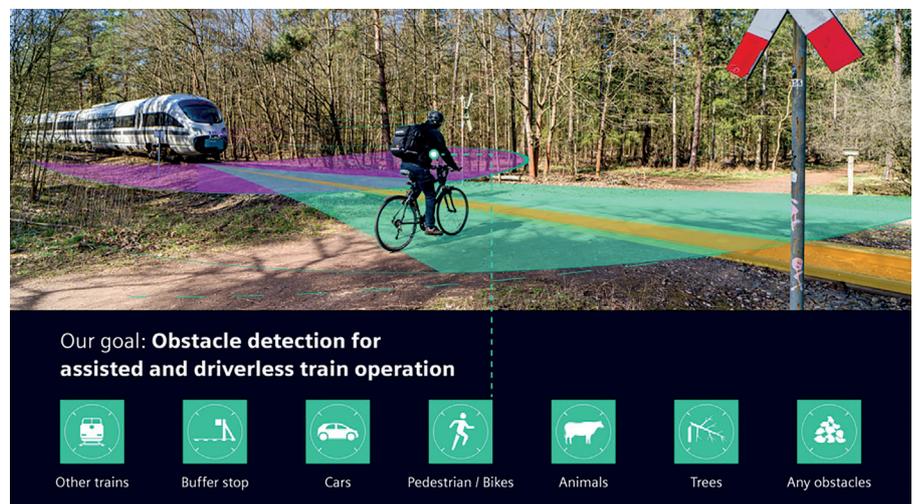
### 8 Ausblick: Grundlagen für die Zulassung vollautomatisierter Systeme schaffen

Siemens wird mit der Hinderniserkennungsfunktion schrittweise weitere Anwendungen ermöglichen. Die nächste

Anwendungsstufe kann das vollautomatisierte Ab- und Bereitstellen von Zügen, sowie das fahrerlose Bewegen auf dem Betriebsgelände und im Depot sein.

Einen Baustein für die Zulassung solcher Systeme legt Siemens Mobility bei der fahrerlosen Kehre, die im Rahmen des Projektes Digitale Schiene Hamburg 2021 in den Fahrgastbetrieb gehen wird [6].

In dem vom BMVi geförderten Forschungsprojekt Autonome Siemens Tram im Depot – AStrID wird demonstriert, wie ein automatisierter Depotbetrieb mit einer



**Bild 4:** Das System soll alle Objekte im Gleis detektieren, die zu Unfällen führen können

fahrerlosen Tram realisiert werden kann. Teil des Projektes ist die Erarbeitung der juristischen Grundlagen für die Zulassung und den Betrieb fahrerloser Systeme im Depot [7, 9].

Um weitere wesentliche Zulassungsvoraussetzungen zu schaffen, erarbeitet Siemens bis 2023 in zwei Forschungsprojekten gemeinsam mit dem DZSF/Eisenbahnbundesamt und weiteren Partnern die Risikoakzeptanzkriterien für vollautomatisierte Systeme (ATO Risk) und die Anforderungen an die Sensorik und Logik des automatisierten Systems (ATO Sense) [8]. Ziel des Projektes ATO-SENSE ist die Ermittlung eines Ansatzes zum Vergleich der menschlichen Leistungsfähigkeit und der zu erwartenden Fehler. Dies wird eine der Definitionsgrundlagen für die Anforderungen an ein zukünftiges Hinderniserkennungssystem für den fahrerlosen Betrieb sein. Auf europäischer Ebene bringt Siemens die Erfahrungen aus den Entwicklungen und den Forschungsprojekten in das Projekt European Rail Joint Undertaking/Shift2Rail ein, um durch die industrieweite Standardisierung die Einführung der neuen Technologien zu beschleunigen und die Investitionssicherheit zu erhöhen.

#732\_A5

(Bildnachweis: 1 bis 4, Siemens)

## Literatur

- [1] DB im Innovationsprojekt Sensors4Rail im Projekt Digitale Schiene Hamburg; <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/projekte/>

Sensors4Rail%20bringt%20mehr%20Kapazit%C3%A4t%20auf%20die%20Schiene, abgerufen am 29.05.2021.

- [2] Siemens Next Level Track Monitoring; <https://www.mobility.siemens.com/global/en/company/fairs-events/webinars/next-level-track-monitoring.html>, abgerufen am 29.05.2021.
- [3] Advanced TrainLab: das schnellste Labor auf Schienen – Neue Technologien direkt im Zug erproben; <https://www.deutschebahn.com/de/Digitalisierung/technologie/advanced-TrainLab-das-schnellste-Labor-auf-Schienen-3953074>, abgerufen am 29.05.2021.
- [4] Erforschung digitaler Bahntechnologie im Erzgebirge geplant; <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2020/034-scheuer-digitales-testfeld-erzgebirge.html>, abgerufen am 29.05.2021.
- [5] Railigent Plattform; <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/services/digital-services/railigent.html>, abgerufen am 29.05.2021.

- [6] Digitale Schiene Hamburg; <https://www.digitale-schiene-deutschland.de/de/aktuelles/Digitale%205-Bahn%20Hamburg-%20erster%20Zug%20fertig%20ausger%C3%BCstet>, abgerufen am 29.05.2021.
- [7] BMVi geförderten Forschungsprojekt Autonome Siemens Tram im Depot – AStriD; <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/astrid.html>, abgerufen am 29.05.2021.
- [8] DZSF Forschungsprojekte Risikoakzeptanzkriterien für vollautomatisierte Systeme (ATO Risk) und die Anforderungen an die Sensorik und Logik des automatisierten Systems (ATO Sense); [https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt\\_29\\_ATO.html](https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt_29_ATO.html), abgerufen am 29.05.2021.
- [9] Siemens Autonomous Tram – Teaching Trams to drive; <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/fahrzeuge/strassenbahnen/autonome-strassenbahn.html>, abgerufen am 29.05.2021.



*Dipl.-Inf. Holger Last (49).* Informatikstudium bis 2000 an der Technischen Universität Berlin. 1999-2002 Projektleiter Data Mining/Digitalisierung bei der Spar Handels-AG. 2002-2005 Leitung von Digitalisierungsprojekten mit Schwerpunkt

Data Analytics bei KPMG. Seit 2005 in verschiedenen Positionen/Bereichen in der Siemens AG. Seit 2015 Leitung des Programmes „Assistierte und vollautomatisierte Fahren im Schienenverkehr“ für Straßenbahnen, den S-Bahn-, Regional- und Fernverkehr sowie den Güterverkehr bei der Siemens Mobility GmbH Rolling Stock.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, SMO RS ST TI, Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München, Deutschland.

E-Mail: [holger.last@siemens.com](mailto:holger.last@siemens.com)



*Dr.-Ing. Andreas Krutz (44).* Studium der Elektrotechnik bis 2006 und Promotion an der Technischen Universität Berlin bis 2010. Bis 2016 bei IAV Automotive Engineering GmbH im Bereich Car-Security und Fahrassistenzsystemen tätig. Seit 2017 bei

Siemens Mobility GmbH als Product Owner Hinderniserkennungssysteme für Schienenfahrzeuge (Fahrzeugintegration).

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, SMO DT TI SPA PPM, Rudower Chaussee 29, 12489 Berlin, Deutschland.

E-Mail: [andreas.krutz@siemens.com](mailto:andreas.krutz@siemens.com)

# ZEVrail Digital

