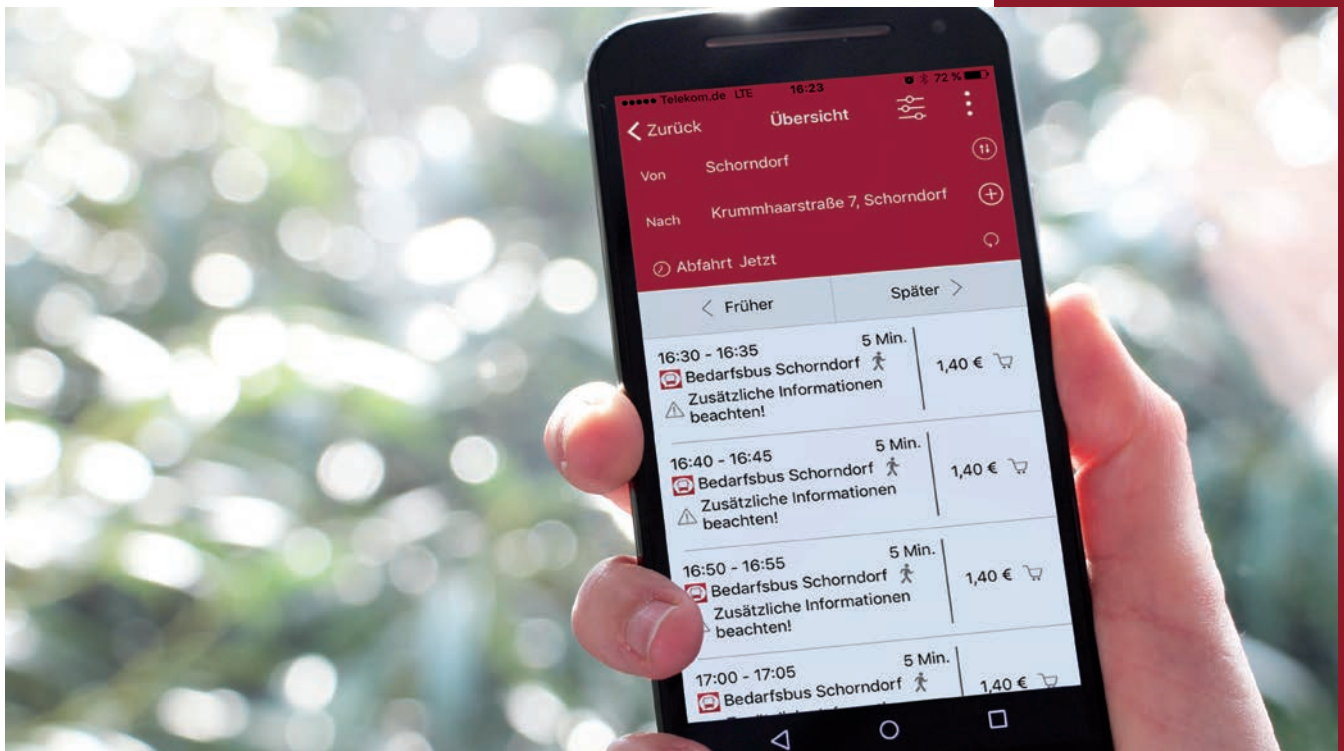


Projektbericht

BOOLEAN -
Bürgerorientierte
Optimierung der
Leistungsfähigkeit,
Effizienz und Attraktivität
des Nahverkehrs

Reallabor Schorndorf

Entwicklung und Erprobung eines
bedarfsgerechten Bussystems



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST



WISSENSCHAFT FÜR
NACHHALTIGKEIT

Gefördert durch das
Ministerium für Wissenschaft,
Forschung und Kunst
Baden-Württemberg

Impressum

Das Projekt Reallabor Schorndorf wurde vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Rahmen der Förderlinie „Reallabore Stadt“ gefördert.

Herausgeber

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Anschrift

DLR Institut für Fahrzeugkonzepte
Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart
Telefon 0711 6862-256, www.dlr.de

Projektleiterin

Mascha Brost
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Stuttgart

Autorinnen und Autoren

Mascha Brost, Oliver Deißer,
Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart
Laura Gebhardt, Torsten Steiner,
Institut für Verkehrsforschung, Berlin
Katharina Karnahl, Anna-Maria Ademeit, Alexander Brandies,
Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
Tim Sippel, Jan Velimsky, Universität Stuttgart / ZIRIUS, Stuttgart
Alexander Müller, Stefanie Beyer,
Hochschule Esslingen, Esslingen
Frank Ulmer, Kommunikationsbüro Ulmer, Stuttgart

Zitation: Brost, M.; Gebhardt, L.; Karnahl, K.; Deißer, O.; Steiner, T.; Ademeit, A.; Brandies, A.; Sippel, T.; Velimsky, J.; Müller, A.; Ulmer, F. (2019): Reallabor Schorndorf - Entwicklung und Erprobung eines bedarfsgerechten Bussystems. Projektbericht.

Gestaltung/Druck

Kommunikationsbüro Ulmer

Drucklegung

Stuttgart, im Juli 2019



Institut für Fahrzeugkonzepte
DLR e.V., Stuttgart

Institut für Verkehrssystemtechnik
DLR e.V., Braunschweig

Institut für Verkehrsforschung
DLR e.V., Berlin



Hochschule Esslingen, Esslingen



Universität Stuttgart, Zentrum
für Interdisziplinäre Risiko- und
Innovationsforschung, ZIRIUS, Stuttgart



Stadt Schorndorf, Schorndorf



Knauss Linienbusse, Knauss-Reisen Dieter
Frank GmbH & Co. KG, Schorndorf



Kommunikationsbüro Ulmer GmbH

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1 Einführung – Problemaufriss und Motivation	3
2 Partizipation als zentrales Element eines Reallabors	5
3 Der Bedarfsbus – Systemeigenschaften	11
3.1 Vorgehen bei der Festlegung der Systemeigenschaften	11
3.2 Regulatorische Anforderungen	11
3.3 Rahmenbedingungen in Schorndorf	12
3.4 Systemeigenschaften des Bedarfsbussystems	13
4 Ergebnisse des Testbetriebs des Bedarfsbusses und der Fahrzeugentwicklung	17
4.1 Testbetrieb des Bedarfsbusses	17
4.2 Entwicklung von Fahrzeugen für Bedarfsbussysteme	25
5 Diskussion und Einordnung der Ergebnisse	33
5.1 Chancen und Herausforderungen für Fahrgäste	33
5.2 Chancen und Herausforderungen für die Gesellschaft, beteiligte Kommunen und Genehmigungsbehörden	34
5.3 Chancen und Herausforderungen für Betreiber	36
6 Kernaussagen	38
Anhang: Wissenschaftliche Veröffentlichungen im Zusammenhang mit dem Reallabor Schorndorf	40

Zusammenfassung

Im europaweit einmaligen Forschungsprojekt *Reallabor Schorndorf* entwickelte ein Team von Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis gemeinsam mit der Zivilgesellschaft ein Bedarfsbussystem. Im Testbetrieb von März bis Dezember 2018 ersetzte das flexible System an den Wochenenden zwei bestehende Busrouten in der Stadt Schorndorf. Im Bedarfsbusbetrieb wurden die Fahrtwünsche der Fahrgäste per Algorithmus zu optimalen Routen kombiniert. Somit fuhren die Busse nicht mehr auf festen Routen und nach starren Fahrplänen, sondern richteten sich nach dem Bedarf der Fahrgäste.

Die Erkenntnisse aus dem praktischen Betrieb der Bedarfsbusse flossen in den Entwurf zukunftsweisender Fahrzeugkonzepte ein. Diese zeigen unterschiedliche Ideen, wie moderne Busse für solche Anwendungsszenarien optimalerweise gestaltet sein können.

Dieser Bericht gibt einen Überblick über zentrale Erkenntnisse des Projektteams zur Entwicklung und Einführung des neuartigen Bussystems und der zugehörigen Fahrzeugentwicklung. Er zeigt Chancen und Herausforderungen des Bedarfsbussystems auf und wendet sich insbesondere an interessierte Kommunen, Bürgerinnen und Bürger und die Politik. Zur weiteren Vertiefung sind wissenschaftliche Publikationen zum Projekt *Reallabor Schorndorf* im Anhang aufgeführt.

Um die Nutzeranforderungen in den Mittelpunkt der Entwicklung des Bedarfsbussystems zu stellen, wurde das relativ junge Forschungsformat „Reallabor“ gewählt. Zentrale Bestandteile des Forschungsansatzes von Reallaboren sind

die intensive Einbeziehung der Zivilgesellschaft und die Durchführung von Praxistests. Im *Reallabor Schorndorf* haben Bürgerinnen und Bürger sowie Vereine das Bussystem maßgeblich mitgestaltet, es getestet und kontinuierlich Rückmeldungen gegeben. Dies beeinflusste die Entwicklung sehr positiv und trug somit zum Erfolg des Projektes bei.

Mit dem bedarfsgerechten Betrieb wurden Fahrten ohne Fahrgäste eingespart und unnötige Umwege der Busse vermieden. So konnten Emissionen von Schadstoffen, Lärm und Treibhausgasen eingespart und gleichzeitig eine gute Verfügbarkeit von öffentlichem Personennahverkehr mit umsteigefreien Verbindungen angeboten werden. Die Änderung des bestehenden Linienverkehrs zu einem Bedarfsbusbetrieb zeigte interessante Vorteile auf, stellte das Entwicklungsteam aus Wissenschaft und Praxis sowie die Fahrgäste jedoch auch vor Herausforderungen. Ein Beispiel hierfür ist die aktive Rolle, die der Fahrgast einnehmen muss, indem er den Bus bestellt.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) leitete das Projektkonsortium bestehend aus der Stadtverwaltung Schorndorf, dem Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart (VVS), Knauss Linienbusse, der Hochschule Esslingen sowie dem Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung (ZIRIUS) der Universität Stuttgart. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg förderte das Projekt mit insgesamt 1,2 Millionen Euro.

1 Einführung – Problemaufriss und Motivation

Städte sind heute mit erheblichen Belastungen durch Luftverschmutzung sowie Stau, Lärm und Platzmangel konfrontiert. Die national und international angestrebten Klimaziele und die Reduzierung der Emission von Lärm sowie Schadstoffen können nur mit einer Veränderung des Verkehrsverhaltens, unterstützt durch neue Technologien und Mobilitätsangebote, erreicht werden. Einen Beitrag zur sogenannten Verkehrswende mit Verminderung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und einem höheren Anteil von öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV) können neue digitale Angebotsformen leisten. Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vom 14.03.2018 ist explizit aufgeführt, dass solche neuen Bedienformen unterstützt und im Bereich geteilter Mobilität entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden sollen.

In vielen Lebensbereichen wird die Digitalisierung zunehmend Teil des Alltags der Menschen. Auch für die öffentliche Daseinsvorsorge im Bereich Mobilität bieten digitale Angebote Chancen, sind jedoch auch mit Herausforderungen verbunden. Denn trotz der vielfältigen Möglichkeiten, die sich durch neue Technologien wie Smartphone Apps bieten, dürfen hierdurch keine Bevölkerungsgruppen ausgeschlossen werden. Es

sind Mobilitätsangebote für alle zu schaffen. Dies gilt insbesondere mit Hinblick auf gesellschaftspolitische Herausforderungen des demographischen Wandels und der Aufgaben der Daseinsvorsorge.

Die Entwicklung neuer Mobilitätsangebote konzentriert sich derzeit vor allem auf bestimmte Zielgruppen (zum Beispiel early adopters) und Anwendungen in Innenstadtbereichen großer Städte. Hier werden zunehmend neue Mobilitätskonzepte wie zum Beispiel On-Demand-Systeme (das heißt Mobilität auf Abruf) entwickelt und erprobt. Automobilhersteller, Start-ups und Verkehrsverbünde setzen in ausgewählten Städten solche Systeme um. Wie diese, auch als „Tür-zu-Tür“-Lösungen bezeichneten, Systeme funktionieren, zeigen derzeit Testversuche in Berlin (zum Beispiel allygator, BerlKönig), München (CleverShuttle, IsarTiger) oder Hannover und Hamburg (MOIA).

Mittelzentren und kleinere Gemeinden werden in dieser Entwicklung eher vernachlässigt. Zu Unrecht, denn der ÖPNV wird gerade hier häufig als unzureichend oder wenig flexibel empfunden und der Anteil des Pkw-Besitzes und der Pkw-Nutzung ist überdurchschnittlich hoch. Die Stadt Schorndorf ist ein gutes

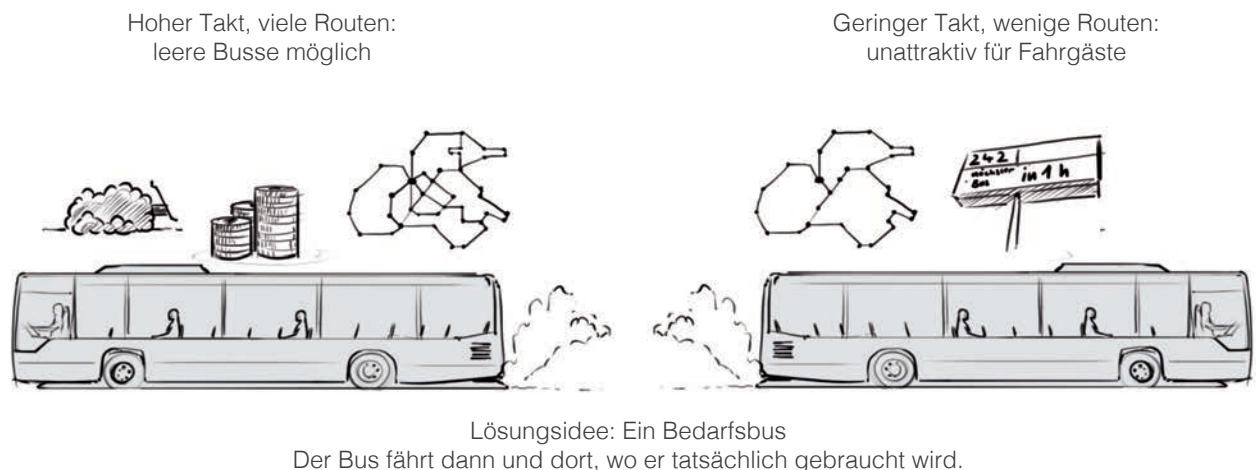


Abbildung 1: Dilemma des Linienverkehrs mit festen Routen und festem Takt in Schwachlastzeiten;
Quelle: eigene Darstellung

Beispiel für ein Mittelzentrum. Rund 25.000 Menschen leben in der Kernstadt, weitere 14.000 in umliegenden Ortschaften. Schorndorf repräsentiert mit seiner Siedlungs- und Bewohnerstruktur einen Raumstrukturtyp, der für viele Gemeinden in Deutschland steht und die alle vor der Herausforderung des demographischen Wandels stehen. Gleichzeitig ist die Reduktion der Emission von Schadstoffen, CO₂ und Lärm, sowie eine Reduktion der Pkw Fahrten in der Innenstadt ein Anliegen Schorndorfs.

