

/// Erfahrungen mit einem selbstfahrenden Kleinbus

## DIGIBUS

**KARL REHRL** /// Selbstfahrende Kleinbusse stellen eine faszinierende Möglichkeit zur Überbrückung der ersten / letzten Meile im öffentlichen Personennahverkehr dar. Erste Tests auf öffentlichen Straßen zeigen einerseits die Machbarkeit, andererseits auch die vielen Herausforderungen. In Österreich werden seit Ende 2016 Testfahrten auf öffentlichen Straßen durch eine Verordnung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) ermöglicht. Der Beitrag berichtet von ersten Testfahrten mit einem selbstfahrenden Kleinbus (Digibus) in der Gemeinde Koppl bei Salzburg.<sup>1</sup>

### Einleitung

Im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) wird der Weg von einer Startadresse zu einer Haltestelle oder von einer Haltestelle zu einer Zieladresse oftmals als „erste / letzte Meile“ bezeichnet. Speziell im ländlichen Raum ist die Erschließung dieser ersten / letzten Meile schwierig, da der Betrieb von Linienverkehren aufgrund des geringen Fahrgastaufkommens oftmals als nicht wirtschaftlich zu betrachten ist. Eine Möglichkeit zur Erschließung der ersten / letzten Meile im ländlichen Raum besteht durch sogenannte alternative Bedienungsformen wie Rufbusse oder Anruf-Sammeltaxis.<sup>2</sup> Eine der wesentlichen Herausforderungen dabei ist die Wirtschaftlichkeit, die zu einem wesentlichen Teil durch die Kosten des Fahrpersonals bestimmt wird.<sup>3</sup>

Selbstfahrende, fahrerlose Personentransportsysteme könnten zukünf-

tig eine Möglichkeit bieten, um auch Gebiete mit wenig Nachfrage durch ein öffentliches Mobilitätsangebot zu erschließen, da die Personalkosten als überwiegender Kostenfaktor wegfallen. Daher könnte automatisiertes Fahren zu einer Attraktivierung des ÖPNVs vor allem in ländlichen Regionen beitragen. Aber auch die lückenlose Erschließung von Ortschaften oder Stadtquartieren mit einem öffentlichen Nahverkehrsangebot könnte dadurch möglich werden.<sup>4</sup>

**Automatisiertes Fahren könnte den ÖPNV im LÄNDLICHEN RAUM kostengünstig beleben.**



Quelle: © wildbild/Salzburg Research

### Digibus in der Gemeinde Koppl

Durch den technologischen Fortschritt der letzten Jahre im Bereich des automatisierten Fahrens ist diese Form des öffentlichen Personennahverkehrs von der reinen Theorie in der Praxis angekommen und damit in die Aufmerksamkeit von Nah- und Fernverkehrsunternehmen sowie Verkehrsverbänden gerückt. Beinahe monatlich werden weltweit neue Testversuche angekündigt und Teststrecken eingerichtet. Bereits seit Sommer 2016 ist ein automatisierter Kleinbus in der Schweizer Kleinstadt Sitten (Sion) im Einsatz. Dieser wird von Postauto Schweiz betrieben und verkehrt auf einem ca. zwei Kilometer langen Rundkurs in der Altstadt von Sitten, teilweise in der Fußgängerzone und teilweise im Mischverkehr. Auch in der

französischen Stadt Lyon, im niederländischen Wageningen oder in Berlin werden selbstfahrende Kleinbusse getestet.

In Österreich startete Ende April 2017 der erste Testversuch mit einem selbstfahrenden Kleinbus auf einer öffentlichen Straße in der Salzburger Gemeinde Koppl. Unter der Leitung der Salzburg Research Forschungsgesellschaft wurden in einem siebenmonatigen Pilotversuch Testfahrten zwischen der Bushaltestelle Koppl-Sperrbrücke und dem Ortszentrum von Koppl (ca. 1,4 Kilometer) durchgeführt.

