

Pilotbetrieb mit autonomen Shuttles auf dem Berliner EUREF-Campus

Erfahrungsbericht vom ersten Testfeld zur integrierten urbanen Mobilität der Zukunft

Autonome Shuttles, hochautomatisiertes Fahren, Testfeld, Reallabor, EUREF-Campus, Nutzerakzeptanz

Auf dem Berliner EUREF-Campus befindet sich seit November 2016 das erste öffentlich zugängliche Testfeld für hochautomatisierte Shuttles in Deutschland. Bei den täglichen Linienfahrten mit Fahrgästen und im Mischbetrieb mit anderen Verkehrsteilnehmern konnte eine Menge wichtiger Erfahrungen gesammelt werden. Neben Erkenntnissen zur technischen Weiterentwicklung standen Fragen zur Nutzerakzeptanz im Vordergrund. Ausgehend vom erfolgreichen Linienbetrieb kann nun die Pilotierung komplexerer Use Cases beginnen, die den Weg zur intelligenten Mobilität von morgen weiter ebnen helfen.

Frank Hunsicker, Andreas Knie, Gernot Lobenberg, Doris Lohrmann, Ulrike Meier, Sina Nordhoff, Stephan Pfeiffer

Das automatisierte Fahren ist mehr als nur ein kurzweiliger Trend – in immer kürzeren Abständen werden Fahrzeuge präsentiert und neue Pilotversuche angekündigt. Unter der Domäne der Automobilindustrie werden auf einer Reihe von Testfeldern meist klassische Verbrennerfahrzeuge im (teil-)automatisierten Fahrbetrieb erprobt. Parallel dazu sind kleinere Hersteller wie Local Motors, EasyMile oder Navya erst seit wenigen Jahren dabei, hochautomatisiert fahrende sowie elektrisch betriebene Shuttles als neuen Baustein des öffentlichen Verkehrs zu testen und zu vermarkten.

Die Unterschiede hinsichtlich strategischer Ausrichtung und technischer Performance sind jedoch gravierend: Während die Automobilindustrie zwar einen elaborierten Stand der Technik erreicht hat, aber im Grunde weiterhin die Fortentwicklung des klassischen MIV betreibt, verstehen sich die neuen Player als Mitgestalter einer neuen Form des individualisierten, öffentlichen Verkehrs. Als heute noch relativ neue Technologie sind autonome Shuttles¹ unterschiedlichster Größenordnung im Verkehr der Zukunft digital vernetzt und – natürlich elektrisch angetrieben – auch Teil einer regenerativen Energieversorgung. Für eine moderne, intelligente Stadt sind hohe Bündelungsfunktionen und individuelle Nutzungsprofile wichtige Kriterien. Autonome

Fahrzeuge füllen damit eine strategisch bedeutsame Lücke zwischen klassischen spurgeführten Liniendiensten und dem Individualverkehr. Notwendig dafür ist neben einer robusten Verfügbarkeit ein Betrieb, der „on demand“ zur Verfügung steht.

Reallabore und Testfelder bieten sich an, um bereits heute den vernetzten Mobilitätsalltag der Zukunft simulieren und in Piloten „niedrigschwellig“ die Vorteile und Anwendbarkeit für Nutzer und Stakeholder erlebbar machen zu können.² Das erste Testfeld in Deutschland mit einem autonomen Shuttle wurde von der Deutschen Bahn im November und Dezember 2016 auf dem Werksgelände von DB Schenker in Leipzig realisiert: Ein selbstfahrender Bus Modell EZ10 des französischen Fahrzeugherstellers EasyMile diente hier der Wegbeschleunigung für die ca. 1100 Mitarbeiter auf dem Firmengelände. Die Strecke hatte eine Länge von 1500 m und die Fahrten erfolgten nach einem festen Fahrplan.