In diesen weniger dicht besiedelten Gebieten ist die Verkehrsplanung häufig mit einem grundsätzlichen Dilemma bei der Gestaltung des öffentlichen Busverkehrs konfrontiert (Abbildung 1):

Variante 1 – Die Busse fahren in einem dichten Takt und bedienen ein engmaschiges Netz. Dies ist attraktiv für die Fahrgäste, aber gleichzeitig kostenintensiv. Schwachlastzeiten kennzeichnen geringe Beförderungsleistungen oder sogar Leerfahrten, verbunden mit Emissionen von Lärm, Schadstoffen und Treibhausgasen, die unverhältnismäßig hoch ausfallen, gerade wenn in diesen Zeiten die großen Standardfahrzeuge eingesetzt werden.

Variante 2 – Die Busse fahren in einem geringen Takt und bedienen nur einzelne Routen. Dies hält Kosten und Umweltbelastung niedriger, ist aber aus Sicht der Fahrgäste unflexibel und somit deutlich weniger attraktiv.

Eine mögliche Lösung sind die oben erwähnten On-demand Systeme, also ein bedarfsgerechter Busbetrieb ohne feste Haltestellen, Routen und Taktung. Im Folgenden wird das in Schorndorf erprobte On-demand Mobilitätssystem als Bedarfsbussystem bezeichnet. Die Idee eines bedarfsgerechten Verkehrs liegt bereits konventionellen Rufbus-Systemen zugrun-

de, die es seit vielen Jahren vor allem in dünn besiedelten ländlichen Räumen gibt. Dabei wird versucht, die geringe Bündelungsfähigkeit einer räumlich und zeitlich dispersen Nachfrage bei gleichzeitig hohen Fixkosten durch eine dynamische Bündelung wenigstens ansatzweise zu kompensieren. Im Unterschied zu früheren Bedarfssystemen, wie zum Beispiel dem in den siebziger Jahren getesteten Friedrichshafener Rufbus, können heutige Systeme neue technische Möglichkeiten nutzen. Diese ergeben sich zum Beispiel durch die Verbreitung von Smartphones. Zudem bieten verbesserte digitale Lösungen die Möglichkeit, die Bündelung von Fahrtwünschen zu optimieren und zu beschleunigen.

Das Projekt Reallabor Schorndorf widmete sich den Chancen und Herausforderungen der Einführung eines solchen On-demand-Systems mit Ersatz von bestehenden Buslinien am Beispiel der Stadt Schorndorf. Hier untersuchten und erprobten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen mit Praxispartnern sowie Bürgerinnen und Bürgern aus Schorndorf, wie Busfahren on demand für alle Bevölkerungsgruppen funktionieren könnte. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) leitete das Projektkonsortium, bestehend aus der Stadtverwaltung Schorndorf, dem Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart (VVS), Knauss Linienbusse, der Hochschule Esslingen sowie dem Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung (ZIRIUS) der Universität Stuttgart.

Während in anderen Projekten bestehende Mobilitätsangebote ergänzt werden, war es eine Besonderheit des Reallabors Schorndorf, dass innerörtlich reguläre bestehende Buslinien durch ein Bedarfsbussystem ersetzt wurden. Dies bedeutet, dass das Bedarfsbussystem von allen Bevölkerungsgruppen nutzbar sein musste.

Ziel des Projektes war es, ein zukunftsweisendes, nachhaltiges und praktikables Mobilitätskonzept zu entwickeln und zu erproben. Anforderungen von Nutzerinnen und Nutzern standen bei der Entwicklung und der Praxiserprobung im Fokus, um die Attraktivität des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) zu erhöhen. Gleichzeitig sollten Umweltbelastungen reduziert werden, indem unnötige Leerfahrten vermieden werden. Mit der Entwicklung und Erprobung des

neuen Mobilitätsangebotes nahm das Projekt somit eines der relevantesten gesellschaftlichen Probleme – die Gewährleistung und Gestaltung nachhaltiger Mobilität aus einem digitalen Blickwinkel – in den Fokus. Dieser Bericht gibt einen Überblick zu zentralen Arbeitsschritten und Erkenntnissen der Entwicklung und des Testbetriebs eines bedarfsgerechten Bussystems sowie der Entwicklung von Fahrzeugkonzepten für zukünftige Bedarfsbussysteme.

2 Partizipation als zentrales Element eines Reallabors

In der derzeitigen Diskussion zukünftiger Transformationspfade (Wege der Veränderung) urbaner Mobilität werden Innovationen meist aus einer überwiegend technischen oder organisatorischen Perspektive betrachtet. Wissenschaftliche Untersuchungen, Maßnahmen der Verkehrsplanung oder politische Strategien betonen somit vor allem technische Lösungen und organisatorische Aspekte von Mobilität. Studien zeigen jedoch, dass nicht (nur) Technologie für die Transformation in der Gesellschaft verantwortlich ist, sondern vielmehr deren Verknüpfung mit dem Alltagshandeln der Menschen. So ist auch die Bewertung und Akzeptanz von technologischen Innovationen immer an das aktuelle Handeln und die Anforderungen der Nutzenden gebunden. Vereinfacht gesagt sollte ein technisches Produkt oder System so gestaltet sein, dass es die Grundanforderungen der Nutzenden erfüllt und sich in deren Lebensalltag einfügen lässt. Das System sollte zudem auf eine Weise bedienbar sein, dass es von den Nutzerinnen und Nutzern verstanden und angenommen wird. Zur Förderung der Akzeptanz sind je

nach Produkt Einführungsmaßnahmen notwendig, die den Umstieg von einem früheren System auf das neue System erleichtern und die Veränderung von Verhaltensmustern fördern.

Vor diesem Hintergrund war bei der Entwicklung des neuen Bussystems in Schorndorf die Frage zentral, wer die zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer sein könnten und welche Anforderungen sie an das Unterwegs-Sein stellen. Das Projekt war so angelegt, dass die Bürgerinnen und Bürger von Anfang an bei der Entwicklung des neuen Systems involviert wurden.

In den vergangenen Jahren hat das Thema Bürgerpartizipation bei Planungsvorhaben stark an Bedeutung gewonnen. Die verstärkte Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern liegt zum einen am höheren Informationsbedarf und am größeren Bedürfnis nach Mitwirkungsmöglichkeiten auf Seiten der Bürgerschaft. Zum anderen kann etwaigen Interessens- beziehungsweise Zielkonflikten frühzeitig begegnet werden und so eine

höhere Akzeptanz für das jeweilige Vorhaben erzielt und nicht zuletzt die Qualität von Lösungen verbessert werden. Die frühzeitige Einbindung der Bürgerschaft Schorndorfs war ein zentraler Fokus des Projekts und

ist allgemein ein charakteristisches Element des Forschungsformats Reallabor (siehe Infobox Reallabor).

Infobox: Was ist ein Reallabor?

Das „Reallabor“, ein Format transformativer und transdisziplinärer Forschung, bezeichnet eine neue Form der Kooperation zwischen Wissenschaft, Praxispartnern und Zivilgesellschaft, bei der das gegenseitige Lernen in einem experimentellen Umfeld im Vordergrund steht. Es ist zudem charakterisiert durch einen gesellschaftlichen Kontext, in dem „Realexperimente“ durchgeführt werden, um Erkenntnisse zu sozialen Dynamiken und Prozessen zu gewinnen. Die Idee des Reallabors überträgt damit den naturwissenschaftlichen Labor-Begriff in die Analyse gesellschaftlicher und politischer Prozesse. Verbunden damit ist die Annahme, dass die über Reallabore entwickelten wissenschaftlichen Erkenntnisse leichter von Politik und Wirtschaft aufgegriffen werden und die Gesellschaft dadurch handlungsfähiger wird bezüglich einer nachhaltigen Entwicklung. Zudem werden durch die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft, Praxis und Zivilgesellschaft Lösungen für aktuelle Problemstellungen aus dem Alltag erarbeitet. Durch die Partizipation der Bevölkerung kann auch eine erhöhte Akzeptanz für Lösungen erzielt werden. Die Grafik zeigt die im Reallabor Schorndorf beteiligten Interessensgruppen.

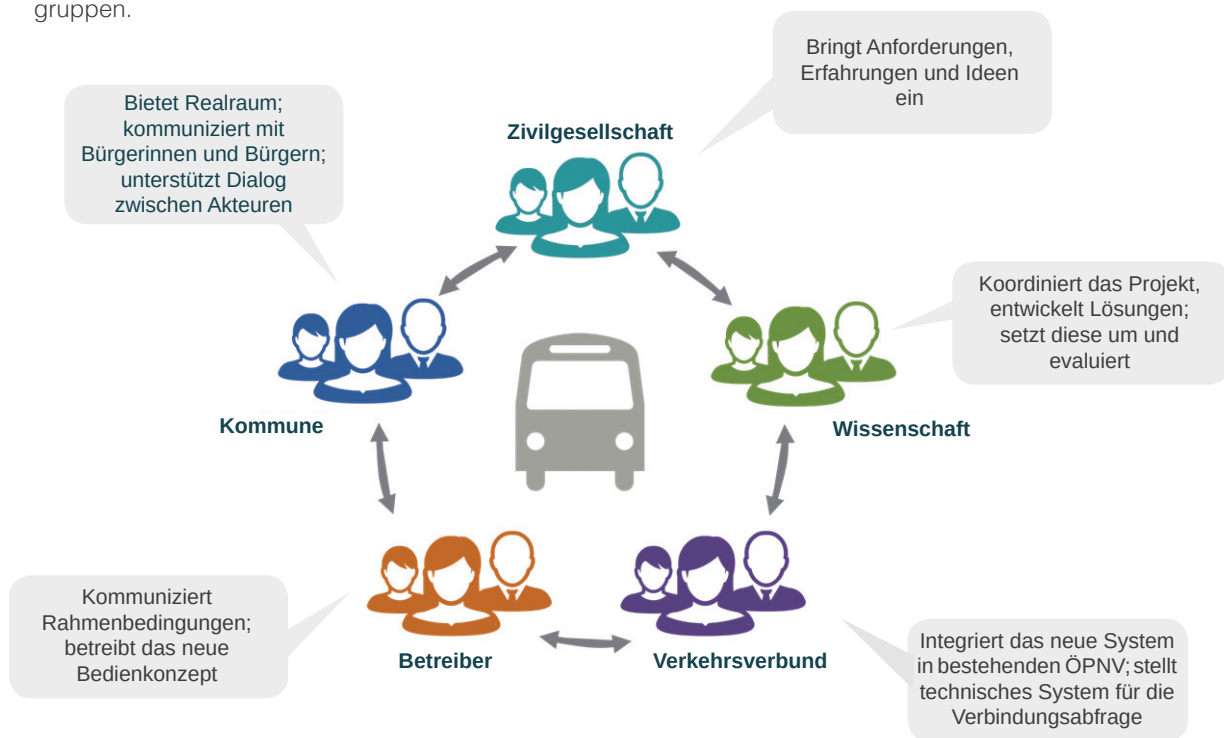


Abbildung 2: Akteure im Reallabor; Quelle: eigene Darstellung

Insgesamt haben die Bürgerinnen und Bürger als Expertinnen und Experten ihres Alltags das Projekt sehr bereichert und zu einer Verbesserung des neuen Bussystems beigetragen. Die Bürgerpartizipation im Reallabor Schorndorf kann grob in die folgenden drei Phasen eingeteilt werden:

1. Analyse der Ausgangssituation

Zunächst wurden die Gegebenheiten vor Ort (Soziodemografie, Topografie, verkehrliche Situation, Bedarfe unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen und weitere Charakteristika) in den Blick genommen. Hierzu gab es Gespräche mit verschiedenen Interessensvertretern wie beispielsweise Gemeinderätinnen und -räten, einem Seniorenforum, Verbänden, Betreibern und dem VVS. Zusätzlich wurden teilnehmende Beobachtungen¹ an verschiedenen Tagen und Uhrzeiten durchgeführt, um zu erfahren, welche Personen(gruppen) zu welchen Zeiten mit dem Bus fahren.

2. Entwicklung des Bedarfsbussystems

Auf Grundlage von Daten- und Dokumentenanalysen sowie Interviews und Workshops wurden zunächst vier potenzielle Nutzergruppen (vgl. Abbildung 3) identifiziert. Nachfolgend arbeitete das Team zusammen mit den Bürgerinnen und Bürgern der Stadt Schorndorf in Workshops Charakteristika dieser Gruppen detaillierter heraus und nahm die Anforderungen dieser Gruppen an das Busfahren in den Blick. Zudem wurden gemeinsam mögliche Nutzungsszenarien für den Einsatz des neuen Bussystems entwickelt.

¹ Das Kennzeichnende dieser Methode ist die persönliche Teilnahme der Forschenden an den Interaktionen im Untersuchungsraum. Dabei wird angenommen, dass durch die Teilnahme beziehungsweise die unmittelbare Erfahrung der Situation Aspekte des Handelns und Denkens beobachtbar werden, die in Gesprächen und Dokumenten über diese Interaktionen bzw. Situationen nicht zugänglich wären.



