

Teaching Trams to Drive - die Entwicklung vom assistierten zum autonomen Fahren

Teaching Trams to Drive – die Entwicklung vom assistierten zum autonomen Fahren

SIEMENS
Ingenuity for life



- **Idee und Motivation**

- **Technik und Umsetzung**

- **Erfahrungen und Ausblick**

Fahrerloses Fahren – Für Schienenfahrzeuge nichts Neues, aber ...

- Fahrerloser Betrieb ist Standard
- Metros und Flughafen-Shuttles verkehren in geschlossener Infrastruktur, die Steuerung erfolgt »von außen«
- Verkehrsmittel in einer offenen Infrastruktur – wie Trams im komplexen urbanen Umfeld – erfordern andere, »intelligente« Lösungen
- Hauptaufgaben: Permanentes Beobachten des Umfeldes und vorausschauendes Fahren zur Vermeidung von Kollisionen

Wie in der Automobilindustrie

Autonomes Fahren der Tram kann nur iterativ und in mehreren Stufen entwickelt werden

SIEMENS
Ingenuity for life



Siemens Mobility's Entwicklungs-Ansatz – Vom assistierten zum autonomen Fahren

SIEMENS
Ingenuity for life

Komplexität



Assistiertes Fahren

Kollisions-
Warnung

Weitere
Funktionen aus
der Automobil-
Industrie



Autonomes Fahren

Automatisierter
Depot-Betrieb

Automatisierter
Betrieb auf
Teilstrecken

Voll-
autonomes
Fahren

Siemens
Tram Assistant

Entwicklungs-
Projekt AStriD
Potsdam

Testfeld
Potsdam

Seit 2015 – Stufe 1 – Assistenz-Systeme Feldtest mit einem Combino in Ulm

Tram Assistant – Fahrerassistenz-System

- Warnung/Bremmung bei Kollisionsgefahr mit anderen Fahrzeugen
- Neue Use Cases in Umsetzung
 - Warnung vor Kollision mit Fußgängern
 - Geschwindigkeitsüberwachung

Evaluation KIT – Entwicklungsplattform

Objektive Auswertung von Feldtestergebnissen

- Verbesserung der Systemleistung
- Validierung neuer Use Cases
- Aufzeichnung/Analyse von Verkehrssituationen für Entwicklung des autonomen Fahrens

SIEMENS
Ingenuity for life

Tram Assistant



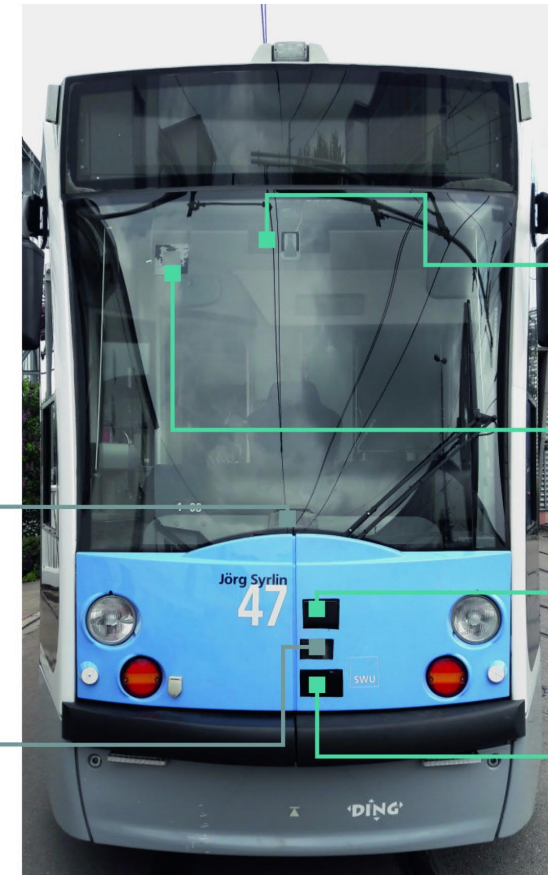
Controller



Kamera



Radar



Evaluation Kit

Automotive Kamera

Kamera zur Ereignis-Aufzeichnung

Automotive Radar

Laser Scanner (LiDAR)

Siemens Tram Assistant – Automobil-Komponenten, qualifiziert für den Tram-Einsatz

