

Siemens Mobility auf dem Weg zur autonomen Tram

Während autonom fahrende Autos noch Zukunftsmusik sind, gibt es automatisierte Bahnsysteme bereits seit Jahrzehnten. Siemens Mobility hat hier Pionierarbeit geleistet und ermöglicht Mobilitätsbetreibern auf diese Weise, ihre Züge und Infrastruktur intelligent zu machen und Verfügbarkeit zu garantieren.

Flughafenbahnen von Siemens fahren zum Beispiel in Chicago vollautomatisch, ebenso Metros in Paris, Taipeh und Nürnberg. Seit 1983 verkehren Val-Systeme in Lille, weitere Städte folgten, ab 2020 wird ein neuer vollautomatischer Cityval in Rennes fahren.

Der automatisierte Fahrbetrieb eignet sich in erster Linie für geschlossene Systeme wie Metros und Nahverkehrssysteme mit komplett abgeschottetem Gleiskörper. Der autonome Betrieb in einer offenen Infrastruktur, wie sie bei der Straßenbahn im Stadtverkehr der Normalfall ist, erfordert ganz andere Technologien: Das autonome Fahrzeug muss lernen, sich in einem komplexen Umfeld „intelligent“ zu verhalten.

Weil die gewachsene Infrastruktur im städtischen Raum nur wenig angepasst werden kann, muss die Technik im Fahrzeug angesiedelt sein. Sie muss in der Lage sein, auch die komplexesten Verkehrssituationen im Mischverkehr zu bewältigen. Es herrschen dabei ähnliche Herausforderungen wie in der Automobilindustrie, die bereits seit den 1980er Jahren an autonom fahrenden Autos forscht.

Straßenbahnen sind weltweit als umweltfreundliche, elektrisch fahrende Verkehrsmittel mit hoher Beförderungskapazität und niedrigem Flächenverbrauch gefragt. Und im Zuge der Urbanisierung steigt der Beförderungsbedarf weiter. Um ihm gerecht zu werden, muss sich auch die Straßenbahn weiterentwickeln. Sie

muss intelligent werden, sich mit anderen Verkehrsteilnehmern vernetzen und flexibel an das Fahrgastaufkommen anpassen lassen – etwa durch kleinere Einheiten in den Abendstunden oder eine höhere Taktung in den Kernzeiten. Neue digitale Technologien, vom Fahrerassistenzsystem bis hin zum autonomen Fahren, ebnen hierfür den Weg.

Auf dem Weg zur autonom fahrenden Straßenbahn

Straßenbahnen verkehren meist in einem komplexen Umfeld, in dem sich andere Verkehrsteilnehmer wie Autos, Zweiräder und Fußgänger bewegen. Ampeln und Signale regeln an kritischen Stellen den Verkehr. Grundprinzip des Straßenbahnbetriebs ist das Fahren auf Sicht mit dem planmäßigen Abfahren der Strecke mit ihren Haltestellen und vorgeschriebenen Geschwindigkeiten, die Überwachung des Fahrgastwechsels und das Notfallmanagement bei Störungen. Ein Straßenbahnfahrer muss mindestens 25 Aufgaben bewältigen, viele davon gleichzeitig. Das reicht von der Reaktion auf Autofahrer, Fußgänger und vorausfahrende Bahnen bis zum Einhalten der Geschwindigkeiten und Fahrpläne bei jeder Wetterlage, das punktgenaue Halten vor Ampeln, Signalen und an Haltestellen, die Koordination von Anschlüssen und das Notfallmanagement, wenn im Fahrzeug oder im Fahrweg Probleme entstehen. Nicht zuletzt ist der Fahrer für das Wohl der Fahrgäste verantwortlich. Diese Situationen meistert der Fahrer intuitiv und mit Erfahrung.

Ein teilautonomes oder autonomes Fahrzeug hat den Vorteil, dass es nicht ermüdet, schneller reagieren kann und ein breiteres Wahrnehmungsfeld hat. Sensoren ersetzen Augen und Ohren, Mustererkennung, grundlegende Verhaltensmuster und Reaktionen sind in Programme für die Fahrzeugsteuerung eingearbeitet. Menschliche Intuition und Erfahrung sind aber nur begrenzt normierbar und programmierbar, nicht jede Situation ist vorhersehbar. Die Fahrzeugsteuerung muss schrittweise so programmiert werden, dass sie bei neuen Situationen immer flexibler reagiert. Die Software muss lernen, blitzschnell Entscheidungen zu treffen – oder Unterstützung anzufordern.