Rentnerinnen und Rentner (ab 65 Jahre – größte Bevölkerungsgruppe in Schorndorf)

- **Verkehrsmittelnutzung:** auf öffentliche, barrierefreie Verkehrsmittel angewiesen
- **Flexibilitätsanspruch:** eher geplantes Mobilitätsverhalten, Routineverhalten
- **kritische Faktoren:** Laufwege zu Haltepunkten und hohe Fahrkartenpreise
- **potentielle Zwecke:** Fahrt für Erledigungen (z.B. Arztbesuche)



Mobilitätseingeschränkte Personen (bspw. Nutzung einer Gehhilfe oder eines Rollstuhls)

- **Verkehrsmittelnutzung:** sowohl Pkw wie auch ÖPNV, auf barrierefreie Verkehrsmittel angewiesen
- **Flexibilitätsanspruch:** eher geplantes Mobilitätsverhalten
- **kritische Faktoren:** hohe Anforderungen an Zu- und Ausstiege
- **potentielle Zwecke:** Erledigungen des täglichen Bedarfs (z.B. Einkaufen)



Regelmäßige Busnutzerinnen und Busnutzer (z.B. SchülerInnen)

- **Verkehrsmittelnutzung:** temporär starke ÖPNV-Nutzung (Schulbeginn/-ende)
- **Flexibilitätsanspruch:** sowohl geplantes als auch spontanes Mobilitätsverhalten
- **kritische Faktoren:** routineorientiertes Mobilitätsverhalten
- **potentielle Zwecke:**
 - Zubringer zum Bahnhof (nach Stuttgart)
 - Hol- und Bringfahrten könnten vermieden werden



Regelmäßige PKW-Nutzerinnen und -Nutzer

- **Verkehrsmittelnutzung:** v.a. PKW-Nutzung, kaum ÖPNV-Nutzung
- **Flexibilitätsanspruch:** spontanes Mobilitätsverhalten
- **kritische Faktoren:** hohe Anforderungen an Flexibilität und Komfort
- **potentielle Zwecke:**
 - Zubringer zum Bahnhof (nach Stuttgart)
 - Freizeitwege

Abbildung 3: Potentielle Nutzergruppen des flexiblen Bussystems in Schorndorf; Quelle: Eigene Darstellung

In den Workshop-Diskussionen zeigte sich, dass ältere Personen den Bus vor allem für Einkaufsfahrten und Arztbesuche nutzen würden. Der Altersdurchschnitt in Schorndorf – ähnlich wie in vielen vergleichbar strukturierten Gemeinden – liegt rund zehn Jahre über dem bundesdeutschen Altersdurchschnitt. Die Altersgruppen der 45- bis 55-Jährigen (~17 %) sowie der Seniorinnen und Senioren von 65 bis 75 Jahren (~11 %) und über 75 Jahren (~11 %) stellen die größten Altersgruppen dar². Für viele Seniorinnen und Senioren und auch für die Gruppe der Mobilitätseingeschränkten ist es ein besonderer Vorteil, nahe der eigenen Haustür in den Bus zu steigen. Gleichzeitig stellen diese Gruppen hohe Anforderungen an das Fahrzeug in Bezug auf die Barrierefreiheit und die Mitnahme von Rollatoren und Rollstühlen. Da sie eher ein geplantes, routiniertes Mobilitätsverhalten haben, wurde die Zuverlässigkeit und Planbarkeit als ein wichtiger Aspekt des neuen Systems herausgearbeitet. In der Diskussion mit Seniorinnen und Senioren zeigte sich, dass für viele der Umgang mit dem Smartphone bereits zum Alltag geworden ist, die Bestellung des Busses per App jedoch trotzdem teilweise eine Zugangsbarriere darstellt.

Ganz anders argumentierten Personen, die regelmäßig den ÖPNV oder den Pkw nutzen, darunter vor allem Schülerinnen und Schüler sowie Berufspendler. Für sie macht der Aspekt der Flexibilität und der spontanen Bestellmöglichkeit das Bussystem attraktiv. Das gilt sowohl als Zubringer zur S-Bahn nach Stuttgart als auch für Freizeitfahrten. Für den Besuch einer Gaststätte oder einer Abendveranstaltung würden sie beispielsweise den flexiblen Bus nutzen. Eltern von Kindern stellten sich vor, dass der Bus ihnen Hol- und Bringfahrten (z. B. zum Sportverein oder zur Musikschule) abnehmen könnte.

Vor allem die Gruppe der Pkw-Nutzenden hat bezüglich Flexibilität und Komfort hohe Anforderungen an den Bus. Offensichtlich vergleicht diese Nutzergruppe die Fahrt mit dem Bus mit der Fahrt mit dem eigenen Pkw. Genügend Platz und Ruhe stellten sich als wesentliche Anforderungen dieser Gruppe heraus.

Ausgehend von den identifizierten Nutzeranforderungen arbeiteten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachdisziplinen, Bürgerinnen und Bürger sowie Praxisakteure (Kommune, VVS, Busbetreiber, Busfahrer) in Co-Creation-Workshops kontinuierlich gemeinsam an dem Konzept für den Bedarfsbusbetrieb. Der Wunsch der älteren Personen nach einer Bestellmöglichkeit ohne App führte beispielsweise dazu, dass die Möglichkeit, den Bus über eine Telefonzentrale sowie vor Ort in Cafés oder Restaurants zu buchen, in das System aufgenommen wurde. Ein weiterer zentraler Punkt, der von den Bürgerinnen und Bürgern Schorndorfs stark beeinflusst wurde, waren die Betriebszeiten des flexiblen Bussystems. Da vor allem die spontane Nutzung des Busses für Freizeit Zwecke oder das Fahren zu bisher durch den ÖPNV nur schwach abgedeckten Randzeiten (nachts, sonntags) von der Bürgerschaft als Gewinn und Mehrwert gesehen wurde, entschied sich das Projektteam für die Erprobung des Systems an den Wochenenden.

3. Begleitung des Testbetriebs und Evaluation

Während des neunmonatigen Testbetriebes wurden Befragungen der Fahrgäste (Umfragen mit Fragebögen), Interviews mit ausgewählten Testnutzerinnen und Testnutzern und Workshops durchgeführt, um mit dadurch gewonnenen Informationen das Bedarfs-

² Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2016: Bevölkerung nach Altersgruppen und Geschlecht, Auswertung für die Stadt Schorndorf.

bussystem weiter zu optimieren. Testnutzerinnen und Testnutzer waren Personen aus Schorndorf, die sich bereit erklärten das System intensiv unter Realbedingungen zu testen und dem Projektteam Rückmeldungen zu ihren Erfahrungen zu geben.

Um Hilfestellung bei der Nutzung des neuen Systems zu geben und Rückmeldungen von Fahrgästen aufzunehmen, begleiteten Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter jedes Wochenende die Bedarfsbusse. Durch das kontinuierliche Erfassen von Rückmeldungen konnte das Bedarfsbuskonzept verbessert und an die spezifischen Anforderungen Schorndorfs angepasst werden. Es wurden beispielsweise die Buchungsmöglichkeiten optimiert (App und Telefon) und dann zielgruppenorientiert kommuniziert. Durch die Kooperation mit einem Ü50-Internet Café am Familienzentrum in Schorndorf konnten vor allem ältere Personen

die Buchung des Bedarfsbusses mittels App erlernen. Außerdem wurden Informationsflyer in verschiedenen Sprachen (Deutsch, Englisch und Arabisch) erstellt und verteilt (Abbildung 4).

Begleitet wurden die genannten Beteiligungsformate durch kontinuierliche Informationsangebote: So gab es wöchentlich eine Bürgersprechstunde im Rathaus, im Rahmen dieser konnten Bürgerinnen und Bürger sich informieren und Fragen stellen. Zudem war das Projektteam an öffentlichen Orten und Veranstaltungen in Schorndorf vor Ort, um zu informieren und in Austausch zu treten, zum Beispiel bei Märkten, einer Seniorenmesse und Treffen mit der lokalen Agenda 21. Auch über eine Projektwebsite konnten die Bürgerinnen und Bürger sich informieren und das Projektteam über dieses Portal kontaktieren.



Abbildung 4: Informationsangebote für unterschiedliche Zielgruppen; Quelle: eigene Darstellung

Der kontinuierliche Austausch mit der Bürgerschaft ermöglichte es situationsspezifisch und flexibel auf aufkommende Anforderungen oder Probleme zu reagieren. So fand zum Beispiel ein Workshop mit Bürgerinnen und Bürgern statt, in dem die Erfahrungen mit der Nutzung des Busses in den ersten Monaten des Testbetriebs diskutiert wurden. Unter Berücksichtigung des Ergebnisses des Workshops wurden die Betriebszeiten angepasst. Durch die Anpassung der Betriebszeiten wurden die Bedürfnisse von Pendlern und älteren Personen stärker berücksichtigt, was in der Bürgerschaft Schorndorfs sehr positiv aufgenommen wurde und zu einer höheren Akzeptanz des Bedarfsbuskonzepts beigetragen hat.

Die Ergebnisse der Workshops wurden über verschiedene Kanäle wie zum Beispiel eine Projektwebsite (www.reallabor-schorndorf.de), Bürgerinformationsveranstaltungen und Medienberichte einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Hierbei wurde darauf geachtet, transparent darzulegen, welche Ideen aus den Workshops in das Konzept des Bedarfsbusses eingeflossen sind.

Zentrale Erkenntnisse zu der Zusammenarbeit mit der Zivilgesellschaft und mit kommunalen Vertreterinnen und Vertretern:

- Bürgerinnen und Bürger sind Expertinnen bzw. Experten ihres Alltags und sollten deshalb frühzeitig eingebunden werden. Dabei müssen Grenzen der Einflussnahme und der Umsetzbarkeit mancher eingebrachter Aspekte von Anfang an vom Projektteam benannt werden. Eine offene Kommunikation von Entscheidungen sowie deren Grundlage ist maßgeblich für den Erfolg und die Akzeptanz. Offene Beteiligungsformate, also die partizipative Einbindung der Zivilgesellschaft zu

Beginn eines solchen Projektes, liefern wichtige Hinweise. Die Planung kann somit gezielt den Bedürfnissen der späteren Nutzerinnen und Nutzer angepasst werden. Zudem können mögliche Interessenskonflikte frühzeitig aufgedeckt werden.

- Ohne die Unterstützung von Gemeinderäten und anderen Entscheidungsträgern, zum Beispiel Landratsämter, Ordnungsbehörden und Verwaltungsmitarbeiter, ist ein solches Vorhaben nur schwer durchführbar. Diese sollten deshalb kontinuierlich eingebunden und von den Mehrwerten überzeugt werden.
- Eine frühzeitige und umfassende Kommunikation vor Ort ist ein zentraler Erfolgsfaktor für die Entwicklung und Einführung eines neuen Systems. Sie verbessert die Nutzungsqualität und Akzeptanz des Angebots. Insgesamt ist eine zielgruppenspezifische Kommunikation, zum Beispiel in Bezug auf verschiedene Altersgruppen, von großer Bedeutung.

3 Der Bedarfsbus – Systemeigenschaften

Auch wenn die Grundidee von Bedarfssystemen nicht neu ist und zum Beispiel bereits in den siebziger Jahren mit dem Friedrichshafener Rufbus getestet wurde, können heutige Systeme ganz neue technische Möglichkeiten nutzen und somit unterscheiden sie sich von früheren Konzepten. Bedarfsgerechte Bussysteme werden derzeit in unterschiedlichen Formen erprobt. Diese erscheinen auf den ersten Blick ähnlich, sie unterscheiden sich jedoch in grundlegenden Eigenschaften. Viele heutige Systeme sind als zusätzliches Mobilitätsangebot konzipiert und richten sich an einen eingeschränkten Nutzerkreis, wie z. B. technikaffine junge Fahrgäste. Wird ein System hingegen wie in Schorndorf als Ersatz für bestehenden Linienverkehr eingeführt, ist es wichtig, allen Fahrgästen die Nutzung des Bussystems zu ermöglichen. So sind beispielsweise Bestellmöglichkeiten für Fahrgäste ohne Smartphones anzubieten.

Dieses Kapitel gibt einen Überblick zu maßgeblichen Rahmenbedingungen und Systemeigenschaften des Bedarfsbussystems in Schorndorf sowie Informationen zu regulatorischen Anforderungen für Bedarfsverkehre.

3.1 Vorgehen bei der Festlegung der Systemeigenschaften

Bei der Festlegung der Systemeigenschaften wurden die Anforderungen aller beteiligter Akteure erhoben, um ein möglichst gut umzusetzendes und den lokalen Gegebenheiten angepasstes System zu entwickeln. Konkret wurden im Reallabor Schorndorf neben den Bürgerinnen und Bürgern vor allem die Stadt Schorndorf, das lokale Busunternehmen und der Verkehrsverbund, aber auch bürgernahe Vereine und andere Akteure in die Anforderungserhebung einbezogen. Es erfolgte eine strukturierte, kontinuierliche Aufnahme und Berücksichtigung der unterschiedlichen Bedarfe.

Es gab verschiedene Merkmale des Bedarfsbussystems, die direkt auf Wünsche und Anforderungen der Akteure zurückzuführen sind. Beispiele hierfür sind die telefonische Bestellmöglichkeit und Bedienkonzepte der Bestell-App.

3.2 Regulatorische Anforderungen

Neben den Wünschen der unterschiedlichen Interessensvertreter wie zum Beispiel Bürgerinnen und Bürgern, Verkehrsunternehmen oder Stadtverwaltung bildeten organisatorische und regulatorische Randbedingungen einen Rahmen für die Systementwicklung. Da das Bedienkonzept flexibler Bussysteme gegenüber dem herkömmlichen Linienverkehr abweichende Systemeigenschaften aufweist, bedarf es einer gesonderten Personenbeförderungsgenehmigung. Die Erprobung des Bedarfsbusses im Realbetrieb wurde auf Basis der Experimentierklausel nach §2 Absatz 7 des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) bewilligt. Diese Genehmigungsform ermöglicht eine praktische Erprobung neuer Verkehrsangebote für einen begrenzten Zeitraum von maximal vier Jahren. Nach Bewährung des Verkehrsangebots in der Praxis kann eine Genehmigung nach §2 Absatz 6 PBefG erteilt werden. Eine unbegrenzte Genehmigung von Bedarfsverkehren ist mit der vorliegenden Gesetzeslage schwierig.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) plant derzeit eine Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes. Die Anpassungen sollen dabei auch Regelungen zur Genehmigung von Ridepooling beinhalten³. In einem Eckpunktepapier⁴ des BMVI ist die Einordnung von ÖPNV-Ride Pooling-Diensten als Linienverkehr vorgesehen.

strukturtyp ist typisch für Baden-Württemberg. Somit lassen sich die Erkenntnisse aus dem Projekt gut auf andere Kommunen übertragen.