SIEMENS
Ingenuity for life

Video-
sensor



Kamera
Hinter der Frontscheibe

- Spurerkennung
- Objekterkennung

Radar-
sensor



Radar
In der Frontschürze

- Objekterkennung
- Fusionierung mit Kamera-Objekten
- Objekt-Klassifizierung
- Bewertung der Objekte anhand des erkannten Schienenverlaufs und der Tram-Geschwindigkeit

Steuer-
gerät



Steuergerät
Im Innenraum

- Schnittstelle zwischen dem Siemens Tram Assistant und der Straßenbahn
- Erzeugung des Kollisionswarn- und Bremssignals

Source of pictures: Bosch Engineering

Unrestricted © Siemens 2020

Siemens Tram Assistant – Mehr Sicherheit und Effizienz im öffentlichen Verkehr

SIEMENS
Ingenuity for life



Weniger
Reparaturkosten
durch verhinderte
Kollisionen



Höhere
Verfügbarkeit



Mehr
Sicherheit



Enabler für das voll-
automatisierte Fahren

Siemens Tram Assistant (Den Haag, Ulm, Bremen, Kopenhagen, München)
Siemens Mainline Assistant (in Qualifizierung)

Seit 2017 – Stufe 2 – Die autonome Tram Siemens Mobility's Testfeld in Potsdam

- Entwicklung des autonomen Fahrens muss im Feld erfolgen – nur in der Praxis können die komplexen Situationen »erlernt« werden



- Implementierung des Testfeldes in Potsdam zur Unterstützung des Weges zum voll-autonomen Fahren
- Präsentation des Tram-Demonstrators zur Innotrans 2018
- Rückfluss in die Weiterentwicklung der Fahrerassistenzsysteme

The Guardian

Germany launches world's first autonomous tram in Potsdam

The Guardian goes for a ride on the new AI-driven Combino vehicle developed by Siemens



Source: The Guardian, September 23, 2018

Teaching Trams to Drive – die Entwicklung vom assistierten zum autonomen Fahren

SIEMENS
Ingenuity for life



- **Idee und Motivation**

- **Technik und Umsetzung**

- **Erfahrungen und Ausblick**

Technische Realisierung – Technologie im Fahrzeug, keine Veränderung der Infrastruktur

SIEMENS
Ingenuity for life

- Die Sensoren als „digitale Augen“ – Radar, Lidar und Kameras – sind optisch ansprechend und unauffällig in die Fahrzeug-Front integriert.
- Die Hochleistungsrechner als „intelligentes Gehirn“ befinden sich in einem Geräteschrank im Fahrgastraum.
- Für den Sicherheitsbegleiter wurde in Zusammenarbeit mit ViP ein Mensch-Maschine-Interface (HMI) zur Überwachung der Systemreaktion und ein Bedienpult für eventuell nötige Eingriffe entworfen.



Technische Realisierung – Wie die autonome Tram funktioniert

1 Laufendes Scannen
des Umfeldes

2 Intelligente Bewertung
der Situation

3 Angemessene
Reaktion



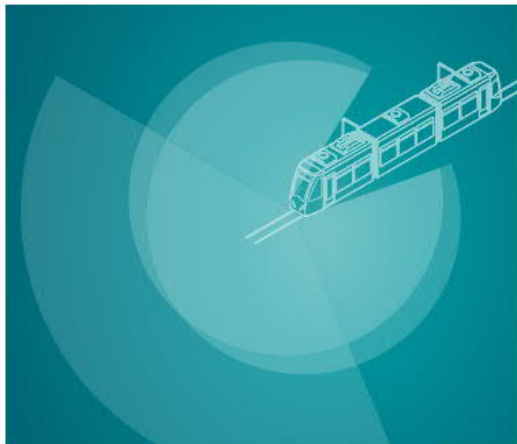
Technische Realisierung – Betrachtung der drei Sensor-Typen