### Selbstfahrende Kleinbusse

Selbstfahrende Kleinbusse für den öffentlichen Personentransport auf der ersten / letzten Meile werden derzeit am

Markt von den französischen Firmen Navya Tech (ARMA DL 4)<sup>5</sup> und Easymile (EZ10)<sup>6</sup> angeboten. Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um elektrisch betriebene Kleinbusse, die zwischen 6 und 15 Personen transportieren können. Sie sind für einen selbstfahrenden Betrieb konzipiert, das heißt, dass sie keinen dezidierten Fahrersitz mehr aufweisen, wodurch auch das Lenkrad bzw. die Fußpedale zur Längs- und Quersteuerung des Fahrzeugs fehlen. In der Regel werden die Fahrzeuge auf vordefinierten Strecken im autonomen Modus betrieben, d. h. die Fahrzeuge sollen in der Lage sein, sämtliche Fahraufgaben (Längs- und Quersteuerung) selbst zu übernehmen. In diesem Modus können sie einer vordefinierten Route folgen, an Haltestellen selbsttätig halten und auf statische oder dynamische Hindernisse reagieren.

Anhand der von SAE International vorgeschlagenen fünf Automatisierungsstufen<sup>7</sup> können selbstfahrende Kleinbusse in die Stufen 3-5, je nach Entwicklungsstand, eingestuft werden. Derzeit müssen die Fahrzeuge noch als Stufe 3-Fahrzeuge eingestuft werden, da nur eine eingeschränkte Bewältigung von Fahraufgaben gegeben ist. Bei Hindernissen auf der Fahrtstrecke leitet das Fahrzeug beispielsweise einen Stopp ein. In diesem Fall muss eine Begleitperson (die derzeit rechtlich auch als Len-

ker gilt) die manuelle Kontrolle übernehmen bzw. den automatischen Modus manuell wieder aktivieren, sobald das Hindernis umfahren wurde. Die manuelle Steuerung erfolgt bei allen Fahrzeugen durch eine geschulte Person mit einem Drive-by-Wire-System (z. B. Joystick).

### Sensorik

Für die Bewältigung von automatisierten Fahraufgaben sind die Fahrzeuge mit unterschiedlichen Sensoren ausgestattet. Für die zuverlässige Erkennung von Hindernissen in der direkten Umgebung des Fahrzeugs werden Nahbereichs-LIDAR-Sensoren verwendet. Der ARMA DL4-Kleinbus der Firma Navya ist für den Rundumblick beispielsweise mit zwei 360-Grad LIDAR-Systemen am Dach und sechs Nahbereichs-LIDAR-Sensoren (vorne, hinten und seitlich) ausgestattet. Für die Positionierung des Fahrzeugs entlang der vordefinierten Strecke wird eine Satelliten-basierte Positionierung (Multi-GNSS-RTK) eingesetzt, die auf Korrektursignale einer lokalen Basisstation zurückgreift. Zusätzlich verwenden die Fahrzeuge auch die LIDAR-Sensoren für die Positionsbestimmung. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein von ausreichend vielen fixen Orientierungspunkten wie z.B. Gebäuden entlang der Fahrtstrecke. Ergänzt werden die LIDAR-Daten durch Odometrie- und Trägheitsdaten.

### Lernen der Fahrtstrecke

Bevor ein selbstfahrender Kleinbus eine Fahrtstrecke selbständig befahren kann, muss diese zuerst exakt vermessen werden. Derzeit wird dafür die Fahrtstrecke bei allen Herstellern durch manuelle Steuerung im Aufnahmehodus befahren. Dabei steuert eine geschulte Person