Das Durchschnittsalter in Schorndorf beträgt 51,5 Jahre (Stadt Schorndorf 2015; Stichprobe von 3.000 Einträgen aus dem Einwohnermelderegister). Eine

3.3 Rahmenbedingungen in Schorndorf

Der Testbetrieb des Bedarfsbussystems wurde in der Stadt Schorndorf durchgeführt. Schorndorf liegt rund 30 Kilometer östlich von Stuttgart und ist ein Mittelzentrum mit rund 40.000 Einwohnerinnen und Einwohnern, wovon 25.000 in der Kernstadt leben und sich die übrigen auf sieben Teilorte verteilen. Dieser Raum-

³ Ridepooling bezeichnet die Kombination von Fahrten mehrerer Einzelpersonen zu einer gemeinsamen Fahrt. Dies geschieht mittels eines Algorithmus. Das heißt, mehrere Fahrgäste teilen sich zeitweise ein Fahrzeug.

⁴ Eckpunkte für eine Novellierung des Personenbeförderungsrechts, online unter: https://www.bzp.org/Content/MELDUNGEN/_doc/PBefG-Eckpunkte.PDF

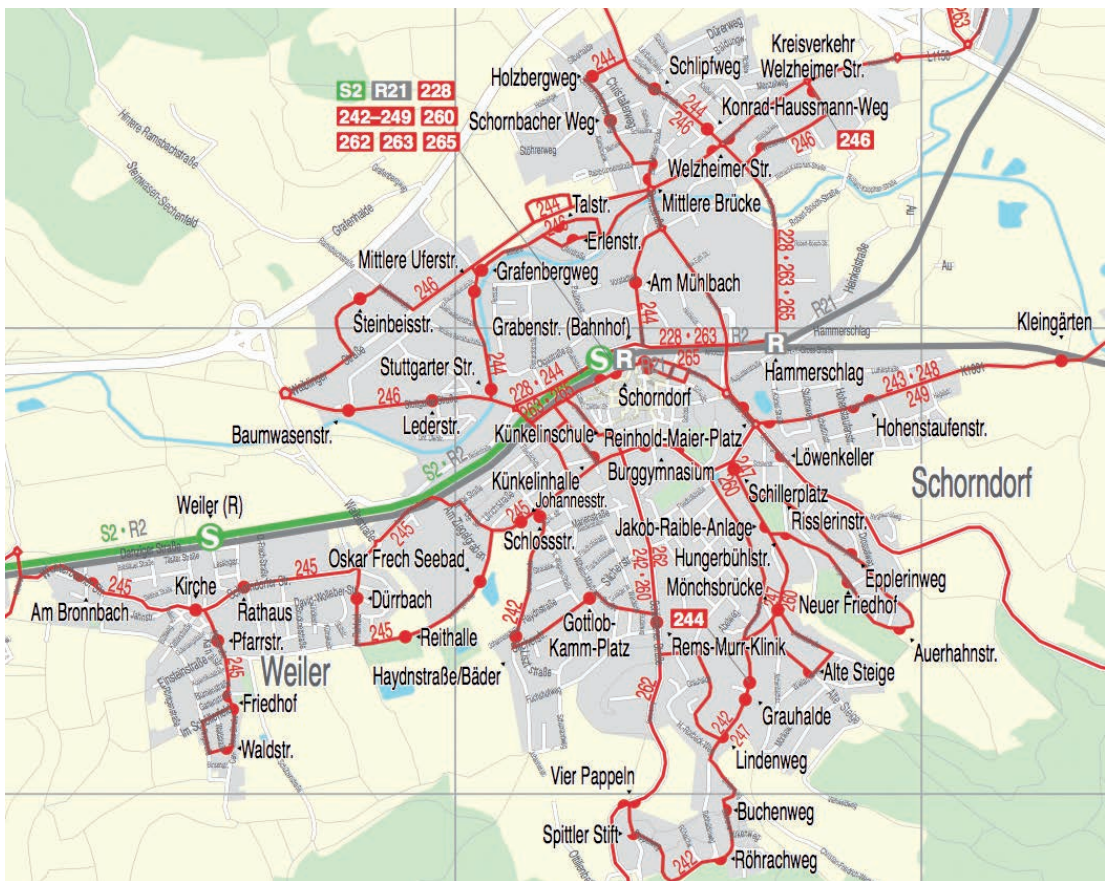


Abbildung 5: Buslinien in Schorndorf; Quelle: VVS

große Altersgruppe bilden Seniorinnen und Senioren von 65 bis unter 75 Jahren (4.150) beziehungsweise ab 75 Jahren (4.296) mit einem Anteil von jeweils etwa 11 Prozent.

An den überregionalen öffentlichen Verkehr ist die Stadt durch eine S-Bahn- und Regionalbahnanbindung sowie mehrere Buslinien zu den umgebenden Kommunen angebunden. Das ÖPNV-Angebot innerhalb von Schorndorf umfasst drei innerstädtische Buslinien (siehe Abbildung 5). Im Dezember 2014 wurde die Betriebsleistung im Schorndorfer Stadtverkehr nahezu verdoppelt. Seitdem wurde in einigen Wohnstraßen die damit verbundene Lärmbelastung beklagt und auf die außerhalb der Hauptverkehrszeiten geringe Fahrgastbesetzung bis hin zu leer fahrenden Bussen hingewiesen.

3.4 Systemeigenschaften des Bedarfsbussystems

Funktionsweise

Das Bedarfsbussystem hatte keine festen Haltestellen, Fahrzeiten und Routen. Stattdessen gaben die Nutzerinnen und Nutzer einen Fahrtwunsch mit gewünschter Abfahrtszeit sowie Abfahrts- und Zielort an. Ein Dispositionssystem kombinierte dann die Fahrtwünsche zu optimalen Routen. Die Informationen über die Routen wurden digital an die Busfahrerinnen und Busfahrer übermittelt. Auf einem Tablet wurde ihnen die jeweilige Route angezeigt.

Bediengebiet

Das Bediengebiet des Bedarfsbusses umfasste die Südstadt Schorndorfs mit einer Fläche von circa 3,4 km². Der Bedarfsbus ersetzte dabei an den Wochenenden und Freitagsabends die beiden im Bediengebiet fahrenden innerstädtischen Buslinien.

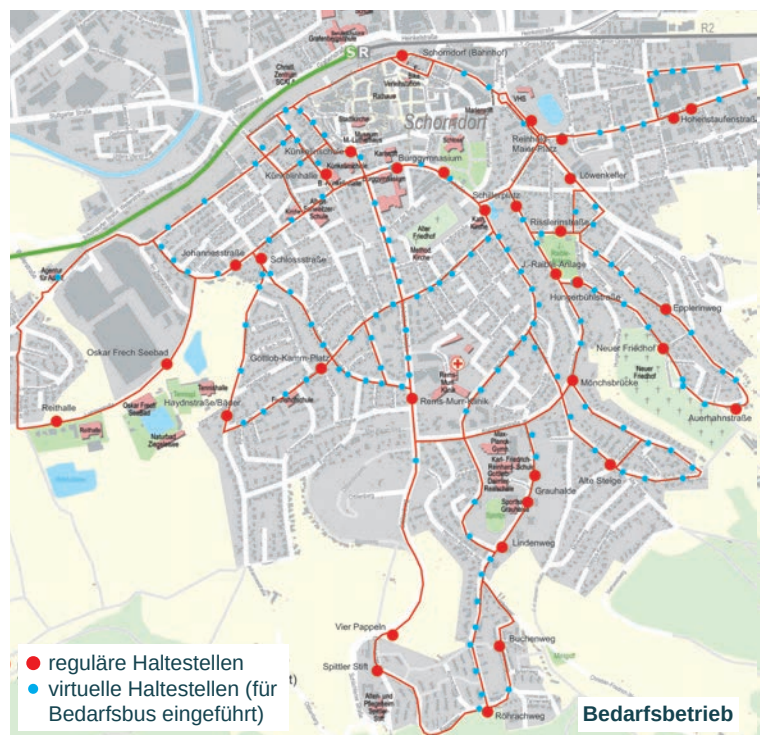


Abbildung 6: Streckennetz der zwei ersetzten Buslinien (links) und des Bedarfsbusses (rechts); Quelle: eigene Darstellung

Haltestellen und virtuelle Haltepunkte

Grundsätzlich lag dem Bedarfsbussystem die Bestrebung zugrunde, die gewünschten Halteorte der Fahrgäste möglichst genau zu bedienen. Allerdings waren nicht alle Straßen in Schorndorf für den Bedarfsbus befahrbar und es konnte nicht an jedem Punkt ein angenehmer und sicherer Ein- und Ausstieg ermöglicht werden. Das heißt, es gab nur bestimmte Straßen und Haltepunkte, die der Bus ansteuern durfte. Die Halte waren die regulären Linienbushaltestellen im Bediengebiet und zusätzlich über 200 sogenannte virtuelle Haltepunkte (siehe Abbildung 6). Virtuelle Haltepunkte wurden unter Gesichtspunkten wie komfortablem Ein- beziehungsweise Ausstieg und ordnungsrechtlichen Vorgaben (zum Beispiel Halteverbote) festgelegt. Sie verfügten über keinerlei bauliche Haltestelleninfrastruktur wie beispielsweise Haltestellenschilder.

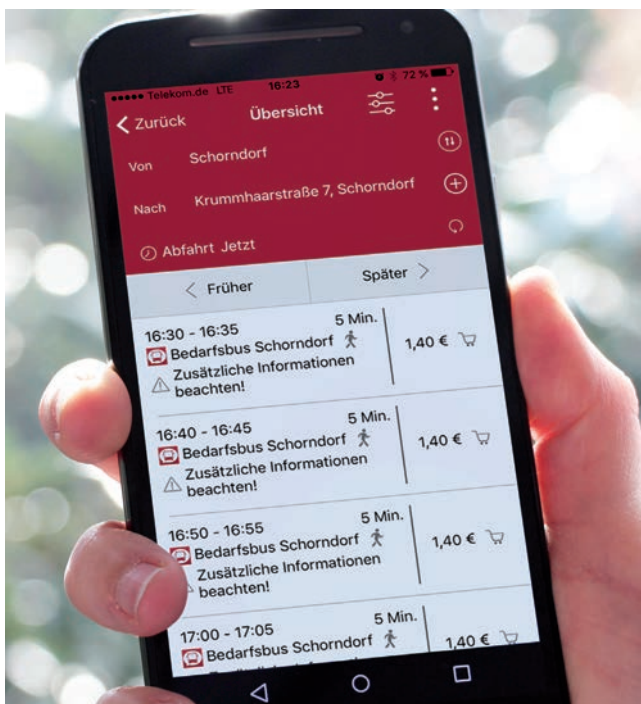


Abbildung 7: Smartphone App zur Bestellung des Bedarfsbusses; Quelle: DLR

Bestellmöglichkeiten und Spontanzustiege

Fahrten mit dem Bedarfsbus konnten via App (Abbildung 7), Telefonhotline oder Internetseite angefragt und gebucht werden. Zusätzlich gab es die Möglichkeit, in einigen Geschäften, Cafés und öffentlichen Einrichtungen eine Telefonbuchung vornehmen zu lassen. Fahrtbuchungen konnten frühestens drei Tage vor der geplanten Fahrt und spätestens fünf Minuten vor Beginn des Umlaufs (Abfahrt des Busses am Bahnhof Schorndorf) für die angefragte Fahrt vorgenommen werden. Wenn eine Einbindung des Fahrtwunsches in die Route für den jeweiligen Umlauf möglich war, wurde die Anfrage mit einem Angebot beantwortet, welches der Fahrgast buchen konnte. War der Fahrtwunsch nicht mit den zuvor eingegangenen Fahrtwünschen anderer Fahrgäste kombinierbar, musste ein anderer Zeitpunkt oder ein etwas anderer Start- oder Zielort für die Fahrt angefragt werden.

Für Abfahrts- und Ankunftszeit wurden bei der Buchung Zeitspannen angegeben. In diesen konnte sich der exakte Zeitpunkt durch in den Umlauf hinzukommende Fahrten verändern. Zum Beispiel erhielt ein Fahrgast die Information, dass seine Abfahrt an einer bestimmten Haltestelle für 17:30 Uhr eingeplant war. Um den Fahrtwunsch eines weiteren Fahrgasts zu berücksichtigen, erstellte das System eine leicht veränderte Route. Hierdurch verschob sich die Abfahrt des ersten Fahrgasts an seiner Haltestelle um zwei Minuten auf 17:32 Uhr. Die Fahrtroute wurde fünf Minuten vor Abfahrt des Busses am Bahnhof eingefroren. Nach dem Einfrieren konnten Fahrgäste per Smartphone die endgültigen Daten der Fahrt, wie zum Beispiel die Abfahrtszeit, abrufen. Die Nutzung virtueller Haltestellen war bei einer Buchung per App möglich. Bei Buchungen per Telefon oder bei einem Kooperationspartner vor Ort konnten ausschließlich die bestehenden regulären Haltestellen als Ein- und Ausstiegsort gebucht werden.

Für eine komfortable Nutzung des Bedarfsbusses für Fahrgäste aus der S-Bahn und Regionalbahn war ein Zustieg in den Bedarfsbus am Bahnhof ohne Buchung möglich, allerdings ohne Änderung des geplanten Fahrtverlaufs. Diese Möglichkeit des Spontanzustiegs wurde insbesondere mit Hinblick auf die Neuartigkeit des Systems und den Ersatz von regulären Buslinien angeboten.

