

**SIEMENS**  
*Ingenuity for life*



Teaching trams to drive.

Auf dem Weg zur smarten, autonomen Tram –  
ein Forschungsprojekt von Siemens Mobility

[siemens.com/autonomous-tram](https://www.siemens.com/autonomous-tram)

# Der Trend: Städte fahren autonom

Seit mehreren Jahrzehnten erlebt die Straßenbahn eine weltweite Renaissance. Doch Autos und Busse werden dank fortschrittlicher Sensor- und Automatisierungstechnologien sehr schnell intelligenter und unabhängiger. Will die Tram damit Schritt halten und ihre Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit dauerhaft sichern, muss sie sich zu einem smarten und autonomen Verkehrsmittel weiterentwickeln.

## Eine große Vision mit großen Herausforderungen:

- Offene Infrastruktur: Die smarte und autonome Tram bewegt sich im Mischverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern.
- Blick voraus: Die smarte und autonome Tram muss permanent ihr Umfeld im Blick haben und Kollisionen vermeiden.
- Intelligenz an Bord: Das Fahrzeug muss selbstständig die komplexesten Verkehrssituationen erfolgreich meistern – ohne zentrale Steuerung von außen.



## Inhalt

Projekthintergrund	2
Projektumfang	3
Schlüsseltechnologien	4-5
Verkehrsszenarien	6-7

# Vom assistierten zum autonomen Fahren

Der Weg zur intelligenten Straßenbahn führt über mehrere Stufen. Assistenzsysteme zur Fahrerunterstützung sind bereits seit Jahren bewährt. 2018 hat Siemens Mobility dann in Potsdam den Forschungsprototyp einer smarten, autonomen Tram auf die Schiene gesetzt. Dank der täglichen Erfahrungen im echten Stadtverkehr lässt sich die Technologie immer weitgehender für das autonome Fahren „trainieren“.

## Der „Siemens Tram Assistant“

Schon vor mehreren Jahren hat Siemens Mobility das Fahrerassistenzsystem „Siemens Tram Assistant“ auf den Weg gebracht – ein Kollisionswarn- und -schutzsystem zur Unterstützung des Fahrers.

In Den Haag (Niederlande) und Ulm (Deutschland) wird das System bereits erfolgreich in Siemens-Trams eingesetzt. In naher Zukunft werden sich Bremen (Deutschland) und Kopenhagen (Dänemark) anschließen.

## Prototyp einer autonomen Tram

Der nächste Entwicklungsschritt wurde in Potsdam bei Berlin eingeläutet. Gemeinsam mit der ViP Verkehrsbetrieb Potsdam GmbH erprobt Siemens Mobility hier den autonomen Trambetrieb in echter Verkehrsumgebung – live demonstriert im Rahmen der InnoTrans 2018.

Dabei ließ sich erstmals verfolgen, wie die Tram der Zukunft komplexe Situationen zuverlässig erkennt, intelligent bewertet und selbstständig darauf reagiert.

*„Die große Kunst ist, die Tram im Verkehrsraum mit anderen Verkehrsteilnehmern sicher durch die Straßen zu bewegen.“*

Ivo Köhler, Projektleiter Autonomes Fahren  
ViP Verkehrsbetrieb Potsdam GmbH

## Bereit für den nächsten Schritt

Mit jeder Erprobungsfahrt wächst das Wissen über Verkehrs- und Infrastruktursituationen weiter. Registrieren etwa die Sensoren Personen im unmittelbaren Umfeld, muss die Intelligenz des Systems entscheiden: Liegt eine Routine-Haltestellenanfahrt vor – oder ist Gefahr im Verzug, so dass sofort gebremst werden muss?

Siemens Mobility verbindet langjährige Automatisierungserfahrung, Wissen über das Fahrzeughverhalten sowie leistungsfähige Datenanalytik und künstliche Intelligenz, um das System weiter zu optimieren. Damit rückt die technische Realisierbarkeit Schritt für Schritt näher.

## Assistiertes Fahren mit dem Siemens Tram Assistant

### Status Quo:

Kollisionswarnung vor Trams, PKWs, LKWs und Bussen im Fahrweg voraus

### Kurzfristige Erweiterung:

- Fußgängerwarnung
- Geschwindigkeitsüberwachung

### Mittelfristiger Ausbau:

Weitere Funktionen aus der Automobilindustrie

## Stufenweise automomes Fahren

### Automatisierter Depotbetrieb:

- Selbstständiges Ab- und Bereitstellen der Fahrzeuge
- Autonome Rangierfahrten, z. B. zur Waschanlage