Reallabor EUREF-Campus in Berlin

Das erste öffentlich zugängliche Testfeld für autonome Shuttles in Deutschland befindet sich auf dem Privatgelände des EUREF-Campus in Berlin-Schöneberg. Auf dem 5,5 ha großen früheren Gaswerk-Gelände wird seit 2010 schrittweise ein moderner Büro- und Wissenschaftscampus mit dem Anspruch eines intelligenten Stadtquartiers

der Zukunft errichtet. Der EUREF-Campus ist ein halböffentlicher Erprobungsraum, d.h. Voraussetzungen, die im öffentlichen Straßennetz nicht zeitnah genehmigungsfähig sind, lassen sich hier schnell in die Tat umsetzen, weil der Zugang zum Areal kontrollierbar ist. Da dennoch PKW, Lieferwagen, Radfahrer und Fußgänger unterwegs sind, bietet er eine ideale Erprobungsfläche unter möglichst realitätsnahen Bedingungen. Neben den derzeit über 2500 Beschäftigten ergibt sich durch die Vielzahl von Besuchern von Fachveranstaltungen und Events sowie nahezu täglichen Besuchen von nationalen und internationalen Gästegruppen für die Testfahrten ein sehr hoher Multiplikatoreffekt.

Pilotbetrieb

Nachdem der Prototyp des autonomen Shuttles Typ „Olli“ von Local Motors bereits seit Juni 2016 auf dem EUREF-Campus für den Einsatz aufgerüstet wurde, begann Ende November 2016 der erste über einen längeren Zeitraum von insgesamt über acht Monaten währende Test-Linienbetrieb mit einem autonomen Shuttle (*Bild 1*). Das Shuttle fuhr an Werktagen von 9 bis 17 Uhr im Halbstundentakt sowie zu besonderen Anlässen im Rahmen von Veranstaltungen. Projektpartner waren das InnoZ als Pilotbetreiber und Koordinator sowie die Deutsche Bahn, Local Motors, die Berliner Agentur

für Elektromobilität eMO, die Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe sowie die EUREF AG. Übergeordnetes Ziel war es, die Innovation frühzeitig und unter Berücksichtigung aller sicherheitsrelevanten Aspekte mit Testnutzern zu erproben, Erfahrungen zu sammeln und zu dokumentieren sowie mit diesem Wissen die nächsten sinnvollen Anwendungsschritte vorzubereiten.

Insgesamt wurden über 2200 Fahrgäste transportiert, die über drei fixe Haltestellen – u. a. am Campus-Eingang – Zugang hatten. Die Streckenlänge variierte zwischen ca. 800 und 1000 m, da aufgrund der nach wie vor regen Bautätigkeit auf dem Campus mehrere Linienvarianten befahren werden mussten. Aus rechtlichen Gründen musste immer ein sogenannter Steward, ein mit dem Fahrzeug vertrauter Fahrtbegleiter, an Bord sein, der im Notfall eingreifen kann, kurze Fahrabschnitte bei Unregelmäßigkeiten manuell steuert und als Ansprechpartner für die Fahrgäste fungiert. Vor Aufnahme des Linienbetriebes wurden sieben Stewards durch Local Motors geschult, die nach Dienstplan unter der Regie des InnoZ zum Einsatz kamen. Ihre Aufgabe war es zudem, den Buchungskalender für externe Gäste zu koordinieren, die Befragungen zu begleiten, ein Fahrtenbuch zu führen sowie darin u. a. Störungen und besondere Ereignisse zu dokumentieren.

Die Beschäftigten des EUREF-Campus wurden zu Beginn auf den außergewöhnlichen Testbetrieb hingewiesen und zugleich neugierig gemacht; ebenso sind Anwohner aus den umliegenden Stadtteilen mit einer Flugblattaktion informiert worden. Eine Informationstafel an der Zufahrt zum Gelände machte v. a. motorisierte Gäste auf den Pilotbetrieb aufmerksam. Da das Shuttle von Local Motors derzeit nur für eine Geschwindigkeit von 8 km/h zugelassen ist, wurde die Höchstgeschwindigkeit für alle motorisierten Verkehrsteilnehmer auf dem Campus auf 10 km/h gesenkt.