**Derzeit braucht es noch manuelle UNTERSTÜTZUNG durch eine Begleitperson.**

das Fahrzeug (in der Regel per Joystick) und befährt möglichst exakt die zu erfassende Fahrtstrecke, wenn nötig auch mehrmals, um ein exaktes Abbild der Umgebung zu erhalten. Während dieser Erfassung werden sowohl die LIDAR- als auch die GNSS-Daten aufgezeichnet. Nach dieser ersten Aufzeichnung erfolgt eine teilweise automatisierte, derzeit aber noch weitgehend manuelle Nachbearbeitung der Daten. Um ein realistisches Umgebungsmodell zu erhalten, müssen dynamische Elemente wie Fahrzeuge, Personen, etc. aus den LIDAR-Daten entfernt werden. Nur die fixen Objekte entlang der Strecke bleiben als Orientierungspunkte erhalten. In der Folge wird das bearbeitete Umgebungsmodell wieder in das Fahrzeug eingespielt und für die Positionierung verwendet. In einem zweiten Schritt beginnt nun die Nachbearbeitung. Dabei wird einerseits die Lage der Strecke (Mittellinie und Korridor) manuell angepasst, d. h. es wird der exakte Verlauf festgelegt. Außerdem müssen sämtliche Fahr- bzw. Verkehrsregeln für das Fahrzeug entlang der Strecke erfasst werden wie beispielsweise Fahrtgeschwindigkeit, Beschleunigungs- und Bremsvorgänge, Vorrangregeln, Haltebuchten sowie Haltestellen, Steuerung von Fahrtrichtungsanzeiger bei Abbiegevorgängen und vieles mehr. Das daraus resultierende Fahrmodell wird als Grundlage für jede automatisierte Fahrt entlang der Fahrtstrecke verwendet. Derzeit ist dieses Fahrmodell bei allen Herstellern statisch, d. h. Änderungen an der Fahrtstrecke erfordern ein erneutes manuelles Editieren bzw. ein erneutes Erfassen. Ein dynamisches Lernen von Änderungen ist noch nicht vorgesehen, wird aber in zukünftigen Entwicklungsstufen erfolgen.

## Testfahrten in Österreich

Der vom österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Juni 2016 präsentierte Aktionsplan für automatisiertes Fahren<sup>8</sup> definiert die Grundlagen für Forschungsinstitute und Technologieanbieter, um automatisierte Fahrtechnologien unter realen Bedingungen testen und entwickeln zu können. Das zentrale Element des Aktionsplans sind sieben Anwendungsfälle, die verschiedene automatisierte Fahrscenarien definieren. Anwendungsfall 3 heißt „Neue Flexibilität“, was bedeutet, dass automatische und vernetzte Fahrzeuge den Grundstein für eine hohe Flexibilität in einem intermodalen öffentlichen Verkehrssystem legen sollen.

### Die Testphasen in Österreich basieren auf einem genau definierten **AKTIONSPLAN.**

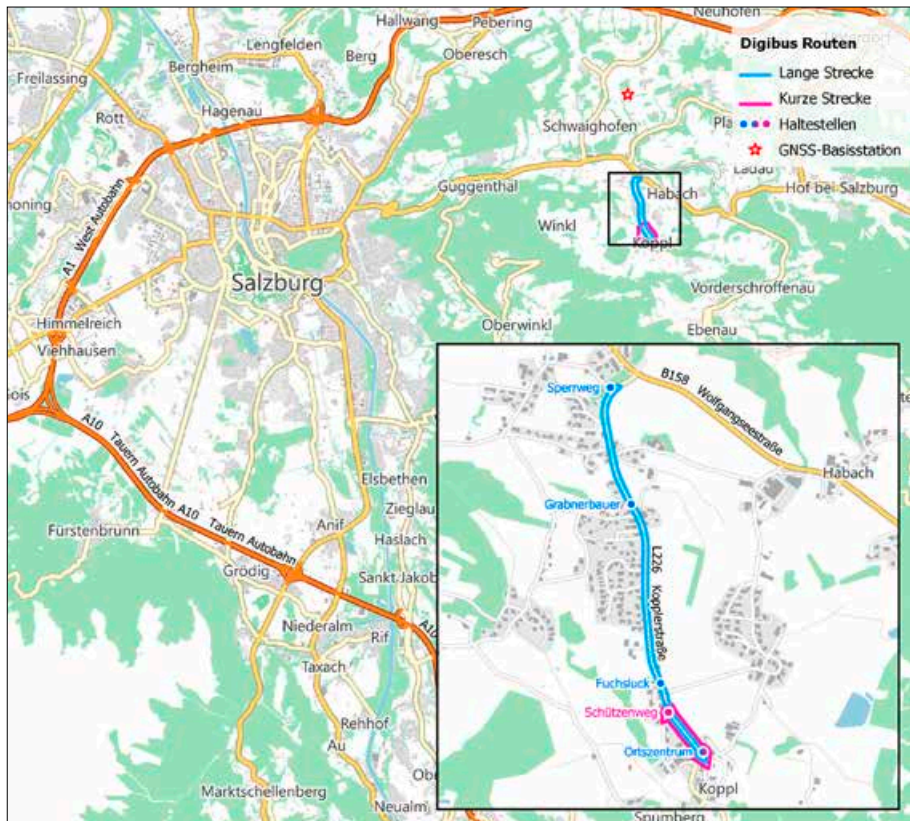
Seit Dezember 2016 definiert eine Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie, die sogenannte „Automatisiertes Fahren Verordnung – AutomatFahrV“, die Rahmenbedingungen für Tests von automatisierten Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen in Österreich.<sup>9</sup> Die Regelung erlaubt es, unter bestimmten Bedingungen Fahraufgaben an Assistenzsysteme oder automatisierte Fahrsysteme zu übertragen. Neben allgemeinen Rahmenbedingungen wie Meldung der Testfahrten, Nennung der Testfahrer

