



Auf dem Weg zur autonomen Tram

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

- 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



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 und Radfahrern
 - Geschwindigkeitsüberwachung

Evaluation KIT – Entwicklungsplattform

Objektive Auswertung von Feldtestergebnissen

- Verbesserung der Systemleistung
- Validierung neuer Use Cases

Tram Assistant



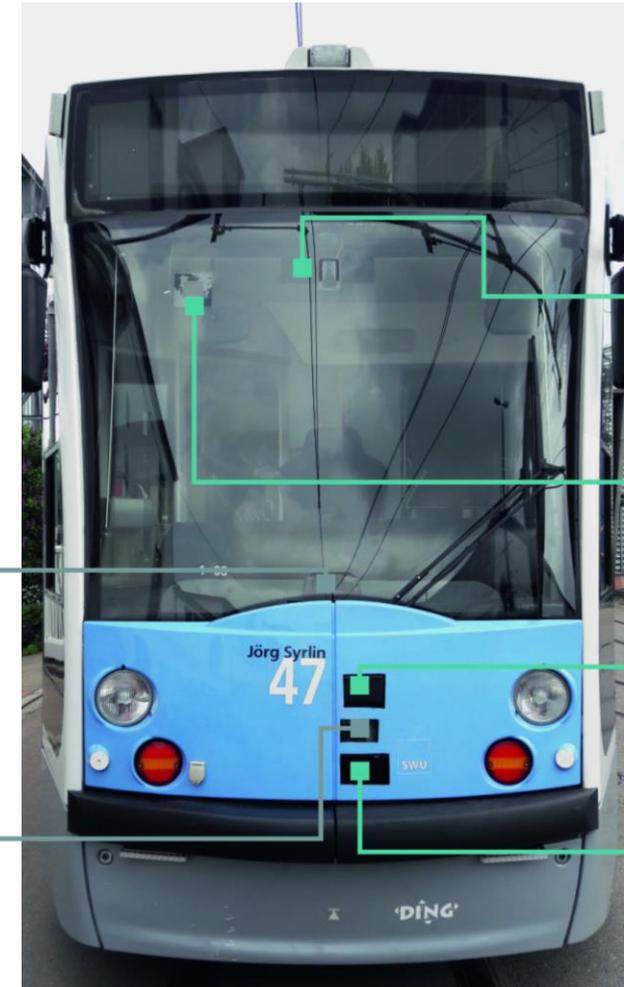
Controller



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
- Klassifizierung anhand der Objekteigenschaften
- 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

Bildquelle: Bosch Engineering

Frei verwendbar © Siemens 2019

Siemens Tram Assistant – Mehr Sicherheit und Effizienz im öffentlichen Verkehr

SIEMENS
Ingenuity for life



Weniger

Reparaturkosten
durch verhinderte
Kollisionen



Mehr

Sicherheit



Enabler für das voll-
automatisierte Fahren



Höhere

Verfügbarkeit

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

Seit 2017 – Stufe 2 – Die autonome Tram

Idee und Motivation von Siemens Mobility

- Kollisionswarnsysteme sind bereits heute in Trams im Einsatz
- Entwicklung des autonomen Fahrens muss im Feld erfolgen – nur in der Praxis können die komplexen Situationen »erlernt« werden
- Im Gegensatz zu »autonom« fahrenden Autos/ Bussen wurde eine »autonom« fahrende Tram bisher noch nicht demonstriert oder erprobt
- So wurde 2017 die Idee eines Demonstrators zur Innotrans 2018 geboren
- Weitere Nutzung als Erprobungsträger auf dem langfristigen Weg zur voll-autonomen Tram
- Rückfluss in die Weiterentwicklung der Fahrerassistenzsysteme

Bildquelle: Google, Daimler AG, navya

Frei verwendbar © Siemens 2019

Die autonome Tram – Wie die autonome Tram funktioniert

1 Laufendes Scannen
des Umfeldes

2 Intelligente Bewertung
der Situation

3 Angemessene
Reaktion



Die autonome Tram – Der Forschungsprototyp meistert alle wesentlichen Fahraufgaben