Bedienzeiten

Der Bedarfsbus fuhr in Schorndorf von Freitagabend bis Sonntagabend beziehungsweise -morgen bis Sonntagabend. Im Gegensatz zum davor bestehenden regulären Linienverkehr konnte das Bedarfsbussystem samstags die ganze Nacht hindurch genutzt werden. Die genauen Bedienzeiten sind in Abbildung 8 dargestellt. Außerhalb der Bedienzeiten wurde ausschließlich der reguläre Linienverkehr angeboten. Die Zeitdauer des Testbetriebs war unabhängig von den Ergebnissen der Evaluation auf neun Monate festgelegt, dies hatte unter anderem auch regulatorische Gründe.

Auf Basis von Erfahrungen mit dem Testbetrieb der ersten Monate wurde ab dem 20. Juli 2018 freitagabend bis sonntagmorgen und sonntagvormittags wieder der Linienverkehr an Stelle des Bedarfsbusses angeboten (hellrot dargestellte Zeitspannen). Der Test des Systems in Zeiten eines relativ hohen Fahrgastaufkommens wie am Freitagabend zeigte, dass der Linienbetrieb bei den gegebenen Randbedingungen (zum Beispiel die Nutzung der Busse durch viele Pendler und die Fahrgastzahlen) hier besser geeignet war als der Bedarfsbusbetrieb. Im Rahmen des Forschungsprojektes war es wichtig, unterschiedliche Betriebszeiten zu

testen und somit relevante Erkenntnisse zu Grenzen von Bedarfsbussystemen beziehungsweise weiterem Entwicklungsbedarf zu ermitteln.

Integration in vorhandenen getakteten ÖPNV

Ein zentrales Element des Bedarfsbussystems war es, eine Anbindung an die im Halbstundentakt Richtung Stuttgart fahrende S-Bahn sicherzustellen. Dies beeinflusste die Kombination der einzelnen Fahrtwünsche zu individuellen Umläufen. Mit Umlauf sind nachfolgend Fahrten vom Bahnhof Schorndorf bis zurück zum Bahnhof Schorndorf

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
04.00 Uhr	Kein Betrieb (nachts)						
08.00 Uhr							
12.00 Uhr							
16.00 Uhr							
20.00 Uhr							
24.00 Uhr							

Abbildung 8: Bedienzeiten des Bedarfsbussystems; Quelle: eigene Darstellung

gemeint. Der Bedarfsbus startete jeden Umlauf, also die Kombination verschiedener Fahrtwünsche, am Bahnhof Schorndorf. Für die S-Bahn-Anbindung starteten die Umläufe immer um 19 und 49 Minuten nach einer vollen Stunde am Bahnhof und endeten spätestens 25 Minuten später wieder am Bahnhof.

Tariflich war der Bedarfsbus in die Struktur des VVS integriert. Alle üblichen Tickets wie Zeitkarten, Einzeltickets und Mehrfahrtenkarten konnten somit für Fahrten mit dem Bedarfsbus ohne Aufpreis genutzt werden.

Im Bedarfsbusbetrieb eingesetzte Busse

Im Rahmen des Testbetriebs, wurden die in Tabelle 1 vorgestellten Busse eingesetzt. Bei den Bussen „Barbara“ und „Gottlieb“ handelt es sich um Kleinbus-

se, die im Rahmen des Projekts geleast und eingesetzt wurden. Für den Einsatz im Testbetrieb wurden die Busse von den Stadtwerken Schorndorf als Service für die Fahrgäste mit WLAN ausgestattet.



Abbildung 9: Im Bedarfsbusbetrieb eingesetzte Busse; Quelle: spirit Kommunikation, Schorndorf

Typ	Sprinter City 35	Elena	Citaro Stadtbus
Name	Barbara	Gottlieb	Stadtbus
Sitzplätze	14	8	40
Stehplätze	8	0	60
Plätze insgesamt	22	8	100
Rollstuhl	1	0	1
Antrieb	Diesel	Hybrid: Diesel / Elektrisch	Diesel

Tabelle 1: Im Testbetrieb eingesetzte Busse

4 Ergebnisse des Testbetriebs des Bedarfsbusses und der Fahrzeugentwicklung

Das Forschungsprojekt Reallabor Schorndorf untersuchte im Wesentlichen die Fragestellungen, wie ein nutzerorientiertes Bedarfsbussystem aussehen sollte, wie der Transformationsprozess hin zur Nutzung eines neuartigen Systems möglichst gut gelingen kann, welche Auswirkungen und Vor- und Nachteile das System mit sich bringt und wie Fahrzeuge für Bedarfsbussysteme in Zukunft aussehen könnten. Zur Beantwortung dieser Fragen wurde unter anderem der Testbetrieb wissenschaftlich begleitet und ausgewertet. Die Erkenntnisse der Entwicklung des Bedarfsbussystems und des Testbetriebs flossen auch in die Entwicklung zukunftsweisender Fahrzeugkonzepte ein.

Die Ergebnisse der neunmonatigen Erprobung des neuen Bedarfsbusses in Schorndorf, der davor stattgefundenen Entwicklung sowie die abschließende Evaluation des neuen Mobilitätskonzepts sind im Folgenden dargestellt. Zunächst werden Erkenntnisse den Testbetrieb betreffend präsentiert (Abschnitt 4.1). Darauf folgend ist die Entwicklung von Fahrzeugen, die den besonderen Anforderungen eines Bedarfsbusbetriebs entsprechen, erläutert (Abschnitt 4.2).

4.1 Testbetrieb des Bedarfsbusses

Der Testbetrieb wurde vor dem Hintergrund wirtschaftlicher, ökologischer und nutzerbezogener Aspekte evaluiert. Hierzu wurden sogenannte Key Performance Indikatoren (KPIs) wie zum Beispiel die Anzahl der Fahrgäste bestimmt. Für die Evaluation wurden folgende Daten genutzt:

- Während des Testbetriebs wurden kontinuierlich über das Dispositionssystem automatisiert und anonymisiert Daten erhoben. Sie beschreiben zum Beispiel Buchungen des Bedarfsbusses

(Abfahrtsort, Passagieranzahl) und Umläufe des Bedarfsbusses (genutztes Fahrzeug, Buchungen). Bei der Datenerhebung handelte es sich um eine Vollerhebung, das heißt es wurden die Daten für alle Buchungen und Fahrten erhoben. Aufgrund verschiedener Systemanpassungen im ersten Betriebsmonat wurden die Daten erst ab dem fünften Betriebswochenende bei der Evaluation berücksichtigt.

- Zusätzlich zu den elektronisch erhobenen Daten wurden auf weiteren Wegen Daten erhoben. Um einen Eindruck davon zu gewinnen, wie viele Personen tatsächlich im Bedarfsbus mitgefahren sind, wurden Fahrgastzählungen durchgeführt. Um ein besseres Bild von der Einschätzung der Bürgerinnen und Bürger des Bedarfsbussystems zu erhalten, wurden darüber hinaus Testnutzerinnen und Testnutzer interviewt. Außerdem wurden im Mai 2018 und im Oktober 2018 Fahrgäste mittels Fragebögen um ihre Meinung bezüglich verschiedener Aspekte des Bedarfsbussystems gebeten.

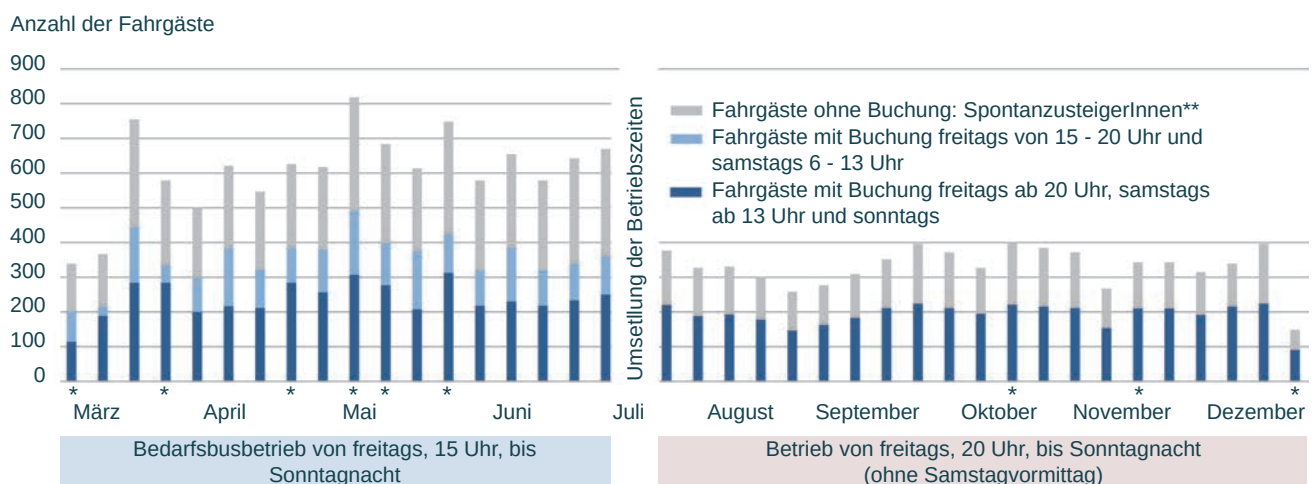
Fahrgastzahlen

Insgesamt wurden während des neunmonatigen Testbetriebs Fahrten für über 10.000 Fahrgäste gebucht. Die Fahrgastzahlen der einzelnen Wochenenden des Testbetriebs sind in Abbildung 10 dargestellt. Die Abbildung teilt sich in zwei Bereiche, da im Juli die Betriebszeiten des Bedarfsbusses angepasst wurden. Dabei entfielen die Betriebszeiten Freitagnachmittag von 15 bis 20 Uhr und Samstagvormittag von 6 bis 13 Uhr, siehe hierzu Abschnitt 3.4 - Bedienzeiten. Die Fahrgäste, die von März bis Juli in dieser Zeit fuhren, sind in Hellblau dargestellt. In Dunkelblau sind Fahrgäste mit Buchung von freitags nach 20 Uhr,

samstags nach 13 Uhr und sonntags abgebildet. Diese Zeiten wurden über den ganzen Testbetrieb angeboten und lassen somit eine Vergleichbarkeit über den ganzen Testzeitraum zu. In Grau sind Fahrgäste ohne Buchungen, sogenannte Spontanzustiege zu sehen. Diese Zahlen wurden auf Basis von Fahrgastzählungen hochgerechnet.

Betrachtet man den gesamten Testzeitraum, waren die Fahrgastzahlen an den Testwochenenden relativ stabil, das heißt, es lässt sich kein Trend zu mehr oder

weniger Fahrgästen im Verlauf des Testzeitraums ausmachen (Fahrgastzahlen in Dunkelblau in Abbildung 10). Gewisse Unterschiede der Fahrgastzahlen an einzelnen Wochenenden treten dabei auf. Diese sind nicht unüblich für den ÖPNV, da Ferienzeiten, Veranstaltungen sowie das Wetter einen großen Einfluss auf die Fahrgastzahlen haben. Am letzten im Diagramm dargestellten Wochenende endete der Testbetrieb des Bedarfsbussystems und die Busse fuhren ab Sonntagmorgen wieder im Linienbusbetrieb, daher ist die Anzahl der Fahrgäste im Bedarfsbusbetrieb am letzten Wochenende relativ gering.



* Wochenenden mit abweichender Gesamtbetriebszeit durch Pilotstart / -ende oder Feiertage

** Abschätzung der Anzahl von Spontanzustiegerinnen und -zustiegern auf Grundlage von Fahrgastzählungen

Abbildung 10: Fahrgastzahlen für die Wochenenden des Testbetriebs; Quelle: eigene Darstellung

Eine Beurteilung der Fahrgastzahlen im Bedarfsbetrieb im Vergleich zum Linienverkehr ist im Rahmen des Projektes schwierig, da Fahrgastzahlen im Linienverkehr nur stichprobenhaft erhoben wurden. Zudem ist ein neunmonatiger Testzeitraum sehr kurz, um Veränderungsprozesse im ÖPNV zu untersuchen, da dessen Nutzung stark von Routinen geprägt ist. Veränderungen der Mobilitätsroutinen der Nutzerinnen und Nutzer finden über lange Zeiträume statt.

Anfrage- und Buchungszahlen

Fahrten konnten für einen Fahrgast oder mehrere Fahr-

gäste gebucht werden. Hierzu war zunächst eine Buchungsanfrage zu stellen und dann bei verfügbarem Angebot eine Fahrt zu buchen. Abbildung 11 zeigt die vom System erfassten Buchungsanfragen für die einzelnen Wochenenden des Testbetriebs. Die Anfragen sind in der Abbildung unterteilt in ungültige Anfragen⁵, gültige Anfragen für die kein Fahrtangebot erstellt

⁵ Gültig waren ausschließlich Fahrtanfragen, die maximal drei Tage vor Fahrtantritt und mindestens fünf Minuten vor Start des betreffenden Umlaufs gestellt wurden und sich auf Fahrten während der Betriebszeiten bezogen.

Anzahl der Buchungen bzw. Anfragen

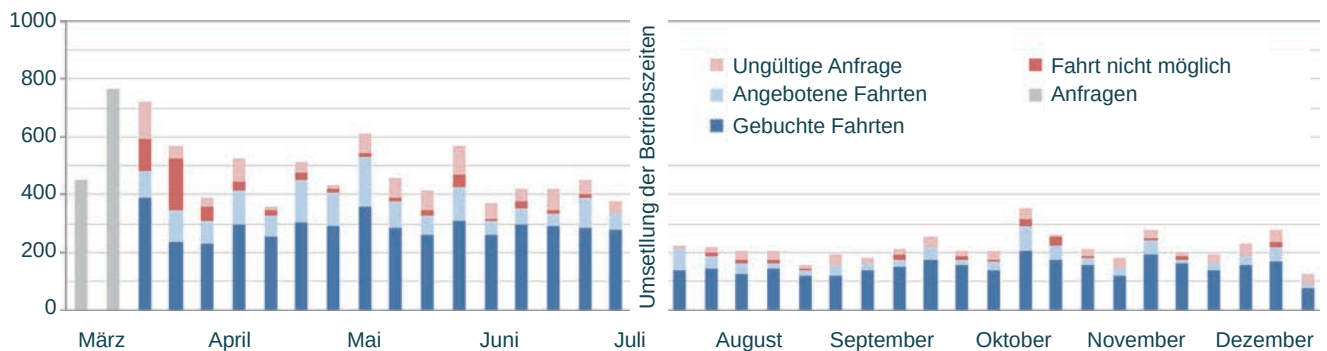


Abbildung 11: Anfrage- und Buchungszahlen für die Wochenenden des Testbetriebs; Quelle: eigene Darstellung

werden konnte (zur genaueren Erläuterung siehe Abschnitt 3.4 - Bestellmöglichkeiten und Spontanzustiege), mit einem Fahrtangebot beantwortete Anfragen (die jedoch nicht gebucht wurden) und durch Buchungen angenommene Fahrtangebote.