Entwicklungsstufe 1: Vermeidung von Kollisionen durch den Siemens Tram Assistant

Um Verkehrsbetrieben schnell einen Nutzen bieten zu können, geht Siemens Mobility bei der Entwicklung und dem Training einer autonom fahrenden Straßenbahn iterativ vor. Auffahrunfälle kommen bei Straßenbahnen häufiger vor und erzeugen Schäden in Millionenhöhe. Aus diesem Grund wurde als erste Stufe ein Kollisionswarnsystem implementiert, das die Daten von Radar und Kamera kombiniert. Dazu rüstete Siemens Mobility ein Combino-Fahrzeug der Stadtwerke Ulm mit einem darauf ausgerichteten Assistenzsystem aus. Dieser Siemens Tram Assistant basiert auf Automotive-Komponenten von Bosch.

Der Siemens Tram Assistant erfasst mit seinen Sensoren den Bereich vor der Straßenbahn und warnt bei Kollisionsgefahr mit anderen Straßenbahnen, mit Autos oder Prellböcken. Drei Versionen greifen unterschiedlich in die Fahrzeugsteuerung ein. Bei der niedrigsten Integrationsstufe erfolgt eine akustische Warnung, in der höchsten erfolgt – falls der Fahrer nicht reagiert – ein automatischer Bremsengriff, den der Fahrer jederzeit übersteuern kann.

Zwölf neue Avenio-M-Straßenbahnen der Stadtwerke Ulm sind schon mit dem Siemens Tram Assistant ausgerüstet, zehn ältere Combinos sollen nachgerüstet werden. Parallel dazu erfolgt die Nachrüstung von 60 Avenio-Fahrzeugen in Den Haag. Auch die neuen Avenios für Den Haag, Bremen und Kopenhagen werden vom Siemens Tram Assistant profitieren. Als erste Erweiterung der Basisfunktionen wird nun die Reaktion auf Passanten getestet und evaluiert.

Entwicklungsstufe 2: Erprobung der ersten autonom fahrenden Straßenbahn in Potsdam

Die ViP Verkehrsbetrieb Potsdam GmbH ist seit den 1990er-Jahren Kunde von Siemens Mobility und stellte einen Combino zur Verfügung, der für die Erprobung einer autonomen Straßenbahn mit GPS, Rechnern und einer Vielzahl von Sensoren wie Kameras, Lidar- und Radar-Scannern bestückt wurde. Das gemeinsame Entwicklungsprojekt soll die technologischen Herausforderungen des autonomen Fahrens unter realen Einsatzbedingungen erfassen, um Lösungsansätze zu entwickeln und zu testen. Der zur InnoTrans 2018 vorgestellte weltweit erste Erprobungsträger ist nicht für den kommerziellen Einsatz ausgelegt. Langfristig soll

aber eine Straßenbahn entwickelt werden, die mit dem Automationsgrad GoA 3 (mit Begleitperson für Notfälle) oder GoA 4 (ohne Begleitpersonal) verkehren kann.

Die Umgebung vorn und zu den Seiten der Tram wird von verschiedenen Kameras erfasst. Die Auswertesoftware wird mit Verfahren der Künstlichen Intelligenz trainiert, um Objekte und Menschen in den verschiedensten Formen und Positionen zu erkennen. Die Algorithmen erkennen unter anderem Signale und Signalzustände, Personen, andere Fahrzeuge wie Autos oder Radfahrer, Gegenstände und Hindernisse im Gleis. Die ausgewerteten Bilder der Kameras bringen die Straßenbahn zum Halt, wenn Signale die Weiterfahrt verbieten. Springt das Signalbild auf „Fahrt“, fährt der Combino selbstständig los.

Die Informationen der Kameras werden mit den Daten der drei Radar-Detektoren kombiniert. Die reflektierten Radarwellen identifizieren zum Beispiel metallene Objekte wie Autos und andere Straßenbahnen, außerdem wird die Geschwindigkeit und Entfernung dieser Objekte berechnet.

Drei Lidar-Scanner erfassen als digitale Augen das Umfeld um den Kopf des Combino in einem Winkel von 270 Grad. Sie scannen horizontal und vertikal, erkennen zum Beispiel Personen, messen ihre Geschwindigkeit und errechnen und positionieren ein stilisiertes dreidimensionales Abbild in der erfassten Umgebung.