### Teilautomatisiertes Fahren:

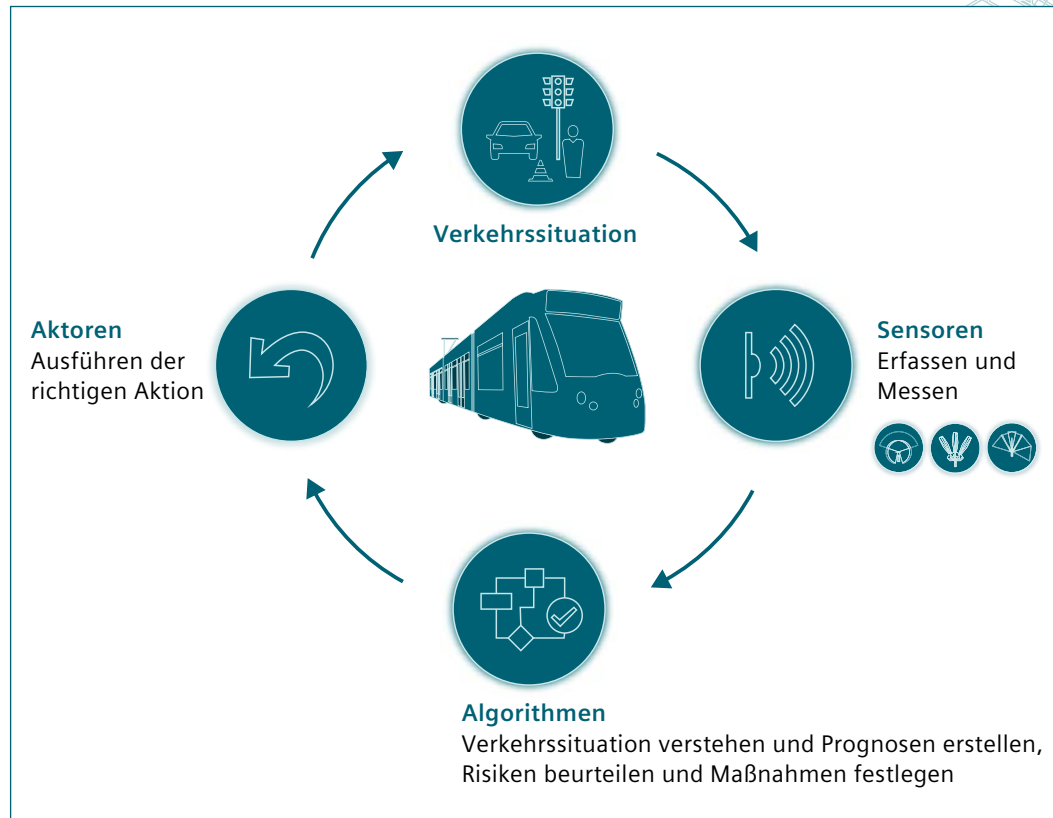
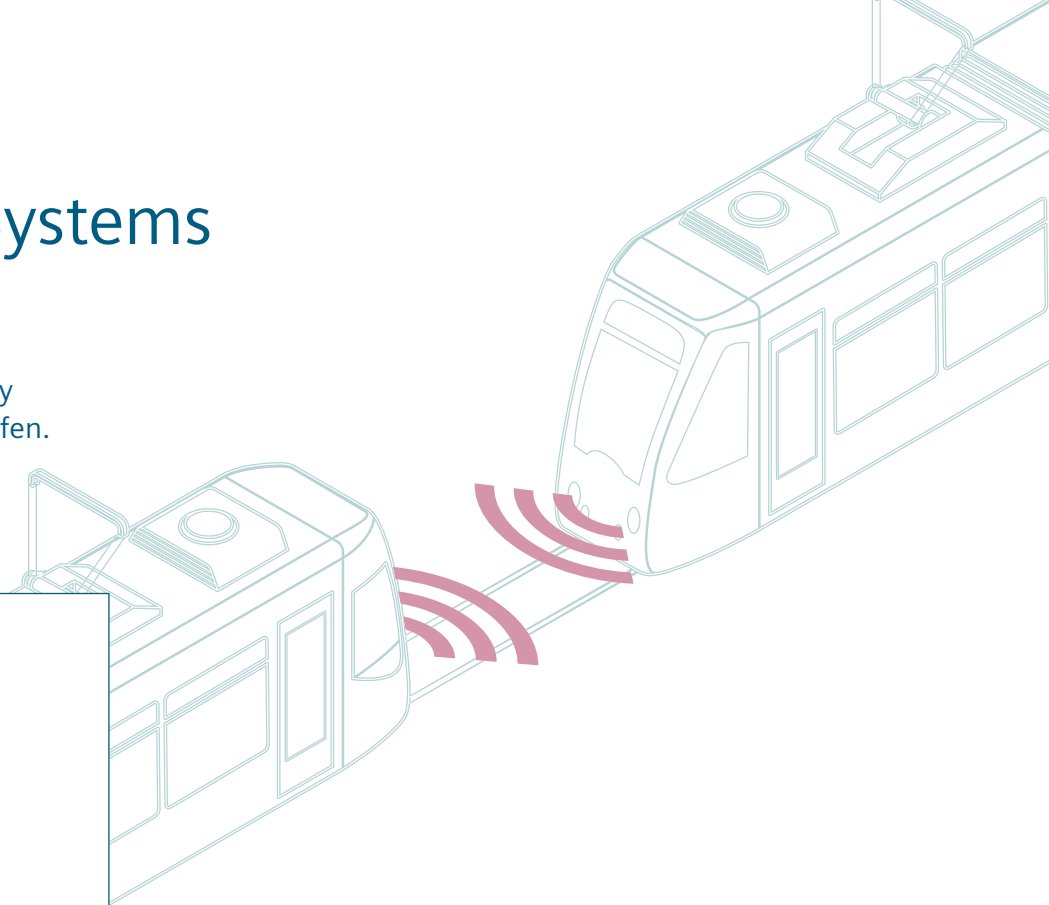
- Automatisierung von Teilstrecken mit Kollisionsvermeidung
- Gleichzeitige Überwachung durch den Fahrer