Der deutliche Rückgang der Buchungen ab Ende Juli ergibt sich aus der im Abschnitt „Fahrgastzahlen“ erläuterten Verkürzung der Betriebszeiten. Ansonsten sind bei den Buchungszahlen keine eindeutigen Tendenzen mit der Zeit erkennbar.

Anteil erfolgreicher Fahrtanfragen

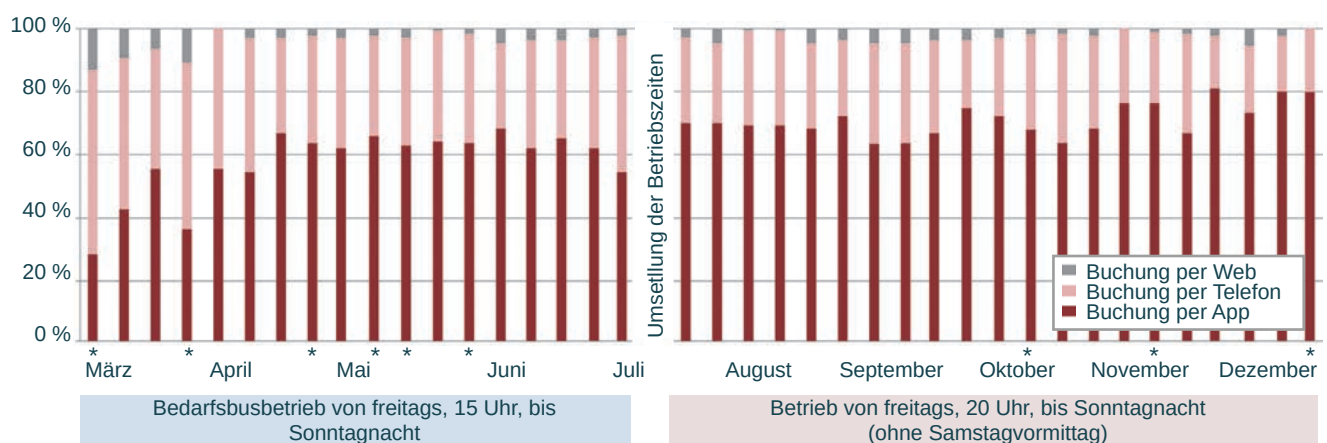
Der Anteil erfolgreicher Fahrtanfragen gibt den Anteil an, für den gültige Fahrtanfragen (siehe Fußnote) mit

Fahrtangeboten bedient werden konnten. Der Anteil erfolgreicher Fahrtanfragen lag mit durchschnittlich 96 Prozent sehr hoch. In Abbildung 11 ist deutlich zu erkennen, wie durch Systemverbesserungen die Anzahl der Anfragen, die nicht mit einer buchbaren Fahrt beantwortet werden konnten, reduziert werden konnte (rot dargestellt).

Nutzung der unterschiedlichen Buchungsoptionen

Die Systemdaten zeigen, dass Fahrgäste den Bedarfsbus hauptsächlich per App buchten. Etwa 65 Prozent der Buchungen erfolgte über die App, der Anteil der Telefonbuchungen lag bei etwa einem Drittel. Der Anteil der Web-Buchungen war mit zwei Prozent vernachlässigbar gering (siehe Abbildung 12).

Buchungsanteil



* Wochenenden mit abweichender Gesamtbetriebszeit durch Pilotstart / -ende oder Feiertage

Abbildung 12: Nutzung der Buchungsoptionen gemäß Systemdaten; Quelle: eigene Darstellung

Neben den Daten aus dem Buchungssystem wurden durch Fahrgastbefragungen sowie Interviews die Meinungen der Nutzerinnen und Nutzer erfasst. Die Ergebnisse der Befragung zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Alter und den gewählten Buchungsoptionen. Es fällt auf, dass ältere Nutzerinnen und Nutzer eher über die Telefonhotline buchten, während jüngere Fahrgäste eher die App nutzten (siehe Abbildung 13).

Die Zufriedenheit der Nutzerinnen und Nutzer mit den verschiedenen Buchungsoptionen fiel unterschiedlich aus. Bei der Buchung über die App gab die Mehrheit an, zufrieden oder sehr zufrieden zu sein. Im Gegensatz dazu waren lediglich ein Drittel der Befragten mit der Buchungsoption mittels Telefonhotline zufrieden. Zudem hat sich gezeigt, dass die Buchung über die App bei jüngeren Nutzergruppen wesentlich positiver bewertet wurde als bei älteren.

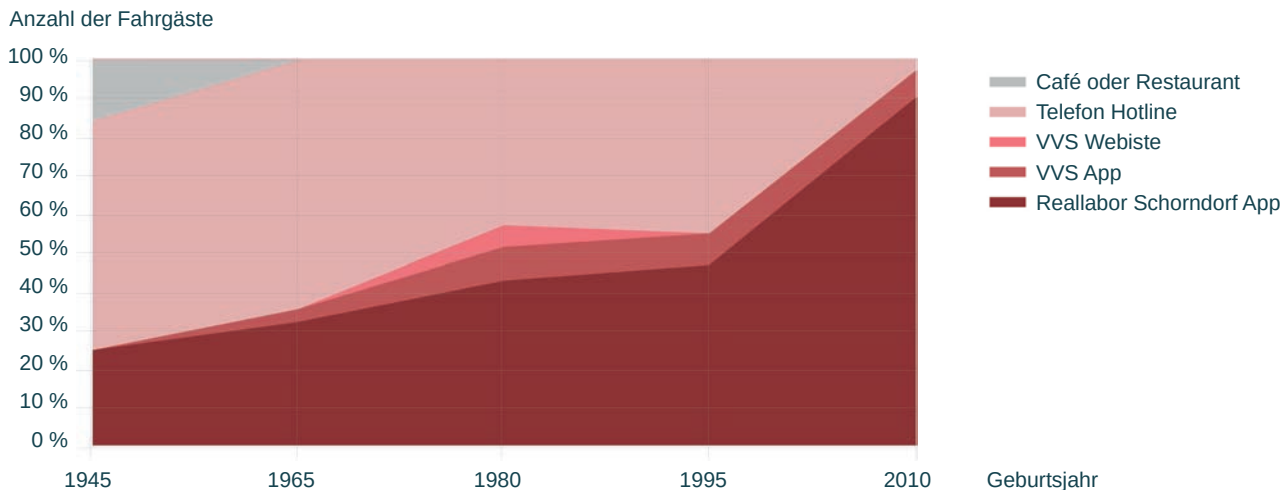


Abbildung 13: Buchungsmedien und Geburtsjahr (Umfrage DLR Mai 2018; 174 befragte Personen); Quelle: eigene Darstellung

Relevanz von Spontanzustiegen und nicht angetretenen Fahrten

Spontanzustiege und nicht erscheinende Fahrgäste (No-Shows) beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit von Bedarfsbussystemen. Die Möglichkeit von Spontanzustiegen und ein Verzicht auf Sanktionierung (zum Beispiel finanzieller Art) von nicht angetretenen Fahrten können jedoch die Akzeptanz bei der Einführung des Systems erhöhen und einigen Fahrgästen einen erhöhten Komfort bieten. Im Testbetrieb konnten daher in Schorndorf am Bahnhof Fahrgäste spontan zusteigen, wenn ihre Beförderung keine Veränderung der Route des Bedarfsbusses erforderte. Zudem wurde es nicht sanktioniert, wenn Fahrgäste trotz Buchung nicht erschienen sind. Allerdings konnte es da-

durch vorkommen, dass unnötige Umwege gefahren wurden.

Um einen Eindruck vom Einfluss der Spontanzustiege zu erhalten, wurde am Wochenende vom 16. bis zum 18. November 2018 eine Fahrgastzählung in allen Umläufen der Bedarfsbusse durchgeführt. Der Vergleich der Fahrgastzahlen laut Buchungssystem mit der Zählung in den Bussen ist in Abbildung 14 dargestellt.

Die Werte sind nicht repräsentativ, bilden jedoch eine gute Basis für Auswertungen und wurden mit stichprobenartigen Zählungen an mehreren Wochenenden ergänzt. Diese lassen darauf schließen, dass Spontanzustiege und nicht angetretene Buchungen

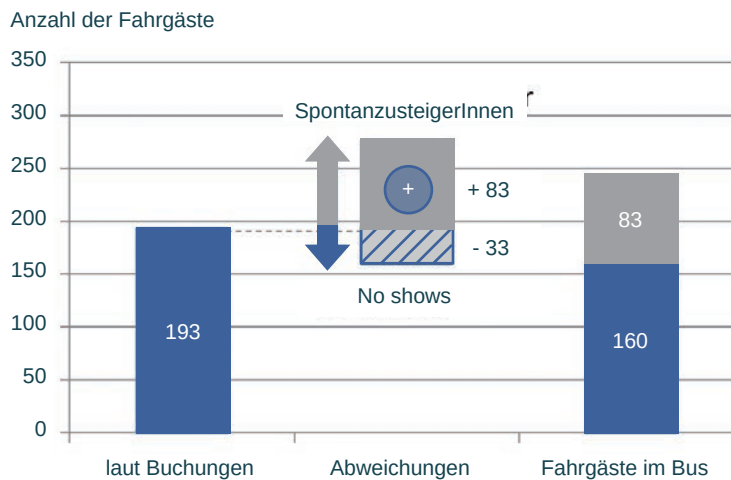


Abbildung 14: Spontanzustiege und nicht angetretene Fahrten
(Vergleichszählung an einem Wochenende); Quelle:
eigene Darstellung

die Fahrgastzahlen im Testbetrieb signifikant veränderten. Hierdurch waren das Routing und damit auch die Performanz des Systems nicht optimal. Bei zukünftigen Bedarfsbusverkehren sollte für diese Problematik eine Lösung gefunden werden.

Nutzung virtueller Haltepunkte

Der Nutzungsanteil virtueller Haltestellen ist das Verhältnis der Anzahl von Buchungen für virtuelle Haltepunkte gegenüber der Gesamtheit aller gebuchten Haltepunkte und regulärer Haltestellen. In Schorndorf war die Nutzung virtueller Haltepunkte nur bei Buchungen via App möglich. Bei der Buchung über Telefon oder Web waren nur reguläre Haltestellen nutzbar. Andernfalls wäre die Routenoptimierung stark eingeschränkt worden, da für telefonisch buchende Fahrgäste keine Informationsmöglichkeit zu Änderungen bestand. Für die Berechnung des Nutzungsanteils virtueller Haltepunkte wurden daher nur die Buchungen via App (rund 65 Prozent aller Buchungen) berücksichtigt. Dabei ergibt sich ein Nutzungsanteil der virtuellen Haltepunkte von 11 Prozent.

Ein Grund für den relativ geringen Nutzungsanteil der virtuellen Haltepunkte lag in der Bündelung von Haltepunkten für verschiedene Fahrtenanfragen zu einem Halt. Diese Bündelung wurde im Hinblick auf die Optimierung des Routings für jeden Umlauf durchgeführt. Lagen die Haltestelle für eine Telefonbuchung (zwangsläufig reguläre Haltestelle) und die virtuelle Haltepunkte für eine App-Buchung nahe beieinander, wurden die Halte auf reguläre Haltestellen zusammengelegt. Ansonsten hätten durch weitere Randbedingungen bei der Routenoptimierung einige Fahrtenanfragen von Fahrgästen bereits bei der Buchung abgelehnt werden müssen.

Insgesamt kann trotz des relativ geringen Nutzungsanteils festgehalten werden, dass virtuelle Haltestellen für die Servicequalität von Bedarfsbussen von Bedeutung sind, da durch sie beispielsweise Fußwege verkürzt (in Schorndorf in der Regel von ca. 500 m auf ca. 150 m) oder Fahrtwünsche günstiger zusammengefasst werden können.

Leerkilometeranteil

Der Leerkilometeranteil ist das Verhältnis der von den Bedarfsbussen gefahrenen Kilometer, in denen keine Fahrgäste mitgefahren sind und der Gesamtanzahl der von den Bedarfsbussen gefahrenen Kilometer. Leerkilometer entstehen aus betrieblichen Gründen, insbesondere durch das Anfahren abgelegener Haltepunkte. Zudem können Leerkilometer entstehen, wenn es bevorzugte Richtungen von Fahrten gibt, also wenn zum Beispiel morgens viele Fahrgäste in Richtung Bahnhof fahren möchten und nachmittags oder abends zurück zum jeweiligen Wohnort.

Im Bedarfsbusbetrieb wurden während des Testzeitraums circa 21.200 Kilometer zurückgelegt. Von

diesen tatsächlich gefahrenen Kilometern wurden 29 Prozent leer, also ohne Fahrgäste, gefahren. Es wird in zukünftigen Projekten interessant sein, wie sich der Leerkilometeranteil verändert, wenn die Busse in anderen Siedlungsstrukturen fahren oder weiterentwickelte Routingalgorithmen verwendet werden.