Komplexe Algorithmen auf Hochleistungsrechnern sind das „Gehirn“ der Straßenbahn. Sie bewerten die Verkehrssituation, prognostizieren die weitere Entwicklung und treffen die richtigen Entscheidungen, die von den Aktuatoren für Klingel, Antrieb, Steuerelektronik und Bremssystem des Combino ausgeführt werden.

Die Route muss vom Fahrzeug zuvor gelernt werden. Seit Mai 2018 laufen in Potsdam die Versuchsfahrten, begleitet von einem Sicherheitsfahrer, der nur bei Gefahr eingreift. Welche Erkennungsprozesse bei der Auswertung der Daten aus Kameras und Detektoren in Echtzeit ablaufen, zeigt ein großer Monitor im Testfahrzeug. Die Teststrecke wurde von sechs auf 13 Kilometer ausgeweitet und reicht nun vom ViP-Depot bis zur Endhaltestelle Marie-Juchacz-Straße. Auf einem 800 Meter langen eingedeckten, eingezäunten Streckenstück fahren auch Busse. Hier können einzelne Szenarien weiter geübt werden. Auf allen Teststrecken hält

die Tram punktgenau am Bahnsteig, fährt selbstständig an, wenn das Lichtsignal freie Fahrt anzeigt. Personen, die sich dem Gleis schnell nähern, werden durch die Klingel gewarnt. Auf an Bahnübergängen kreuzende Autos reagiert die Tram angemessen wie ein Fahrer. Kein Ruckeln, keine scharfe Bremsung vor Kurven, keine gemächliche Beschleunigung weist auf die autonome Steuerung hin.

Auf der erweiterten Strecke und bei automatischen Depotfahrten soll das autonome Steuerungssystem beweisen, dass es mit den gelernten Fähigkeiten auch hier erfolgreich eingesetzt werden kann.

Entwicklungsstufe 3: Erkenntnisse aus dem Testbetrieb und künftige Herausforderungen

In naher Zukunft soll die Hindernis- und Signalerkennung so weit entwickelt sein, dass sie im Straßenbahnbetrieb regulär einsetzbar ist. Da es noch keine Zulassungsverfahren für autonome Schienenfahrzeuge gibt, arbeiten der Verband Deutscher Verkehrsbetriebe und Siemens Mobility zusammen, um bereits in dieser frühen Phase die sicherheitstechnischen und juristischen Rahmenbedingungen für die neuen Technologie zu definieren.

Die Sensoren der Versuchsstraßenbahn stammen aus der Industrie und dem automobilen Umfeld. Dort gelten für Preisgestaltung und Langlebigkeit andere Bedingungen, ebenso unterscheiden sich die spezifischen Einsatz- und Betriebsbedingungen einer Tram.

Siemens Mobility greift auf vorhandene Automotive-Technologien zurück und passt die grundlegenden Mustererkennungs- und Signalverarbeitungs-Algorithmen an die Anforderungen des Straßenbahnbetriebs an. Die Automobil-Sensoren erfassen viel mehr Objekte vor und neben dem Fahrzeug, als für die Schienenfahrzeuge relevant sind. Deshalb müssen ungefährliche stationäre Objekte wie Oberleitungsmasten, Zäune und Straßenmarkierungen bei der Datenverarbeitung ausgefiltert werden. Eine weitere Herausforderung ist die Ableitung der passenden Warn- und Handlungsstrategien. Die Komponenten verfügen zwar über nützliche Algorithmen zur Personenerkennung, doch wann eine Person zur Gefahr wird, kann nur der Spezialist entwickeln. Ein Beispiel sind Fußgängerzonen oder Haltestellen, wo sich Personen sehr nah am Gefahrenraum der Tram bewegen, aber völlig anders als beim Auto bewertet werden müssen.

Nebeneffekte des autonomen Versuchsfahrzeugs

Die Erprobung der autonomen Tram auf dem Potsdamer Streckennetz unter realen Umwelt- und Verkehrsbedingungen zeigt, dass die technischen Voraussetzungen und Perspektiven vielversprechend sind. Bis zu einer absolut zuverlässigen Einsetzbarkeit im Straßenverkehr sind aber noch zahlreiche Hürden zu nehmen. Denn das Fahrzeug und seine Steuerungssoftware müssen lernen, beliebig komplexe Verkehrssituationen und unbegrenzte Kombinationen aus Einzelszenarien zweifelsfrei zu erkennen und die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen. Das setzt immense Lernprozesse und die Entwicklung zahlloser Algorithmen durch die Entwickler voraus.