oder Ausstattung der Fahrzeuge mit einem Unfalldatenspeicher, sind in der Verordnung spezifische Rahmenbedingungen für drei unterschiedliche Anwendungsfälle definiert, nämlich autonomer Kleinbus, AutobahnpiLOT mit automatischem Spurwechsel sowie selbstfahrendes Heeresfahrzeug. Für den Test von autonomen Kleinbussen muss gemäß der AutomatFahrV eine geschulte Begleitperson mit mindestens Führerschein B im Kleinbus anwesend sein, die die Kontrolle während der Testfahrten übernehmen kann. Zudem darf der selbstfahrende Kleinbus nur auf einer

vordefinierten Strecke getestet werden, die erlaubte Höchstgeschwindigkeit beträgt 20 km/h, das Fahrzeug muss über eine Notstopptaste verfügen und während der Testphase dürfen maximal neun Personen auf den dafür vorgesehenen Plätzen auf nicht kommerzieller Basis befördert werden. Die AutomatFahrV ermöglicht das Testen von automatisierten Fahrzeugen ohne Typgenehmigung mit einem Probefahrkennzeichen.

Die Salzburg Research Forschungsgesellschaft hat sich mit Unterstützung des Landes Salzburg als erste Organisa-

### Die Teststrecke in der Gemeinde Koppl bei Salzburg



Quelle: Openstreetmap; Bearbeitung durch Salzburg Research

tion in Österreich für den Test eines autonomen Kleinbusses beworben und mit April 2017 die Testgenehmigung vom Bundesministerium erhalten.

### Teststrecke Koppl bei Salzburg

Die Teststrecke für den selbstfahrenden Kleinbus wurde in der Gemeinde Koppl im Bundesland Salzburg eingerichtet. Diese hatte eine einfache Streckenlänge von 1,4 km und eine maximale Steigung von 8 %. Die Befahrung der gesamten Strecke (2,8 km) dauerte bei einer Höchstgeschwindigkeit von 16 km/h ca. 20 Minuten. Neben den Start- und Endhaltestellen umfasst die Route zwei Bushaltestellen pro Fahrtrichtung. Die folgende Grafik bietet einen Überblick über die Teststrecke.