Anteil eingesparter Umläufe

Der Anteil eingesparter Umläufe ist das Verhältnis der Umläufe, für die es keine Buchungen gab (die der Bus demnach nicht gefahren ist), zur maximalen Anzahl an Umläufen, die im Testbetriebszeitraum hätten gefahren werden können (bei halbstündlicher Abfahrt am Bahnhof). In einem mit dem Bedarfsbussystem vergleichbaren Linienbussystem wäre der Bus unabhängig von der Fahrgastanzahl jeden Umlauf gefahren. Das Ergebnis zeigt, dass es für 26 Prozent der Umläufe keine Buchungen gab und damit im Bedarfsbusbetrieb rund ein Viertel der möglichen Umläufe nicht gefahren wurde. Das heißt, durch das Bedarfsbussystem wurden gegenüber einem vergleichbaren Linienbussystem in deutlichem Maße Verkehr, Emissionen und Lärm verringert. Die Erfassung der Reduktion von Lärm- und Schadstoffemissionen wäre mit erheblichem messtechnischen Aufwand verbunden gewesen, da diese Emissionen nicht proportional zu gefahrenen Kilometern oder dem Kraftstoffverbrauch sind. Schadstoffemissionen sind beispielsweise stark temperaturabhängig.

CO₂-Emissionen

Zur Bewertung einer möglichen Minderung von Treibhausgasemissionen durch den Busverkehr wurde die Menge der CO₂-Emissionen zwischen Bedarfsbusbetrieb und Linienverkehr verglichen. Dabei wurde für den gesamten Testbetrieb der jeweilige absolute Wert der CO₂-Emissionen des Bedarfsbusverkehrs beziehungsweise des ersetzten Linienverkehrs berechnet und gegenübergestellt. Die Berechnung erfolgte

auf Basis der Gesamtkilometer, die der Bedarfsbus während des Testbetriebs gefahren ist und auf Basis der Gesamtkilometer, die die ersetzten Linienbusse während der gleichen Zeitdauer gefahren wären. Dabei wurde für die Berechnung ein Sprinter City 35 mit Dieselantrieb als repräsentatives Beispiel für die Busse im Bedarfsverkehr verwendet. Repräsentatives Beispiel für die in Schorndorf normalerweise eingesetzten Linienbusse war ein Citaro Stadtbuss. Für beide Bustypen wurde der Verbrauch nach Herstellerangabe in leichtem Stadtverkehr zu Grunde gelegt. Im Ergebnis wurden durch das Bedarfsbussystem die CO₂-Emissionen um rund 60 Prozent reduziert. Das ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass der Sprinter City 35 einen wesentlich geringeren Kraftstoffverbrauch als der Citaro Stadtbuss hat. Zusätzlich fuhren die Busse im Bedarfsbetrieb weniger Kilometer als im vergleichbaren Linienbetrieb.

Fahrtzeitanteil

Für die tatsächlich gefahrenen Umläufe wurde der Fahrtzeitanteil, in dem der Bus gefahren ist, zur Standzeit am Bahnhof ins Verhältnis gesetzt. Im Gegensatz zum Linienverkehr dauert beim Bedarfsbus nicht jeder Umlauf gleich lang. Die benötigte Zeit richtet sich vielmehr nach Lage und Anzahl der Fahrtwünsche pro Umlauf. Für die Berechnung der Umlaufdauern wurden notwendige Fahrgastwechselzeiten am Bahnhof von fünf Minuten pro Umlauf abgezogen.

Die Auswertungen zeigen, dass durchschnittlich 63 Prozent der Zeit genutzt wurde, die für einen Umlauf zur Verfügung stand. Das heißt, dass die Umläufe kürzer als im Linienbetrieb waren und somit Treibstoffkosten, Emissionen und Verkehrsaufkommen gegenüber einem vergleichbaren Linienbussystem mit starren Umläufen entsprechend reduziert wurden.

	Gesamtstrecke für die Testlaufzeit	Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch ⁷	Gesamtkraftstoffkosten für die Testlaufzeit
Bedarfsbussystem, Sprinter City 35	21.200 km	16 Liter/100 km	4.920 €
Errechnete Werte für einen Stadtbus bei Linienbetrieb für den gleichen Zeitraum	23.900 km	35 Liter/100 km	12.130 €
Eingesparte Kraftstoffkosten in 9 Monaten Testbetrieb			7.210 €
Einsparung Kraftstoffkosten pro Monat			800 €

Tabelle 2: Vergleich von Kraftstoffverbrauch und -kosten im Bedarfssystem bzw. Linienbetrieb

Kosten

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit wurde ein Kostenvergleich durchgeführt und eine mögliche Kostenersparnis mit dem Bedarfsbussystem im Vergleich zum Linienbussystem betrachtet. Es wurden ausschließlich Kosten und keine Einnahmen betrachtet, denn es gibt keine aussagekräftige Datenbasis, um auch letztere zu vergleichen. Bei der Betrachtung der Kosten wurden nur diese betrachtet, die sich durch den Wechsel vom Linienbussystem zum Bedarfsbussystem verändern. Beispielsweise veränderten sich in Schorndorf die Personalkosten nicht, da weiterhin die gleiche Anzahl von Busfahrern eingesetzt wurde.

Vergleichbar und wesentlich verändert sind in erster Linie die gegenüber dem Linienbussystem reduzierten Kraftstoffkosten des Bedarfsbussystems. Durch das Bedarfsbussystem unter Verwendung kleiner Busse wurden rechnerisch rund 60 Prozent der Kraftstoffkosten des Linienbussystems eingespart. Die rechnerisch ermittelten Kraftstoffkosten für den gesamten Testzeitraum sind im Bedarfsbusbetrieb mit kleinen Bussen somit rund 7.210 € niedriger als bei einem vergleichbaren Linienbetrieb mit großen Stadt-bussen (siehe Tabelle 2). Pro Monat ließen sich somit rechnerisch rund 800 € einsparen⁶.

Dem gegenüber standen allerdings Zusatzkosten, die für die Bereitstellung der Telefonzentrale entstanden sowie Kosten für Entwicklung und Unterhalt der Dispositions- und Bestellsoftware.

Bewertung der eingesetzten Busse

In der Fahrgastumfrage wurde auch die Zufriedenheit mit den eingesetzten Bustypen, also den im Testbetrieb verwendeten Kleinbussen abgefragt. Dabei wurde deutlich, dass Sauberkeit, Sicherheit, die Leichtigkeit des Einstiegs in die Busse sowie insbesondere geringe Lärmemissionen (im Vergleich zu großen Stadt-bussen) als positiv empfunden wurden. Bemängelt wurden durch die Befragten jedoch der fehlende Stauraum, die geringe Gangbreite und die Federung bei den Kleinbussen. Bei der Verwendung von kleineren Fahrzeugen ist die Planung von ausreichend Stauraum und Barrierefreiheit für die Nutzerinnen und Nutzer ein wichtiges Thema.

⁶ Für die Berechnung wurde ein Preis von 1,45 € pro Liter Diesel (Stand November 2018) angenommen.

⁷ Herstellerangaben: Standardisierter Straßen-Testzyklus für Niederflur-Stadtbusse (SORT 2), Zyklus für leichten Stadtverkehr

Pünktlichkeit und Laufristanz zu den Haltestellen

Zur Bewertung der Pünktlichkeit gaben in Umfragen in Schorndorf 59 Prozent der Fahrgäste an, dass sie mit der Pünktlichkeit des Bussystems zufrieden waren. Auch im Linienbetrieb wird keine 100-prozentige Zufriedenheit erreicht. Bei der Betrachtung der Laufristanz zu den Haltestellen ist zu erkennen, dass 50 Prozent der Nutzerinnen und Nutzer in einer Entfernung von bis zu drei Laufminuten zu einem Haltepunkt wohnen. Dies gilt für Haltepunkte und Haltestellen. Generell wurde durch die höhere Anzahl von Haltemöglichkeiten eine verbesserte Erreichbarkeit der Haltepunkte beziehungsweise -stellen erreicht. Auch die Nutzerinnen und Nutzer betonten im Rahmen der Interviews die Vorteile des flexiblen Bussystems hinsichtlich kürzerer Fußwege:

„Ich sehe Vorteile, dass man das [den Bus] direkt vor die Haustüre bestellen kann. Das funktioniert besser als ein Taxi.“ (Testnutzerin 2)

Zufriedenheit der Fahrgäste mit dem Bedarfsbussystem

Die Zufriedenheit mit dem Gesamtsystem war altersabhängig. So waren im Mai 2018 rund 50 Prozent der

zwischen 1980 und 1995 geborenen zufrieden oder sehr zufrieden mit dem System. Bei der Generation, die vor 1965 geboren wurde, lag dieser Wert nur bei circa 30 Prozent (siehe Abbildung 15).

Das macht deutlich, dass bei der Einführung neuer Systeme die angenehme Bedienung für Fahrgäste aller Altersklassen eine besondere Herausforderung darstellt. Durch das Angebot der telefonischen Bestellung wurde dem in Schorndorf zwar Rechnung getragen, allerdings kommen viele Vorteile des Bussystems erst bei Verwendung einer App zum Tragen. Die Nutzung der App war über die gesamte Testlaufzeit für einige Nutzerinnen und Nutzer eine Herausforderung. Durch Hilfestellungen wie zum Beispiel einem Schulungsangebot im Ü50-Internet-Café konnte dieser Herausforderung begegnet werden. Viele Bürgerinnen und Bürger haben sich auf einen Lernprozess eingelassen und diesen gemeistert. So berichtete eine 80-jährige Schorndorferin:

„(...) nachdem ich das ein bis zwei Mal probiert habe erschließt sich das recht leicht. Es gibt ab und zu ein Problem mit der Verbindung, aber dafür kann die App nichts. Dann muss man es eben noch einmal ver-

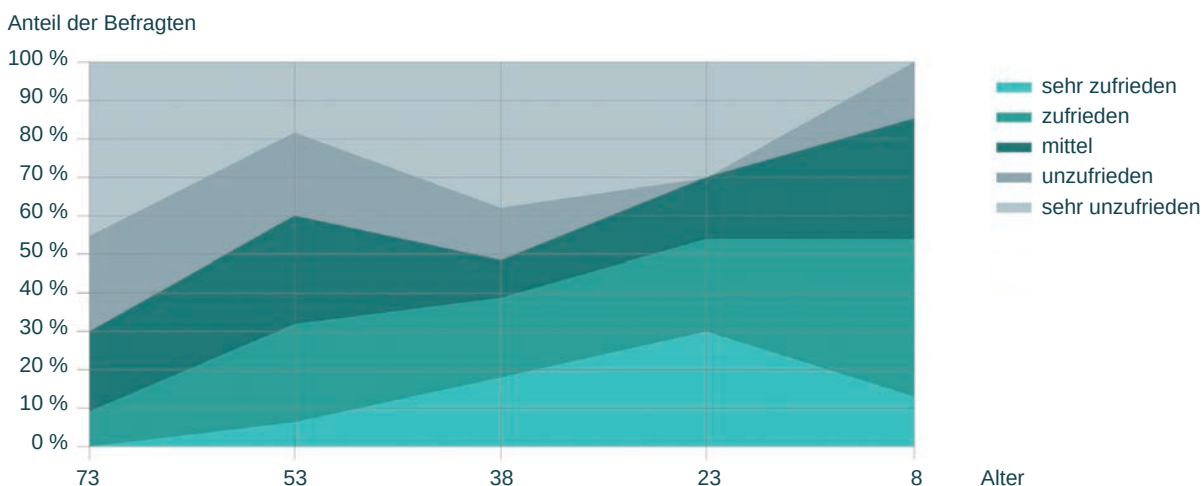


Abbildung 15: Zufriedenheit mit dem Bedarfsbussystem nach Alter (DLR Mai 2018; 174 befragte Personen);
Quelle: eigene Darstellung

suchen oder auf ein anderes Medium ausweichen.“
(Testnutzerin 8)

Vorteile des Bedarfsbusses wie die Reduzierung von Emissionen wurden von Fahrgästen in Interviews häufig genannt. Was ebenfalls häufig positiv festgestellt wurde, waren die umsteigefreien Verbindungen, die ein Bedarfsbussystem bietet.

„(...) dass ich gut fand ... dass man linienübergreifend fahren konnte. In den Zeiten in denen der Bus gefahren ist, war ja die gesamte Südstadt ein Bezirk.“
(Testnutzerin 7)

Da die Nutzerinnen und Nutzer zu zwei Zeitpunkten während des Testbetriebs mittels Fragebögen in den Bussen befragt wurden, konnte evaluiert werden, ob und wie sich das Stimmungsbild veränderte. Die Ergebnisse zeigen, dass das System zum Ende des Projektes wesentlich besser bewertet wurde als zu Beginn (siehe Abbildung 16).

Zum einen lässt sich dies durch die kontinuierliche Verbesserung des Systems erklären, zum anderen benötigt die Veränderung von (Mobilitäts-)Routinen

schlichtweg Zeit. Außerdem haben die Ergebnisse der Befragung sowie der Interviews gezeigt, dass am Projekt aktiv Beteiligte oder regelmäßige Nutzerinnen und Nutzer den Bedarfsbusses positiver bewerteten.

„Das Positive ist die Flexibilität, dass es tatsächlich schneller geht. Ich finde es sehr positiv, dass ich Teil eines Reallabors bin und bei zukunftsweisenden Verkehrsformen mitwirken kann.“ (Testnutzer 3)

Das Zitat aus einem Interview mit einem Testnutzer bringt zum Ausdruck, dass sich involvierte Personen mit dem Vorhaben identifizieren.

4.2 Entwicklung von Fahrzeugen für Bedarfsbussysteme

Die Erkenntnisse der Entwicklung und des Tests des Bedarfssystems flossen direkt in die Erstellung von Fahrzeugkonzepten für zukünftige Bedarfsbussysteme ein. Bedarfsbussysteme stellen andere Anforderungen an Busse als Linienverkehre und benötigen somit neue Fahrzeugkonzepte.