SIEMENS
Ingenuity for life



Lidar

- 3D-Umfeld-Erfassung und Positionierung
- Ermöglicht 270°-Blickfeld



Radar

- Misst Entfernung und Geschwindigkeit mit hoher Genauigkeit
- Große Reichweite



Kameras

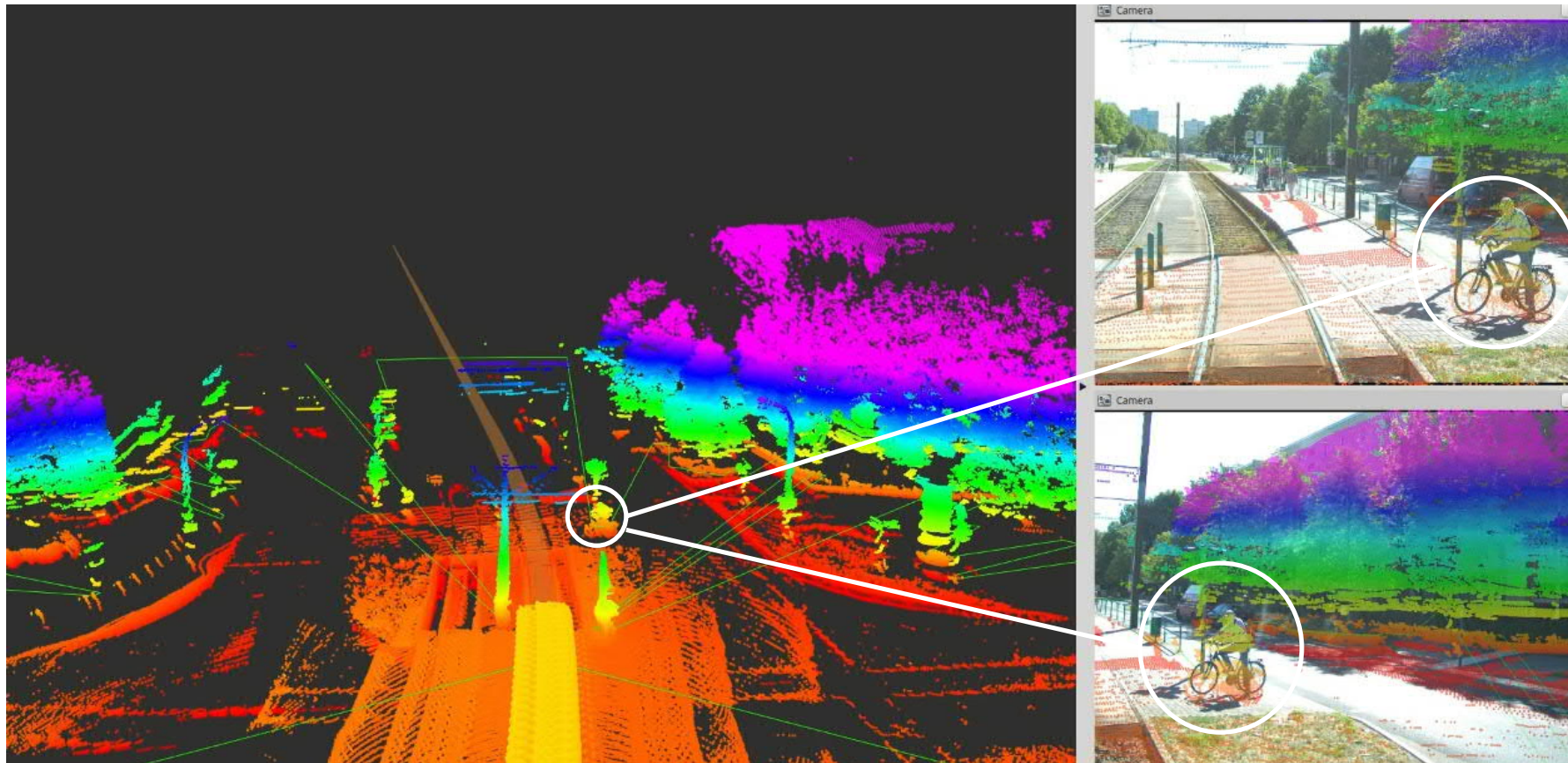
- Trainiert für intelligente Objekterkennung
- Decken weiten Bereich um die Tram ab



Fusion von drei Sichtweisen führt zu einem detaillierten Bild des Umfeldes

Technische Realisierung – Wie die Tram die Umwelt wahrnimmt

SIEMENS
Ingenuity for life



Umsetzung im Potsdamer Streckennetz – Der Forschungsprototyp meistert alle wesentlichen Fahraufgaben

SIEMENS
Ingenuity for life



Erweiterung um
7 km
seit Innotrans



Signal-
anfahrt



Haltestellen-
anfahrt



Kreuzende
Fußgänger



Kreuzende
Fahrzeuge



Teaching Trams to Drive – die Entwicklung vom assistierten zum autonomen Fahren

SIEMENS
Ingenuity for life



- **Idee und Motivation**

- **Technik und Umsetzung**

- **Erfahrungen und Ausblick**

Erfahrungen und Ausblick– Was haben wir gelernt und wie geht es weiter?