Während des gesamten bisherigen Betriebszeitraums kam es zu keinem Zeitpunkt zu Unfällen oder zur Gefährdung weder von Fahrgästen noch von anderen Verkehrsteilnehmern.

Wichtigste Erfahrungen aus dem Pilotbetrieb

Autonome Shuttles agieren im Prinzip wie Schienenfahrzeuge. Den in ihrem Bordcomputer einmal eingelesenen Routen, den sog. Trajektorien, folgen sie automatisiert, während die bordeigene Sensorik diese ständig mit der erfassten Umgebung abgleicht (Bild 2). Dadurch kommt das Shuttle bei Hindernissen wie bspw. geparkten Lie-



Bild 1: Der Prototyp des autonomen Shuttles von Local Motors ist seit November 2016 auf dem EUREF-Campus unterwegs.
Foto: Kai Michael Neuhold/Deutsche Bahn



Bild 2: Das Shuttle folgt automatisch den in seinem Bordcomputer eingelesenen Routen, den sogenannten Trajektorien.
Foto: Kai Michael Neuhold/DB

ferwagen oder bei querenden Fußgängern zum Stehen. Beim Prototyp von Local Motors mussten somit in der Regel mehrmals kleine Teilstrecken pro Fahrt im manuellen Modus per Joystick durch den Steward überbrückt werden, da das Fahrzeug noch nicht eigenständig um Objekte herum manövrieren konnte.

Autonome Shuttles befinden sich nach wie vor im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Das Zusammenspiel zwischen Fehlererfassung, Fehlerdeutung und automatisierter Lösung ist noch verbesserungswürdig. Dennoch sind die Fahrzeuge aufgrund der vergleichsweise niedrigkomple-

xen Einsatzanforderungen bereits wesentlich früher als PKW auf dem Automatisierungspfad fahrerlos einsetzbar. Die Zulassung für den öffentlichen Straßenraum ist in Deutschland zwar derzeit in Arbeit, aber sie wird an eng gefasste Rahmenbedingungen hinsichtlich Verkehrsdichte und Geschwindigkeiten gekoppelt sein.

Sehr positiv ist das dauerhaft ungebrochene Interesse am Pilotbetrieb auf dem EUREF-Campus zu bewerten. Auch lange nach der Pressekonferenz mit Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt und dem damaligen Bahnchef Rüdiger Grube im Dezember 2016 sind tägliche Anfragen aus

dem In- und Ausland sowie der Tages- und Fachpresse die Regel.

Aus Sicht der Deutschen Bahn AG konnte auf dem Testfeld EUREF-Campus erstmalig ein Shuttle „live“ mit Kunden getestet, erste Erfahrungen im operativen Betrieb gemacht und wichtige Kundenwünsche zu den Themen Geschwindigkeit, Ausstattung und Sicherheit gesammelt werden. Zudem wurden die Anforderungen der Kunden an „On-Demand-Mobilität“ analysiert. Sie werden bei der Ausgestaltung neuer Anwendungsfälle mit berücksichtigt.

Auch Local Motors erhielt während des Testbetriebs auf dem EUREF-Campus wichtige Impulse, beispielsweise, die eingesetzte Sensortechnik neu zu gestalten und weitere Verbesserungen bei der Bilderkennung vorzunehmen. Zur Umgebungswahrnehmung kommen hier laserbasierte Lidar-Sensoren zum Einsatz, die optisch Abstände und Geschwindigkeiten messen. Der Test unter verschiedenen Wetterbedingungen war ebenfalls sehr hilfreich: Während Regen die Fahrt nicht beeinträchtigte, wurde Hagel von den Sensoren in der Anfangsphase als Hindernis wahrgenommen.