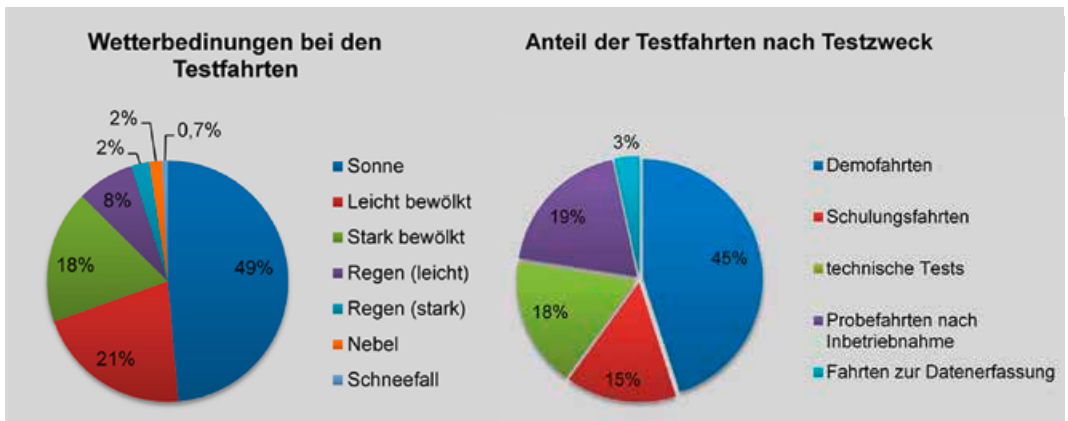
Die Teststrecke in Koppl wurde primär aufgrund des sogenannten Erste / Letzte-Meile-Szenarios gewählt. Für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel ist die Überbrückung der sogenannten letzten Meile, d. h. dem Weg von der Haltestelle zum Zielort oder zum Wohnort, entscheidend. Im Fall von Koppl ist das

Zentrum des Dorfes 1,4 km von der Hauptbuslinie entfernt, die von Bad Ischl nach Salzburg geführt wird.

### Ergebnisse der Testfahrten

Im Testzeitraum vom 24. April bis 22. November 2017 wurden insgesamt 240 Testfahrten mit dem Digibus<sup>10</sup> (so wurde der Kleinbus genannt) durchgeführt, bei denen 874 Personen befördert wurden. Bei den Testfahrten wurden 341 Kilometer zurückgelegt, davon 318 Kilometer im Ortsgebiet und 22 Kilometer auf einer Landstraße. Die meisten Testfahrten (70 %) wurden unter sonnigen und trockenen oder leicht bewölkten Bedingungen durchgeführt. Bei rund 28 % der Testfahrten war es stark bewölkt und regnerisch. 0,7 % der Testfahrten fanden bei Schneefall statt. Diese Schneefahrten sowie weitere Fahrten bei starkem Regen mussten aufgrund der zu extremen Witterungsbedingungen abgebrochen werden. Der Großteil der Testfahrten (45 %) wurde zu Demonstrationszwecken für Unternehmensdelegationen, Vertreter von Behör-

### Wetterbedingungen bei den Testfahrten und Testzwecke



Quelle: Salzburg Research

den oder Verkehrsbehörden, die Presse oder für Privatpersonen durchgeführt. Rund 18 % der Fahrten wurden für technische Tests durchgeführt. Hier wurden beispielsweise Optimierungen an der Zielführung vorgenommen, die Software aktualisiert, Bremsentests durchgeführt oder die Funktionalität und / oder die Reichweite der Sensoren getestet.

### Erfahrungen

Die von Salzburg Research durchgeführten Testfahrten haben gezeigt, dass der selbstfahrende Kleinbus derzeit die Anforderungen hoch- oder vollautomatisierter Fahrzeuge nur unzureichend erfüllt. Das Fahrzeug ist eine Art Prototyp in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Die tatsächliche Fahrleistung des Kleinbusses blieb deutlich hinter den Erwartungen zurück. Obwohl der Hersteller angibt, dass der Navya Arma DL4 Kleinbus das erste selbstfahrende Fahrzeug ist, das die SAE J3016 Stufe 5 („Vollautomatisierung“) erfüllt, klassifizieren wir den Kleinbus, basierend auf den Erfahrungen in Koppl, maximal als Stufe 3 Fahrzeug („bedingte Automatisierung“). Dies bedeutet, dass der menschliche Bediener für die Mehrzahl der Manöver das Verhalten des Fahrzeugs überwachen muss, um gegebenenfalls eingreifen zu können.