SIEMENS
Ingenuity for life



Erweiterung um
7 km
seit Innotrans



Signal-
anfahrt



Haltestellen-
anfahrt



Kreuzende
Fußgänger



Kreuzende
Fahrzeuge



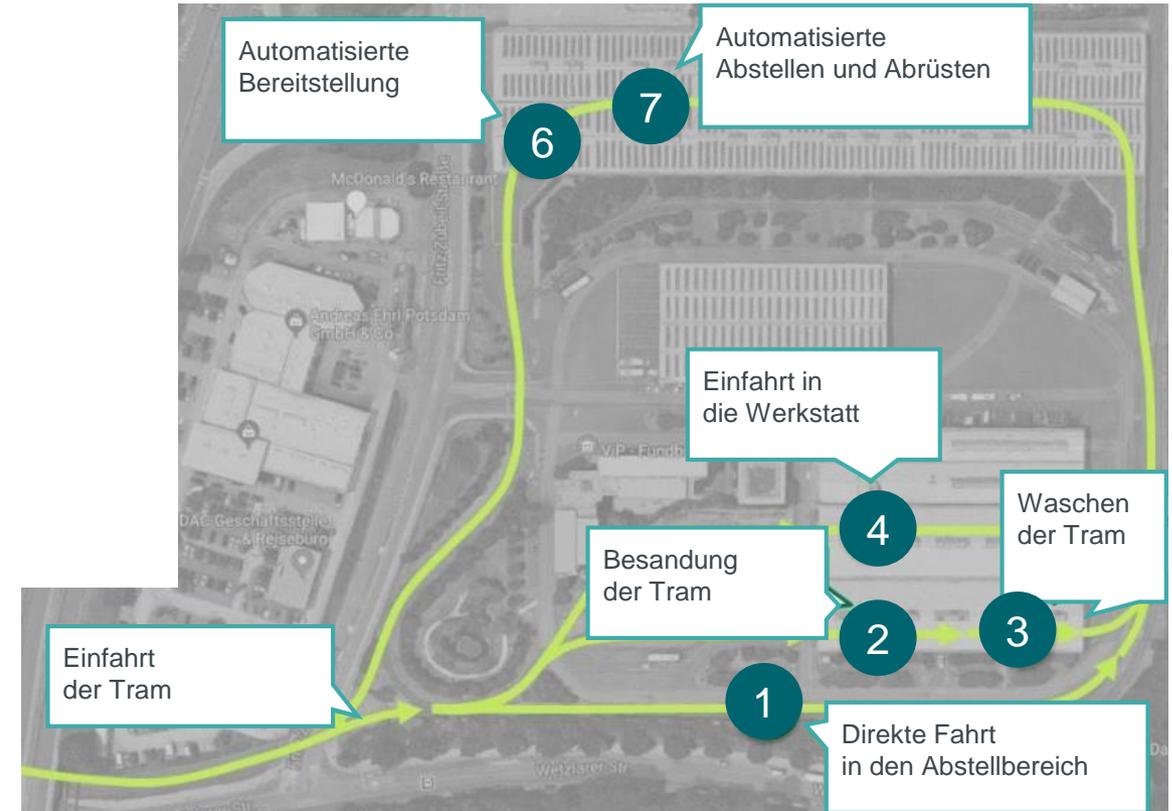
Die autonome Tram – Was haben wir gelernt und wie geht es weiter?

- Autonomes Fahren ist auch für Straßenbahnen technisch möglich!
- Die heute verfügbaren Technologien bieten dafür eine gute Basis
- Aber: Die Adaption auf die spezifischen Szenarien eines Tram-Betriebes ist dennoch 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



Die autonome Tram – Untersuchung einer Automatisierung des Depots

- Evolution des autonomen Fahrens führt über den Betriebshof
- Geschützter, abgeschlossener Bereich – ideales Testfeld, Zulassung einfacher
- Ziel 1: Reduzierung des Personalaufwands für regelmäßig wiederkehrende Rangiertätigkeiten (Fahrzeugwäsche, Besandung, Wartung)
- Ziel 2: Reduzierung von Auf- und Abrüst- sowie Wegezeiten



Schrittweises Herstellen der Akzeptanz autonomer Systeme

Die autonome Tram – Der Weg zum autonomen Fahren

Anwendungsfall

Beschreibung

Vorteile

Depotbetrieb



Autonomer Betrieb auf gesicherten Gleisanlagen mit geringen Geschwindigkeiten

- **Reduzierung Rangierpersonal**
- Optimierung des Fahrzeugtransports (weniger Wartezeiten)
- Weniger Arbeiter in **unfallgefährdeten Schienenbereichen**

Automatisches Ab- und Bereitstellen



Ab- und Bereitstellen von Zügen auf/von Stellplätzen nach kommerziellem Betrieb, höhere Geschwindigkeiten, teilweise öffentliches Netz

- **Reduzierung** unproduktiver, zeitaufwändiger **einfacher Fahrten**
- **Schnellerer Einsatz** zusätzlicher Fahrzeuge

Vollautomatisch auf Teilstrecken



System übernimmt die Verantwortung in geeigneten Bereichen z.B. Linien mit geringer Dichte oder spezieller Absicherung

- Reduzierung von **monotonen Überwachungsaufgaben**
- **Pausenzeiten** für Fahrer

Vollautomatischer Betrieb



Vollautomatischer Betrieb auf ganzer Strecke ohne Fahrer

- **Kein Fahrer** mehr notwendig
- **Eliminierung der Fahrerkabine** (niedrigere CAPEX, höhere Kapazität)
- Potenzial völlig **neuer Geschäftsmodelle**

Die autonome Tram – Übertrag der Ergebnisse auf weitere Anwendungen

Kollisionsvermeidung für Mainline

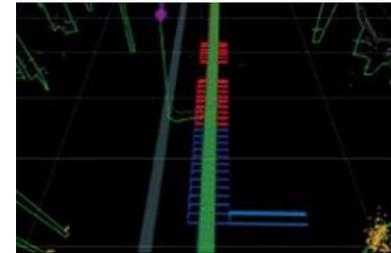
Siemens Mainline Assistant für die Hinderniserkennung (bis zu 40 km/h) zur Verhinderung von Kollisionen mit Prellböcken, anderen Zügen, Wagen, Personen oder anderen Objekten im Gleis

Erweiterte Anwendungsfälle

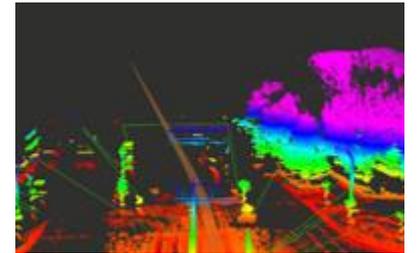
Fahrerloser Betrieb/Abstellen/
Bereitstellen, Fahrerloser Betrieb
auf geeigneten Segmenten oder Netzen



Sensorsetup
Tram



Train Position
Determination
Tram



Free Space
Detection
Tram

**Basis für alle
Fahrzeuge**



Siemens Mainline Assistant | Qualifikation in Kooperation mit der Deutschen Bahn/Advanced Trainlab