Für den Hersteller waren auch konkrete Erfahrungen bei der Mensch-Technik-Interaktion nützlich, so z. B. mit dem Journalisten, der die Grenzen des Systems persönlich testen wollte und urplötzlich direkt vor das fahrende Shuttle sprang. Allein der physikalisch gegebene Bremsweg war selbst bei 8 km/h Höchstgeschwindigkeit zu lang, um den Journalisten nicht zu berühren. Das Beispiel zeigt, dass nicht nur die Technik weiterentwickelt werden muss, sondern dass auch die Menschen den Umgang mit diesem neuen System erlernen müssen.

Erste Ergebnisse Fahrgast-Empirie

Im Rahmen des Pilotvorhabens konnten erstmals im Inland über einen längeren Zeitraum reale Erfahrungen mit einem autonomen Shuttle gesammelt werden. Von den rund 2200 Fahrgästen konnte knapp ein Drittel mittels Fragebogen, der nach der Fahrt via Tablet-Computer ausgehändigt wurde, befragt werden. Diese Personen waren überwiegend männlich, zwischen 20 und 50 Jahre alt und mehrheitlich nicht auf dem EUREF-Campus beschäftigt. Es zeigte sich, dass sie dieser Art Fahrzeug gegenüber überwiegend sehr positiv eingestellt waren und dessen Einsatz im öffentlichen Personenverkehr insgesamt für eine gute Idee hielten (s. a. Bild 3 links).³ Sie konnten sich einen Einsatz sowohl im ländlichen als auch im städtischen Raum sehr gut vorstellen.⁴

Wie zu erwarten war, wurde die geringe Geschwindigkeit des Fahrzeugs von 8 km/h deutlich negativer bewertet (s. a. Bild 3 rechts).⁵ Was die Zuverlässigkeit, die Sicherheit und die Nützlichkeit bzw. den Komfort für den Arbeitsweg angeht, machte sich noch Kritik in der Befragtengruppe laut.⁶ Diese Ergebnisse entsprechen allerdings den vorherigen Erwartungen, da der Steward in bestimmten Situationen noch eingreifen und manuell steuern muss. Neben dem Fragebogen als quantitatives Erhebungsinstrument wurden die Eindrücke und Wahrnehmungen der Fahrgäste durch die Stewards gesammelt und ausgewertet. Es zeigte sich, dass aber auch hier das Shuttle insgesamt sehr positiv angenommen wurde. Deutlich ist allerdings auch, dass die Vorab-Erwartungen der Fahrgäste die tatsächlichen technischen Fähigkeiten des Fahrzeuges noch überstiegen.

Dieses Ergebnis ist nicht erstaunlich, wenn man an die ambitionierten Ankündigungen diverser Akteure denkt, die vollautomatisiertes bzw. autonomes Fahren in jeder erdenklichen Verkehrssituation in den nächsten Jahren versprechen. Folglich ist ein Erwartungsmanagement notwendig, das potenzielle Fahrgäste über die Einsatzgrenzen autonomer Shuttles aufklärt sowie realistische Erwartungen als akzeptanzfördernde Maßnahme entwickelt.⁷

Ausblick

Zum Test und zur Demonstration der Technologie war der erfolgreiche Linienbetrieb mit dem autonomen Shuttle auf dem EUREF-Campus ein wichtiger und notwendiger, aber eben nur ein allererster Schritt. Sicherlich wird es reale Einsatzfelder für einen schlichten Linienbetrieb mit solchen Fahrzeugen geben, aber ihre eigentlichen Stärken kann die Technik erst dann ausspielen, wenn sie als Mobilitätsoption für Kunden ‚on demand‘ abrufbar und dementsprechend für Betreiber hochflexibel einsetzbar ist.