### Autonomes Fahren:

Auch im komplexen urbanen Verkehrsumfeld mit Mischverkehr

# Die Augen und das Gehirn des Systems

Was die Automobilindustrie zur Entwicklung autonomer Autos, Busse und LKWs unternimmt, ist auch für den öffentlichen Nahverkehr relevant. Bei der Erprobung der smarten und autonomen Tram hat Siemens Mobility daher auf eine Reihe bewährter Technologien und Prinzipien zurückgegriffen.



Das Fahrzeug nutzt eine ganze Bandbreite an Lidar-, Radar- und Kamerasensoren als digitale „Augen“, um seine Verkehrsumgebung zu lesen. Zugleich dient künstliche Intelligenz mit komplexen Algorithmen als „Gehirn“. Dieses interpretiert und bewertet die jeweilige Fahrsituation, prognostiziert den weiteren Fortgang des Geschehens und löst die notwendige Reaktion der Tram aus.

# Näher hingeschaut: die drei Sensoren

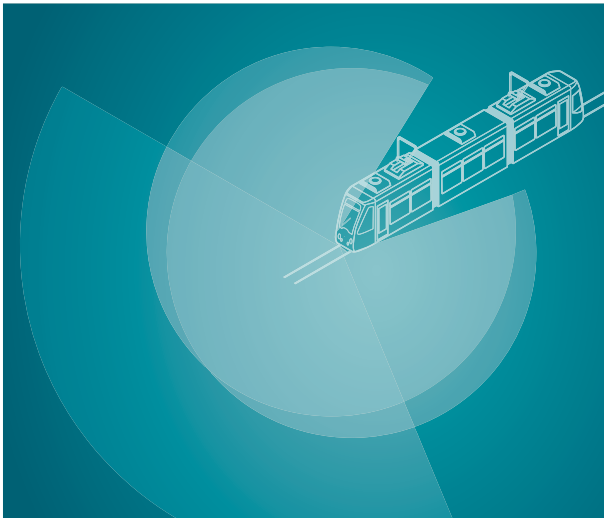
Alle drei Sensortypen haben ihre spezifischen Stärken. Die Verschmelzung der unterschiedlichen Perspektiven bietet eine sichere Entscheidungsbasis.



## Lidar

(Light detection and ranging)

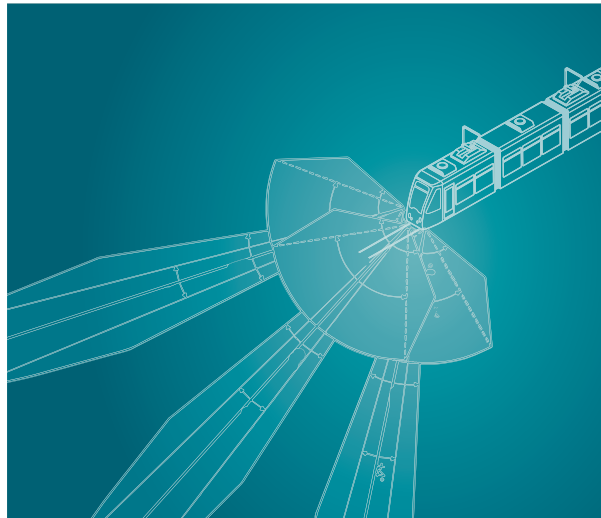
- Ermöglicht 3D-Umfeld-Erfassung und -Positionierung
- Scannt Objekte mittels Laserstrahlen sowohl vertikal als auch horizontal; nutzt die reflektierten Wellen zur Umgebungswahrnehmung
- Erlaubt der Tram, in einem Winkel von bis zu 270° zu „sehen“