Kurz- und mittelfristig werden die Ergebnisse des Projekts aber sukzessive in neue, serienreife Funktionen für Fahrerassistenzsysteme wie dem Siemens Tram Assistant überführt, die bereits heute einen Nutzen für den Kunden haben. Mit einem „Speed Assistant“ könnte beispielsweise zu schnelles Einfahren in enge Kurven, unnötiges Beschleunigen und Bremsen verhindert werden. Auch Daten über neu eingerichtete Langsamfahrstrecken in Baustellenbereichen oder spezifische Streckenbesonderheiten sind minutenaktuell verfügbar. Der Fahrer wird so entlastet, die Sicherheit erhöht und der Verschleiß – etwa beim Herausbeschleunigen aus Bögen – minimiert.

Neben den neuen Funktionen für die Siemens-Assistenzsysteme werden in den nächsten Jahren bereits erste Zwischenstufen des automatisierten Betriebs realisiert. So ist als erster kommerziell nutzbarer Schritt ein automatisierter Depotbetrieb mit autonomer Fahrt in die Abstellanlage denkbar. Die vom öffentlichen Verkehr weitgehend abgeschottete Umgebung vereinfacht die technische Beherrschung und die Zulassung. Gleiches gilt auch für Streckenabschnitte mit abgetrenntem Gleis. Auch hier ist bald eine Teilautomatisierung zur Entlastung des Fahrers möglich, ohne komplexere Szenarien im Mischverkehr beherrschen zu müssen. Bis 2020 wird in Potsdam die Teil-Automatisierung des Depotbetriebs erprobt, um die Depotautomatisierung als kommerzielle Anwendung voranzutreiben.

Da die Sensoren im Fahrzeug das Umfeld exakt erfassen, können sie ebenfalls für die Instandhaltung der Infrastruktur genutzt werden. So kann durch automatisierte Verfahren das Lichtraumprofil sowie der Zustand der Strecke und der Oberleitungen

kontinuierlich geprüft und vor umgefallenen Bäumen und anderen Hindernissen im Gleis gewarnt werden. Sie können die Integrität von Signalen, Weichen und Balisen prüfen und feststellen, wo etwa Vegetation ins Lichtraumprofil hineinragt.

In allen Fällen unterstützt die neue Technik den Fahrer und sorgt so für mehr Sicherheit, höhere Verfügbarkeit, verbesserten Fahrgastkomfort, Pünktlichkeit und Energieeinsparung. Weniger Unfälle, weniger Verschleiß und sinkende Reparaturkosten senken außerdem die Kosten der Verkehrsbetriebe und stellen eine nachhaltige Wertsteigerung über den gesamten Lebenszyklus sicher.

Ansprechpartner für Journalisten:

Eva Hauptenthal

Telefon: +49 89 636 24421; E-Mail: eva.hauptenthal@siemens.com

Diese Hintergrundinformation sowie weiteres Material finden Sie unter:

www.siemens.com/presse/uitp2019

Folgen Sie uns auf Twitter: www.twitter.com/SiemensMobility

Siemens Mobility ist ein eigenständig geführtes Unternehmen der Siemens AG. Siemens Mobility ist seit über 160 Jahren ein führender Anbieter im Bereich Transportlösungen und entwickelt sein Portfolio durch Innovationen ständig weiter. Zum Kerngeschäft gehören Schienenfahrzeuge, Bahnautomatisierungs- und Elektrifizierungslösungen, schlüsselfertige Systeme, intelligente Straßenverkehrstechnik sowie die dazugehörigen Serviceleistungen. Mit der Digitalisierung ermöglicht Siemens Mobility Mobilitätsbetreibern auf der ganzen Welt, ihre Infrastruktur intelligent zu machen, eine nachhaltige Wertsteigerung über den gesamten Lebenszyklus sicherzustellen, den Fahrgastkomfort zu verbessern sowie Verfügbarkeit zu garantieren. Im Geschäftsjahr 2018, das am 30. September 2018 endete, hat die ehemalige Siemens-Division Mobility einen Umsatz von 8,8 Milliarden Euro ausgewiesen und rund 34.200 Mitarbeiter weltweit beschäftigt. Weitere Informationen finden Sie unter:

www.siemens.de/mobility.