SIEMENS
Ingenuity for life

Siemens Mobility und VIP Potsdam auf dem Weg zur autonomen Tram

siemens.tld/keyword 9pt

Bereits seit langem fahren vollautomatische und fahrerlose Flughafenbahnen von Siemens zum Beispiel in Chicago, ebenso Metros in Paris, Taipeh und Nürnberg. Seit 1983 verkehren Val-Systeme in Lille, weitere Städte folgten, ab 2020 wird ein neuer vollautomatisher Cityval in Resses 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 „in telligent" 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.

Auf dem Weg zur auonom 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 wie ein menschlicher Fahrer 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.

Menschliche Bediener noch mit an Bord: Erprobung des teilautonomen Straßenbahnbetriebs im Depot und auf der Strecke in Potsdam mit einem Siemens Combino.

Autonome Combino-Bahnen 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, Laser- (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 Siemens Mobility GmbH aber eine Straßenbahn entwickeln, 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, 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 in Echtzeit, prognostizieren die weitere Entwicklung und treffen die richtigen Entscheidungen, die dann von den Aktuatoren für die Klingel, den Antrieb, die Steuerelektronik und das 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 von Siemens Mobility GmbH punktgenau am Bahnsteig, fährt selbstständig an, wenn das Lichtsignal freie Fahrt anzeigt. Personen, die sich dem Gleis schnell nähern, werden durch die Klingel gewarnt, bevor die Tram gegebenenfalls die Bremsung einleitet. 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.

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 er fassen 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.

Der Forschungssprototyp einer smarten, autonomen Straßenbahn wurde unter echten Straßenverkehrsbedingungen auf einem sechs Kilometer langen Streckenabschnitt des Postdamer Straßenbahnnetzes erfolgreich getestet.

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.

Neben den neuen Funktionen für die Siemens-Assis-tenzsysteme werden in den nächsten Jahren bereits erste Zwischenstufen des automatisierten Betriebs realisiert. So ist als erster kommerziell nutzbarer Schritt die Depotautomatisierung auf Basis einer autonomen Tram geplant. So können zeitintensive Rangierprozesse im Betriebshof wie z.B. Servicefahrten durch eine Waschanlage zu einem Abstellgleis automatisiert werden. Die vom öffentlichen Verkehr weitgehend abgeschottete Umgebung vereinfacht die technische Beherrschung und die Zulassung. Das Projekt trägt den Namen AStriD („Autonome Straßenbahn im Depot“) und wird nun vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen der Förderrichtlinie Modernitätsfonds („mFUND“) gefördert.

Die Umsetzung erfolgt auf dem Betriebshof des Verkehrsbetriebs Potsdam. Bei der Entwicklung soll von Anfang an berücksichtigt werden, welche rechtlichen Rahmenbedingungen für die Genehmigung und den Betrieb einer autonom fahrenden Straßenbahn zu beachten sind und in welchen ökonomischen Rahmen ein operativer Betrieb abzubilden wäre. Das Projekt AStriD startete im Oktober 2019, die Projektdauer beträgt drei Jahre.

Eine weitere Perspektive ist die Möglichkeit, Streckenabschnitte mit abgetrenntem Gleis automatisiert zu befahren, ohne bereits den Mischverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern perfekt beherrschen zu müssen. So kann der Fahrer entlastet und die Sicherheit erhöht werden, gleichzeitig kann durch ein programmiertes Fahrverhalten, auch unter Berücksichtigung vorausfahrender Straßenbahnen, auf diesen Abschnitten Energie eingespart werden.

Da die Sensoren im Fahrzeug das Umfeld exakt erfassen, können sie ebenfalls als Unterstützung für den Fahrer in einer konventionellen Tram dienen oder für die Instandhaltung der Infrastruktur genutzt werden. So können 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.

Matthias Hofmann
Er ist Produkt Portfolio Manager für Straßen- und Stadt-bahnen bei Siemens Mobility GmbH und seit 2015 verantwortlich für das Entwicklungsprogramm für assistiertes und autonomes Fahren von Straßenbahnen. Seit 1994 ist er bei Siemens in verschiedenen Positionen im Bereich Light Rail tätig, darunter internationaler Vertrieb, Ange-botsleitung und Projektmanagement.

Publiziert im
„bahn manager Magazin“, Edition 02/2020,
https://www.bahn-manager.de/archiv/

© Siemens 2020