Die wesentlichen Effizienzgewinne werden zwar erst bei wirklich fahrerlosem Betrieb zu erzielen sein, doch ist es wichtig, das System auf dem Weg dorthin nach und nach in beherrschbaren Versuchsanordnungen zu ertüchtigen. Neben dem Einsatz auf großen Arealen und Campi kommt hierfür die vielzitierte „letzte Meile“ in Frage, beispielsweise zur feinteiligen Anbindung von S- und U-Bahnhöfen in Städten und an deren Peripherie oder von Zugangsstellen des Schienen- und des übergeordneten Busverkehrs im ländlichen Raum. An dieser Schnittstelle können autonome Shuttles helfen, neue Nachfragepotenziale zu erschließen, die vom klassischen ÖPNV nur schwerlich zu heben sind. Nicht zuletzt ergibt sich auch technisches Entwicklungspotenzial, etwa durch die Umrüstung auf induktives Laden, was beim Einsatz mittelgroßer Flotten die Wirtschaftlichkeit sowie auch die Attraktivität von Shuttles erheblich verbessert.

Im und um das Reallabor EUREF-Campus wird der mit dem Pilotbetrieb eingeschlagene Weg zur intermodalen Systemlösung in den nächsten Monaten konsequent weitergegangen. Alle genannten Use Cases sollen hier nach und nach gemeinsam mit Testnutzern und Partnern weiterentwickelt werden. Im Mittelpunkt steht dabei die Ausdehnung des Regelbetriebes auf ausgewählte Strecken im öffentlichen Straßenraum.

Um den Mobilitätsmarkt der Zukunft mitzugestalten, wird die Deutsche Bahn kontinuierlich in öffentlichen Testfeldern neue Mobilitätsprodukte testen und weiter-

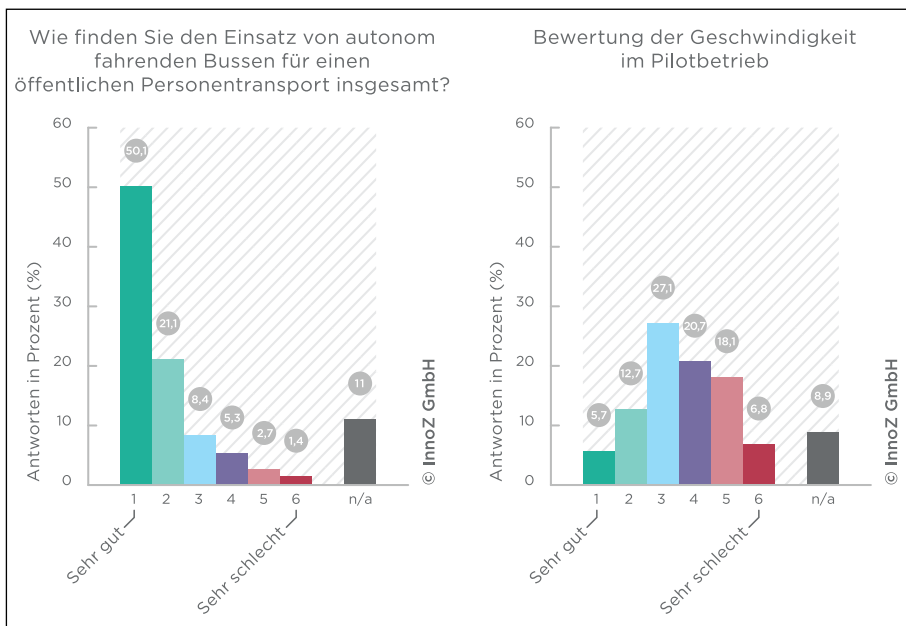


Bild 3 links und rechts: Beispielhafte Auswertungen der Fahrgast-Befragung Quelle: InnoZ GmbH

entwickeln. So ist noch für 2017 der erste Betrieb eines Shuttles im öffentlichen Straßenverkehr geplant. Weitere Testfelder sind bereits im Stadium der konkreten Planung. Mittelfristig wird das autonom fahrende Shuttle dann auch ohne Begleitperson zum Einsatz kommen.

Local Motors plant, die Fortentwicklung der Technik des autonomen Systems Schritt für Schritt weiter zu optimieren. Hierzu gehören u.a. die Verbesserung des Fahrkomforts, die Erhöhung der Geschwindigkeit oder die Ausweitung des Fahrkorridors, um auch bei kreuzendem Verkehr autonom fahren zu können. Allerdings werden die weiteren Entwicklungsarbeiten bis auf Weiteres in den USA stattfinden.