Als die größten Herausforderungen im Testbetrieb haben sich folgende Punkte herauskristallisiert:

- Das Einlernen einer neuen Route ist derzeit ein sehr komplexer und ressourcenintensiver Prozess. Ein standardisiertes, herstellerunabhängiges Verfahren zur Analyse, Auswertung und Digitalisierung der Fahrumgebung sowie eine standardisierte Werkzeugkette für die (teil-)automatisierte Erstellung der digitalen Fahrumgebung oder Fahrspur fehlen bisher.
- Eines der am häufigsten registrierten Probleme war, dass der Kleinbus ohne ersichtlichen Grund oder ohne erkennbares Hindernis anhält. Mögliche Gründe können Äste von Bäumen oder Sträuchern am Straßenrand, ungenaue Positionierungsdaten, eine unzuverlässige 3G- oder 4G-Datenübertragung oder Sensorreflexionen gewesen sein.
- Eine der größten Herausforderungen beim Testen selbstfahrender Fahrzeuge im gemischten Verkehr ergibt sich aus der Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern. In einigen Situationen ist nicht klar, was das Fahrzeug als nächstes tun wird und wie sich andere Verkehrsteilnehmer verhalten sollen. Beispielsweise meldet der Kleinbus einen Stopp über ein Display an der hinteren Windschutzscheibe. Bedeutet das aber für die anderen Verkehrsteilnehmer, dass es sicher ist, den Kleinbus zu passieren, oder sollten sie auch hinter dem Kleinbus anhalten? Im Moment sind solche Fragen offen und es fehlen Standards für die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern.
- In Bezug auf die Positionierung wurde durch die Testfahrten in Koppl bestätigt, dass die LIDAR-Positionierung in bebauten Umgebungen, solange sich Gebäude auf der linken und rechten Seite entlang der Route als Referenzobjekte befinden, zuverlässig ist. Sobald der bebaute Bereich verlassen wird, müssen andere Positionierungsansätze verwendet werden wie beispielsweise Multi-GNSS-RTK-Positionierung. Die Positionierungs-

qualität hängt jedoch stark von der Sichtbarkeit der Satelliten sowie von einem zuverlässigen Korrektursignal ab. Der Arma DL4 benötigt mindestens 14 sichtbare Satelliten. Das Erreichen einer solchen GNSS-Abdeckung für alle Streckenabschnitte und an jedem Tag war in Koppl eine Herausforderung. Besonders bei schlechten Wetterbedingungen gab es Situationen mit weniger als 14 sichtbaren Satelliten. Eine stabile Bereitstellung von GNSS-Korrekturdaten war ebenso eine Herausforderung.

- Im Hinblick auf die Umgebungserfassung hat sich gezeigt, dass die Erkennung von statischen Hindernissen im Allgemeinen gut funktioniert und dass der selbstfahrende Kleinbus zuverlässig vor Hindernissen stoppt. Probleme ergeben sich aus toten Winkeln, die eine zuverlässige 360°-Erkennung von Hindernissen verhindern. Dies ist vor allem ein Problem der unglücklichen Position der 360°-LIDAR-Sensoren auf der Dachoberseite (Dachkanten schatten die Sensoren zur Seite ab) und kann in Zukunft leicht gelöst werden. Andere Probleme ergeben sich aus einer zu geringen räumlichen Auflösung der verwendeten Velodyne VLP-16 LIDAR-Sensoren. Die 16 Schichten dieser Sensoren sind auf die unmittelbare Umgebung vor und hinter dem Fahrzeug fokussiert und ermöglichen keine zuverlässige Erkennung von Hindernissen in der Distanz, insbesondere, wenn sich diese Hindernisse mit höheren Geschwindigkeiten (> 30 km / h) bewegen. Dieses Problem kann mit LIDAR-Sensoren mit höherer Auflösung oder mit zusätzlichen Sensoren wie beispielsweise Radar-Sensoren oder Kameras gelöst werden.

- Hinsichtlich der Fahrmanöver wurde durch die Tests bestätigt, dass der Kleinbus nur einfache, vordefinierte Manöver handhaben kann. Er ist bei weitem noch nicht in der Lage, im gemischten Verkehr alle erforderlichen Manöver entlang der Strecke selbstständig auszuführen. Wie bereits erwähnt, stoppt der Kleinbus zuverlässig vor Hindernissen auf dem Fahrweg, ist jedoch nicht in der Lage, an dem Hindernis automatisch vorbeizufahren. Diese Aufgabe muss die Begleitperson manuell übernehmen. Ebenso bedarf es bei Ausfahrten von Bushaltestellen sowie beim Linksabbiegen einer manuellen Interaktion von dieser.