- Autonomes Fahren für Straßenbahnen ist technisch möglich!
- Die heute verfügbaren Technologien bieten eine gute Basis
- Aber: Die Adaption auf die spezifischen Szenarien eines Tram-Betriebes ist eine große Herausforderung. Das hierzu erforderliche Know-how müssen wir selber aufbauen
- Dazu wird die Erprobung in Potsdam fortgesetzt und erweitert
 - Validierung der Sensorerkennung bei reduzierten Sichtverhältnissen (Regen, Schnee, Dunkelheit) und Ableiten der nötigen Maßnahmen
 - Erweiterung auf weiteren Strecken für Erprobung weiterer Verkehrssituationen, z.B. Folgefahrt
 - Umsetzung des autonomen Betriebes auf dem Betriebshof und Vorbereitung der Industrialisierung für diese Lösung
- Klärung der Zulassungsanforderungen

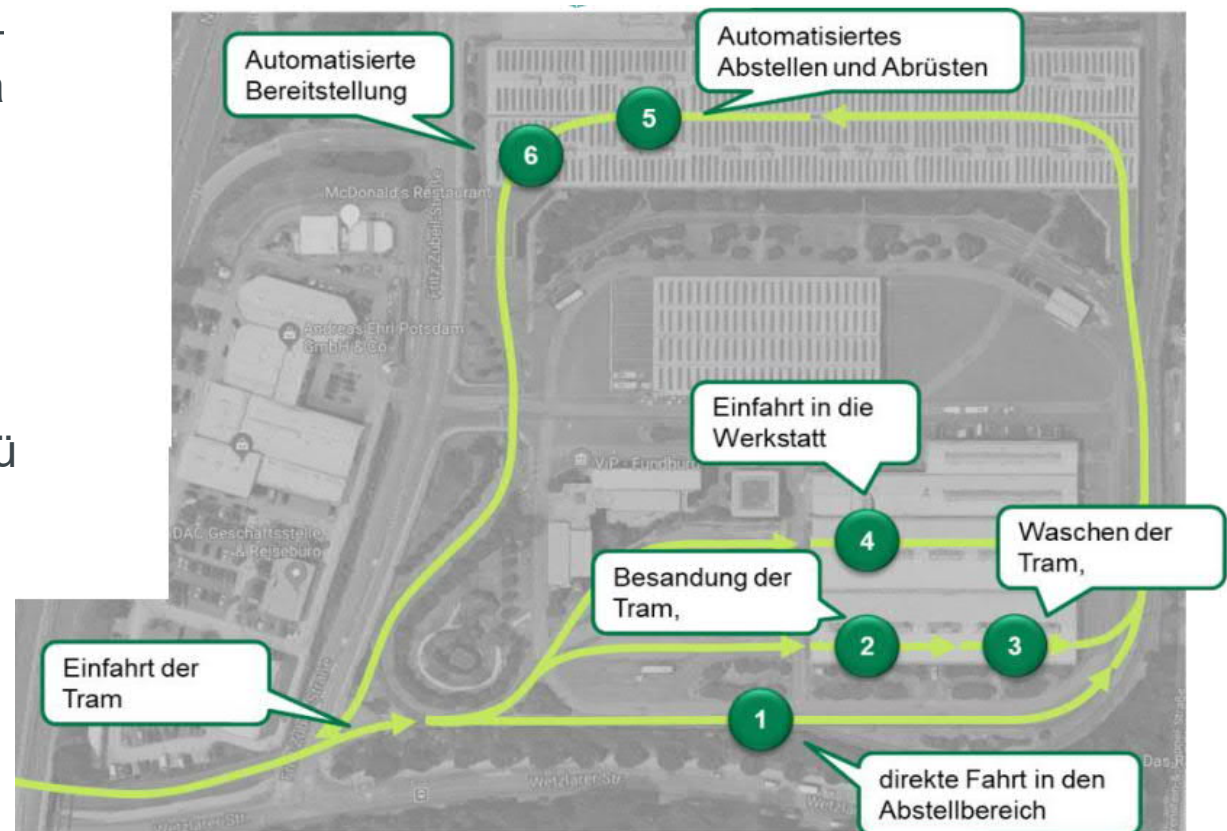


Erfahrungen und Ausblick– Untersuchung einer Automatisierung des Depots

- Geschützter, abgeschlossener Bereich - ideales Testfeld (technische Komplexität geringer, Zulassung einfacher)