## Radar

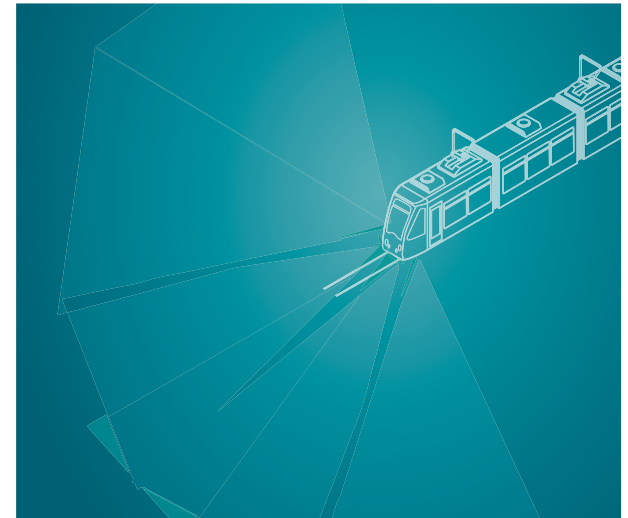
(Radio detection and ranging)

- Misst hochgenau Entfernung und Geschwindigkeit – vor allem von metallischen Objekten
- Sendet Funkwellen und nutzt die reflektierten Wellen zur Objektortung
- Erfasst einen weiten Umgebungsbereich vor der Tram



## Kameras

- Sind auf intelligente Objekt- und Signalerkennung trainiert
- Können so Objekte in tausenden von Konturen und Positionen erkennen und klassifizieren – z. B. als Personen, Signale oder Infrastrukturelemente
- Decken einen weiten optischen Bereich um das Fahrzeug herum ab



# Das Leben ist nicht programmierbar. Die Zukunft der Straßenbahn schon.



## Signalanfahrt

### 1. Sensoren lesen die Umgebung

- Signal voraus
- Zustand: „Halt“ oder „Halt zu erwarten“
- Geschwindigkeit und Entfernung bis zum Signal

### 2. Algorithmen bewerten und schlussfolgern

- „Moderates Bremsen bis zum Stillstand“
- „Anfahren bei Umschalten auf Fahrtfreigabe“

### 3. Aktoren führen die richtige Handlung aus

Bis Tempo 0 herunterbremsen bzw. wieder beschleunigen zur Fahrtfortsetzung



## Haltestellenanfahrt

### 1. Sensoren lesen die Umgebung

- Haltestelle voraus
- Personen haben Sicherheitslinie überschritten
- Geschwindigkeit und Entfernung bis zu den Personen

### 2. Algorithmen bewerten und schlussfolgern

„Warnung an Personen ausgeben“, wenn keine Reaktion, dann „bremsen und vor dem entdeckten Objekt anhalten“

### 3. Aktoren führen die richtige Handlung aus

Warn Glocke auslösen, dann bis Tempo 0 herunterbremsen



Fußgänger, kreuzende Autos, Haltestellen, Signale ...  
Aus den echten Verkehrserfahrungen in Potsdam lernt der  
Forschungsprototyp der smarten und autonomen Tram,  
alle wichtigen Situationen zu meistern.



### Kreuzende Fahrzeuge

#### 1. Sensoren lesen die Umgebung

- Bewegliches Objekt im Schienenweg
- Aktuelle Geschwindigkeit von Auto und Tram
- Entfernung zum Auto

#### 2. Algorithmen bewerten und schlussfolgern

Per Klingel warnen? Bremsen? Zum Anhalten vorbereiten?

#### 3. Aktoren führen die richtige Handlung aus

Bis Tempo 0 herunterbremsen



### Kreuzende Fußgänger

#### 1. Sensoren lesen die Umgebung

- Bewegliches Objekt im Schienenweg
- Aktuelle Geschwindigkeit von Fußgängern und Tram
- Entfernung zu den Fußgängern

#### 2. Algorithmen bewerten und schlussfolgern

Per Klingel warnen? Bremsen? Zum Anhalten vorbereiten?

#### 3. Aktoren führen die richtige Handlung aus

Bis Tempo 0 herunterbremsen



**Herausgeber**

Siemens Mobility GmbH, 2019

Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München-Perlach  
Deutschland

[contact.mobility@siemens.com](mailto:contact.mobility@siemens.com)

Artikel-Nr. MORS-B10005-00  
Gedruckt in Deutschland  
Dispo 21720 SIMC-0000-67299  
gB 180348 05190.3

Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.