**In der Testreihe traten noch zahlreiche gravierende **PROBLEME** auf.**

### Ergebnisse der Fahrgastbefragung

Neben der Bewertung der Fähigkeiten des Kleinbusses bestand das zweite Ziel der Testfahrten darin, qualitatives Feedback von Passagieren zu sammeln. Das Feedback der Passagiere wurde direkt nach jeder Testfahrt per Online-Umfrage auf einem Smartphone abgefragt. Insgesamt wurden im Testzeitraum 294 Umfragen abgeschlossen. Bezüglich der Vorkenntnisse des automatisierten Fahrens gaben 13 % der Passagiere an, keine Kenntnisse über automatisierte Fahrzeuge zu haben. Fast 43 % hatten bereits vom automatisierten Fahren gehört, 44 % sagten,

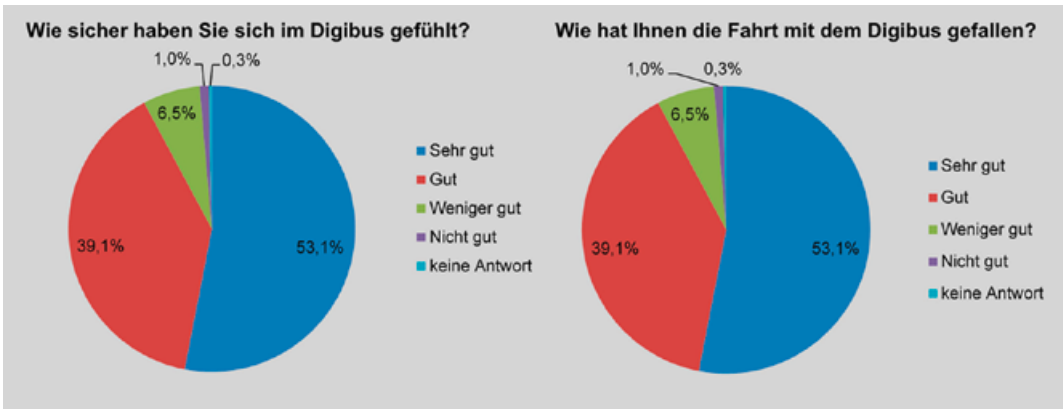
dass sie sich bereits mit dem Thema beschäftigt haben. Dieser hohe Wert ergibt sich aus der Tatsache, dass zahlreiche Unternehmensdelegationen mit einschlägigen Kenntnissen auf diesem Gebiet an den Testfahrten teilnahmen. Rund 92 % der Passagiere hat die Fahrt mit dem Digibus sehr gut oder gut gefallen. Laut ihren Aussagen schätzten sie besonders „die gute Erkennung von Hindernissen“, „das ruhige und leise Fahrverhalten“, „die Weiterentwicklung der Technik“ oder „das Design des Kleinbusses“. Etwas mehr als 6 % sagten, dass ihnen die Fahrt mit dem Digibus weniger gut gefallen habe und 1 % der Passagiere gab an, dass sie die Testfahrt überhaupt nicht mochten. Die Gründe waren zum Beispiel „mangelnder Fahrkomfort“, „hohe Bremsintensität“ oder ein „Unsicherheitsgefühl“. Die Passagierbefragung ergab auch sehr positive Werte für ein gutes Sicherheitsgefühl an Bord. Fast 90 % der Passagiere fühlten sich an Bord des Digibus sehr sicher oder sicher. Dazu muss die An-

nahme ergänzt werden, dass das Sicherheitsempfinden der Passagiere höchstwahrscheinlich abnehmen würde, wenn der Kleinbus vollständig fahrerlos fahren würde. Als die Passagiere nach den Gründen gefragt wurden, warum sie sich an Bord nicht sicher fühlten, lauteten die Antworten „abruptes oder ruckartiges Bremsen“, „nicht genug Vertrauen in diese neue Technologie“, „mangelnde Erfahrung“, „schlechte Sensorik“ oder „der Kleinbus kann nicht zwischen Personen und Fahrzeugen unterscheiden“.