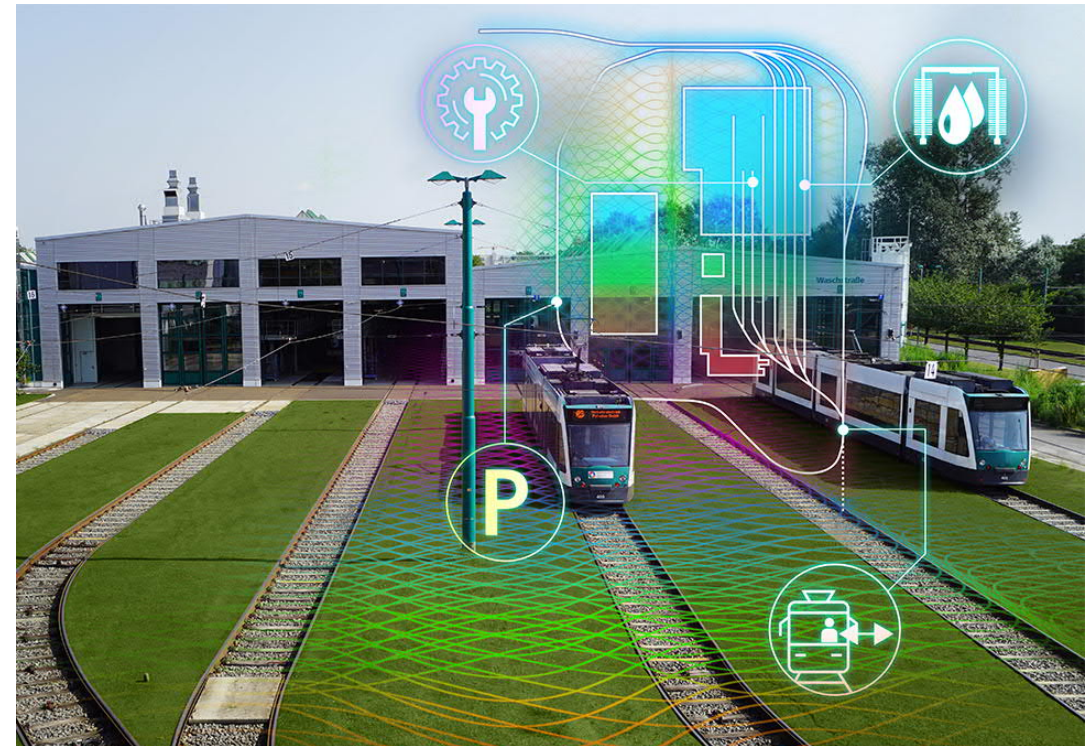
- Erste kommerzielle Anwendung
 - Reduzierung des Personalaufwands für regelmäßig wiederkehrende Rangier-tätigkeiten (Fahrzeugwäsche, Besandung, Wartung)
 - Reduzierung von Auf- und Abrüst-sowie Wegezeiten beim Abstellen und Bereitstellen der Fahrzeuge



Projekt AStriD (Autonome Straßenbahn im Depot) – Demonstration des automatisierten Depotbetriebes bis 2022

AStriD ist der nächste große Meilenstein auf dem Weg zum autonomen Fahren der Tram

- Förderprojekt des BMVI - mFUND
- Umsetzung im Betriebshof des Verkehrsbetriebes Potsdam ViP
- Ziel ist die Entwicklung eines voll-automatisierten Depots auf Basis von autonom fahrenden Trams
- Umfasst auch die Betrachtung von
 - juristischen Grundlagen für Zulassung und Betrieb
 - Analyse der ökonomische Auswirkungen





SIEMENS
Ingenuity for life

Vielen Dank!

Daniel Hoepffner

Projektleiter Autonome Tram Potsdam
Siemens Mobility GmbH, Rolling Stock LR PM

Matthias Hofmann

Produktportfolio Manager Light Rail
Siemens Mobility GmbH, Rolling Stock ST PM

[siemens.com/mobility](https://www.siemens.com/mobility)