Für die Hauptstadtregion bedeutete das Pilotprojekt den Einstieg in die autonome Mobilität. Als Standort des ersten Probebetriebs mit einem autonomen Shuttle im Linienbetrieb konnte Berlin seine Vorreiterrolle bei innovativen Mobilitätskonzepten unterstreichen. Im nächsten Schritt werden die gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen von Folgeaktivitäten und weiteren Use Cases verstetigt und weiterentwickelt.

Die viel zitierte Vision des universell einsetzbaren, CO₂-freien Robotaxis als jederzeit auf Abruf disponibler Mobilitätsressource, als konsequente Weiterentwicklung einer zukunftsfähigen, intelligenten Mobili-

tät, rückt mit jedem autonomen Testfeld ein Stück näher. Private Eigentumsrechte an einem eigenen Fahrzeug wären nicht mehr notwendig. Die schnelle Verfügbarkeit sichert eine hohe Kundenakzeptanz und ermöglicht eine weitaus effizientere Nutzung des kostbaren öffentlichen Raumes. Es ist immer noch ein langer Weg dahin, er ist jetzt aber deutlich erkennbar. ■

¹ Der Begriff „autonome Shuttles“ wird von den Autoren in diesem Artikel vereinfachend verwendet, wengleich es sich strenggenommen um hochautomatisierte Fahrzeuge handelt, solange ein begleitender Steward an Bord ist.

² Näheres zur Rolle von Reallaboren bei Pilotbetrieben mit autonomen Shuttles: Hunsicker, F. et al. (2016): „Vernetzte Mobilität der Zukunft erfahrbar machen“. Internationales Verkehrswesen (68) 1/2016. München

³ N= 487; nicht beantwort.= 53; M= 1.23, SD= 0.88, auf einer Skala von 1=sehr gut bis 6= sehr schlecht

⁴ N= 487; Ländlich: nicht beantwort.= 50; M= 1.97, SD= 1.24; urban: nicht beantwort.= 49; M= 2.03, SD= 1.2; jew. auf einer Skala von 1= sehr gut bis 6= sehr schlecht

⁵ N= 487; nicht beantwort.= 53; M= 3.58, SD=1.32, auf einer Skala von 1= sehr gut bis 6= sehr schlecht

⁶ N= 487; Zuverlässigkeit: nicht beantwort.= 68; M= 2.68, SD= 1.15; Nützlichkeit/Komfort: nicht beantwort.= 65; M= 2.81, SD= 1.28; Sicherheit: nicht beantwort.= 51; M= 2.67, SD= 1.28; jew. auf einer Skala von 1=sehr gut bis 6= sehr schlecht

⁷ vgl. Nees, M.A. (2016): Acceptance of Self-Driving Cars: An Examination of Idealized versus Realistic Portrayals with a Self-Driving Car Acceptance Scale. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2016 Annual Meeting, pp. 1449-1453



Frank Hunsicker
Programmierer Automatisiertes Fahren, Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin
frank.hunsicker@innoz.de



Andreas Knie, Prof.
Geschäftsführer, Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin
andreas.knie@innoz.de



Gernot Lobenberg
Leiter Agentur für Elektromobilität eMO, Berlin
gernot.lobenberg@emo-berlin.de



Doris Lohrmann
Projektmanagerin, ehemals Local Motors Berlin GmbH
dorislohrmann@gmx.de



Ulrike Meier
Geschäftsführerin Meier Consulting, Berlin
ulrike.meier@umeier-consulting.com



Sina Nordhoff
Wissenschaftl. Mitarbeiterin, Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin
sina.nordhoff@innoz.de



Stephan Pfeiffer
Senior Manager, Konzernentwicklung, Deutsche Bahn AG, Frankfurt am Main
stephan.pfeiffer@deutschebahn.com