**Ausblick**

Selbstfahrende Fahrzeuge stellen eine vielversprechende Möglichkeit dar, um den öffentlichen Personennahverkehr zukünftig attraktiver zu gestalten, vor allem in ländlichen Regionen, in denen sich herkömmliche Betriebsformen nicht wirtschaftlich betreiben lassen. Obwohl die ersten Testversuche mit selbstfahrenden Kleinbussen bereits vielversprechend verlaufen, sind in der

**Gefallen an der Fahrt und Sicherheitsgefühl der Fahrgäste**



Quelle: Salzburg Research

## Automatisierte Fahrzeuge sind derzeit noch nicht ausgereift und zu **TEUER**.

weiteren Entwicklung bis zu einem regulären, fahrerlosen Betrieb noch viele Hürden zu nehmen. Zum einen muss die Technik derart weiterentwickelt werden, dass ein sicherer, fahrerloser Betrieb in allen möglichen Situationen gewährleistet werden kann. Derzeitige Fahrzeuge weisen noch keine europäische Fahrzeugzertifizierung auf, die für einen regulären Betrieb im öffentlichen Personennahverkehr aber notwendig sein wird. Eine weitere Herausforderung stellt die Steigerung der Geschwindigkeit auf zumindest 20-30 km/h dar, um eine Akzeptanz der Kleinbusse als Nahverkehrsmittel zu erreichen. Speziell der Einsatz im Mischverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern stellt die Fahrzeuge vor große Herausforderungen. Eine weitere Herausforderung besteht in der Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Solange die Fahrzeuge von einer mitfahrenden Person überwacht werden müssen, können die Vorteile eines fahrerlosen Transportsystems nicht genutzt werden. Neben den Personalkosten werden aber auch die Anschaffungs- und Betriebskosten eine entscheidende Rolle spielen. Derzeit liegen diese mit ca. 250.000 Euro Anschaffungskosten je Kleinbus und ca. 3.000-5.000 Euro Betriebskosten pro Monat noch deutlich über jenen Kosten, die einen wirtschaftlichen Betrieb zulassen würden. ///



### **/// DR. KARL REHRL**

**ist Leiter des Forschungsschwerpunkts Digitale Mobilität bei der Salzburg Research Forschungsgesellschaft mbH, Salzburg.**

#### **Anmerkungen**

- <sup>1</sup> Danksagung: Das Digibus-Projekt wurde vom Land Salzburg unterstützt.
- <sup>2</sup> Denning, Daniela / Sieber, Niklas: Alternative Bedienungsformen im ÖPNV, in: Verkehr und Technik, 2002, S. 109-11.
- <sup>3</sup> Sieber, Niklas / Walther, Cristoph: Wirtschaftlichkeit alternativer Bedienungsformen, Karlsruhe 2002.
- <sup>4</sup> König, Alexandra / Brandies, Alexander / Schnieder, Lars / u. a.: Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge - nutzungsorientierte Gestaltung eines individuell abrufbaren Personentransportsystems, 2016.
- <sup>5</sup> Vgl. <http://navya.tech/>
- <sup>6</sup> Vgl. <https://www.digibus.at>
- <sup>7</sup> SAE: SAE International Standard J3016 – Levels of Driving Automation, 2014.
- <sup>8</sup> Bmvit: Automatisiert – Vernetzt – Mobil: Aktionsplan Automatisiertes Fahren, <https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/automatisiert.pdf>, Stand: Juni 2016.
- <sup>9</sup> Bundesgesetzblatt: Automatisiertes Fahren Verordnung – AutomatFahrV, [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2016\\_II\\_402/BGBLA\\_2016\\_II\\_402.pdf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2016_II_402/BGBLA_2016_II_402.pdf), Stand: 19.12.2016.
- <sup>10</sup> <https://www.digibus.at>