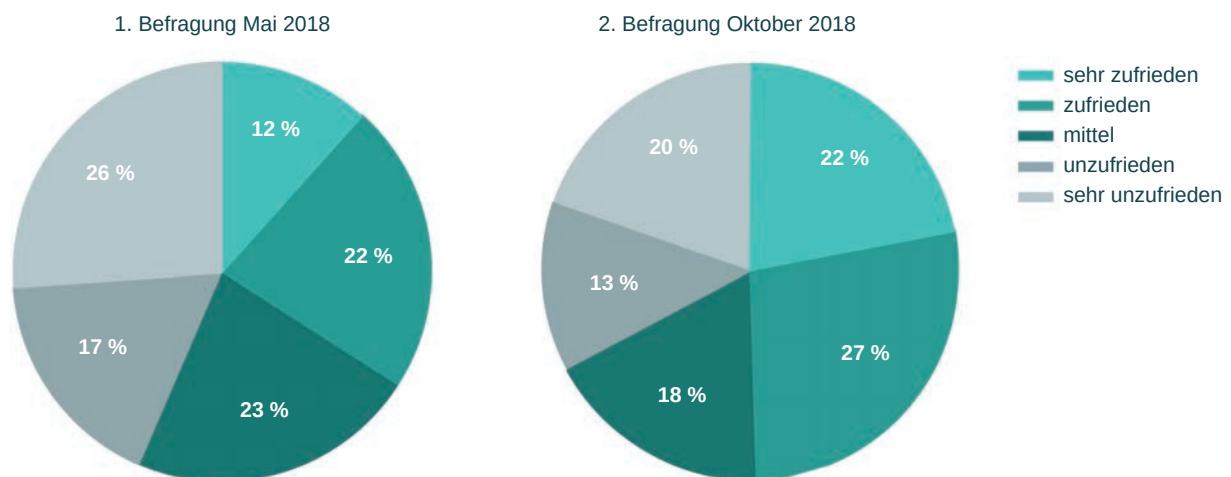


Abbildung 16: Zufriedenheit mit dem Bussystem (DLR Mai 2018; 174 befragte Personen; Oktober 2018: 105 befragte Personen);
Quelle: eigene Darstellung

Eine besondere Herausforderung für den barrierefreien Zugang zum Fahrzeug bei Bedarfssystemen ist die Nutzung von sogenannten virtuellen Haltestellen. Diese besitzen keine übliche Haltestelleninfrastruktur, das heißt sie bieten keine Bordsteinerhöhungen (Kassler Borde), Blindenleitsysteme oder Haltestellenschilder, wie es an heutigen Bushaltestellen üblich ist. Durch die Vielzahl virtueller Haltepunkte wäre es zu teuer, die entsprechende Infrastruktur an allen Haltepunkten aufzubauen. Die Technik für barrierefreien Einstieg muss somit in den Fahrzeugen selbst vorgesehen werden. Um einen barrierefreien Einstieg auch bei Bedarfssystemen zu ermöglichen, war es ein Ziel des Reallabor Schorndorf, ein niederflurfähiges Fahrzeugkonzept mit möglichst niedrigem Einstieg zu entwickeln.

Eine weitere Besonderheit von Bedarfssystemen ist, dass durch den flexiblen Betrieb in einem Gebiet mehrere kleine Fahrzeuge statt wenigen großen Fahrzeugen eingesetzt werden können. Sollten auf der gleichen Strecke einmal viele Fahrgäste gleichzeitig fahren wollen, werden die Fahrten gegebenenfalls mit mehreren Fahrzeugen durchgeführt. Kleine Fahrzeuge bieten als Vorteile einen niedrigen Kraftstoff- beziehungsweise Energiebedarf, geringe Lärmemissionen und eine hohe Wendigkeit. Somit können sie in engen, zugeparkten Wohngebieten Personen einfacher zu ihrem Ziel bringen als konventionelle Busse.

Im Testbetrieb in Schorndorf wurden zwar kleinere Fahrzeuge eingesetzt, jedoch keine größere Anzahl Busse als im Linienbetrieb. Bei anderen Bedarfssystemen könnten sich durch den Einsatz von mehreren kleinen Fahrzeugen relativ hohe Personalkosten ergeben, falls dann mehr Fahrzeuge als im Linienbetrieb zeitgleich im Einsatz wären. Dies kann Bedarfssysteme von konventionellen Liniensystemen mit wenigen großen Bussen und hohen Taktzeiten

unterscheiden. Vorteile dabei wären eine hohe Flexibilität und gute Abdeckung von Gebieten sowie eine hohe Effizienz beim Transport weniger Fahrgäste. Mit fahrerlosen Fahrzeugen könnten dabei in Zukunft Personalkosten eingespart werden und somit die Kosten für den Betrieb des Systems signifikant gesenkt werden.

Mit Hinblick auf die schlechte Luftqualität in vielen Städten sollten im Reallabor Schorndorf lokal emissionsfreie Fahrzeuge im Modell entwickelt werden. Dies wurde durch einen vollelektrischen Antrieb mit einer Batterie als Energiespeicher umgesetzt.

4.2.1 Vorgehensweise bei der Fahrzeugentwicklung

Die Anforderungen, die sich aus den Befragungen der Bürgerinnen und Bürger sowie aus dem Testbetrieb ergaben, flossen in alle Phasen der Fahrzeugentwicklung ein. Zuerst wurden Fahrzeuggrobkonzepte erarbeitet, welche als Basis für die Erhebung von Anforderungen in Workshops mit Bürgerinnen und Bürgern dienten. Aus deren Rückmeldungen wurden iterativ die Anforderungen weiter detailliert und Fahrzeuge konstruiert. In allen Entwicklungsphasen wurden neben virtuellen CAD-Modellen (englisch computer-aided design) auch physische Modelle in verschiedenen Maßstäben zur Visualisierung und Präsentation der Ergebnisse erstellt. Sie zeigten zum Beispiel Details wie das Interieur und das Einstiegskonzept oder machten das Erscheinungsbild des Fahrzeugs sichtbar.

4.2.2 Anforderungsdefinition

Die Anforderungsdefinition gliederte sich in drei Bereiche. Zunächst fand eine Anforderungsermittlung durch Fahrzeugexpertinnen und -experten statt. Daneben wurden Normen und Regelwerke recherchiert sowie eigene experimentelle Untersuchungen durchgeführt. So wurde zum Beispiel die Nutzung einer Rampe für

den eigenständigen Einstieg mit dem Rollstuhl in den Bus getestet. Als weiterer wichtiger Bestandteil der Ableitung der Buseigenschaften definierten die zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer Anforderungen in Workshops und in Befragungen.

In Tabelle 3 ist das Ergebnis des Workshops zusammengefasst, bei dem ein ideales Buskonzept für jeweils eine spezielle Nutzergruppe erarbeitet wurde. Hierfür wurden vier unterschiedliche Nutzertypen betrachtet und jeweils in einem einfachen maßstäblichen Modell dargestellt und präsentiert.

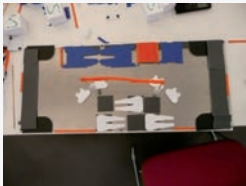
Nutzertyp	Mobilitätseingeschränkte Person mit Rollstuhl	Person, die regelmäßig den PKW nutzt	Person, die regelmäßig den Bus nutzt	Seniorin oder Senior
Besonders wichtige Anforderung	• Platz für min. zwei Personen mit Rollstuhl • großzügige Fläche zum Rangieren mit dem Rollstuhl • viele Haltegriffe	• Genügend Privatsphäre • Einhaltung einer gewissen Distanz zu anderen Fahrgästen • großzügige Sitze	• Ansprechendes Design • Komfortabler Innenraum • USB-Lademöglichkeiten • WLAN	• Sitzmöglichkeit in der Nähe der Tür • großzügige Fläche zur Unterbringung von Gepäck beziehungsweise Rollatoren • viele Haltegriffe
Gestaltungsaspekte, die dem jeweiligen Nutzertyp wichtig sind (sortiert nach Wichtigkeit)	• Einstieg / Türen • Sicherheit • Innenraum • Fahrzeugintelligenz und -vernetzung • Komfort	• Außengestaltung • Einstieg / Türen • Sicherheit • Innenraum • Fahrzeugintelligenz und -vernetzung • Gepäck und Transportkapazität • Komfort	• Außengestaltung • Einstieg / Türen • Sicherheit • Innenraum • Gepäck und Transportkapazität	• Einstieg / Türen • Sicherheit • Innenraum • Fahrzeugintelligenz und -vernetzung • Gepäck und Transportkapazität • Komfort
Lösungsvorschläge der Gruppen				

Tabelle 3: Zusammenstellung der Anforderungen und der Lösungsvorschläge eines Workshops zur Fahrzeugentwicklung, unterteilt in 4 Nutzergruppen

Aus den Erkenntnissen aus dem Workshop, den gesetzlichen Anforderungen, der technischen Umsetzbarkeit und aus der Entwicklung des Betriebssystems ergaben sich folgende Haupt-Anforderungen für die Ausgestaltung des Fahrzeugkonzepts:

- Hauptabmessungen: maximal 5 Meter Länge, maximal 2,5 Meter Breite
- Voll autonom, kein Busfahrer
- Voll elektrischer Betrieb
- Mind. 6 Sitzplätze, mind. 4 Stehplätze, eine große Multi-Funktions-Fläche und Platz für 2 Rollstuhlfahrer
- Barrierefreiheit für Rollstuhlnutzerinnen und -nutzer durch selbständiges Befahren ohne Hilfe

Die Anforderungsanalyse für die Buskonzepte wurde zum Projektbeginn gestartet und lief bis Anfang der Entwurfsphase, um Aktualisierungen und neue Erkenntnisse einzupflegen. Dies erfolgte insbesondere im Rahmen eines hierfür entwickelten Spezifikationshefts, das konkrete Anforderungen an das System zusammenfasste.

Das Spezifikationsheft stellte im Reallabor Schorndorf eine Weiterentwicklung klassischer Lasten- und Pflichtenhefte dar, wie man sie in herkömmlichen Entwicklungs- und Produktionsprozessen kennt, das heißt es

ist eine Zusammenführung aller für die Entwicklung des Systems relevanten Informationen. Es diente darüber hinaus der internen Dokumentation der Ergebnisse aus allen Arbeiten, der Herleitung und Begründung der Parameterfestlegung (wie im Falle des Reallabors Schorndorf beispielsweise der Haltestellenabstände), dem Wissensaustausch zwischen den Projektbeteiligten sowie der Vereinheitlichung des Kenntnisstandes durch fortgesetztes Einarbeiten der Ergebnisse von Absprachen und Berichten.

4.2.3 Konzeption Gesamtfahrzeug

Im ersten Schritt des Gesamtfahrzeugentwurfs wurden die Anforderungen in verschiedene parametrisierbare Maßkonzepte überführt. Diese enthielten alle Hauptabmessungen und wichtigen Maßketten, die die wesentlichen Bauräume vorhielten und Grenzflächen definierten. Sie dienten dazu, Maßkonzeptvarianten schnell zu variieren, um diese auf die zuvor definierten Hauptanforderungen zu überprüfen. Daraus wurden Package-Varianten abgeleitet. Beim Package wird überprüft, ob alle funktionsrelevanten Komponenten, zum Beispiel Rad und Radkasten oder die Batterien, und ergonomischen Vorgaben, wie Bewegungsfreiheit im Sitz, mit und ohne Rollator oder als Rollstuhlfahrer, im gegebenen Bauraum eingehalten werden können. Abbildung 17 zeigt drei Varianten einfacher Maßkonzepte zur Untersuchung der Umsetzbarkeit verschiedener Ideen, die Personen und maßgeblichen

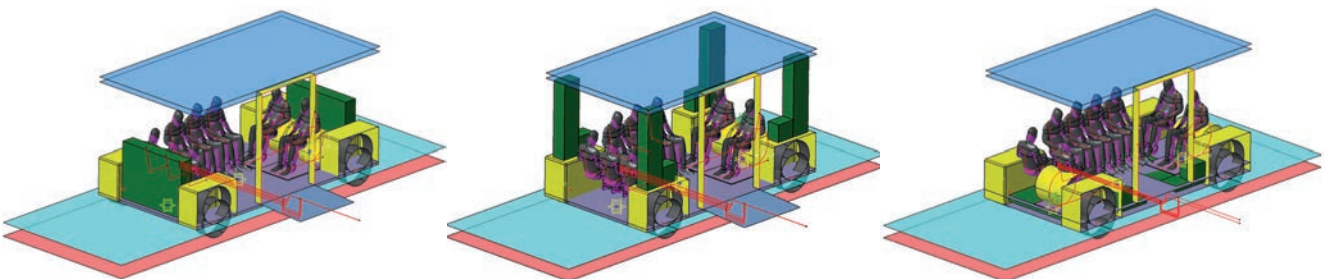


Abbildung 17: Virtuelle Darstellung unterschiedlicher Maßkonzept-Varianten; Quelle: eigene Darstellung

Komponenten (Türe, Batterie, Räder und Antrieb) im Fahrzeug einer definierten Größe anzuordnen.

4.2.4 Konzeption Ergonomie

Zur Auslegung des barrierefreien Zugangs zum Fahrzeug sollte entsprechend den Ergebnissen eigener Untersuchungen die Rampe eine Steigung von sechs Prozent nicht überschreiten. Dies bedeutet, dass auf einer horizontalen Länge von einem Meter ein maximal sechs Zentimeter vertikaler Höhenunterschied auch von einem ungeübten Rollstuhlfahrer überwunden werden kann. Dies wurde für das Fahrzeug dadurch erreicht, dass das Fahrzeug zum einen durch ein spezielles, sehr kompaktes Fahrwerk fast komplett abgesenkt werden kann und zum anderen über eine im Fahrzeugboden integrierte Rampe verfügt. Die Rampe ist Teil des Innenraumbodens, kann sich leicht

neigen und einen Auszug bis zur Bodenfläche ausfahren (Abbildung 18). Dies alles wird vor allem dann benötigt, wenn das Fahrzeug nicht an einem Bordstein halten kann.

ÖPNV-Fahrzeuge werden in der Regel auf die Maximalbelegung und Sitzabstände ausgelegt. Der Mensch steht dabei nicht immer hinreichend im Vordergrund der Auslegung. Um den ÖPNV-Betrieb aufzuwerten und zur Attraktivitätssteigerung aktiv beizutragen sind Fahrzeuge, die im bedarfsgerechten ÖPNV eingesetzt werden unbedingt nutzergerecht zu konzipieren, indem die Nutzerinnen und Nutzer mit ihren anthropometrischen (physischen) Eigenschaften und Verhaltensweisen differenziert berücksichtigt werden. Abbildung 19 zeigt die ergonomische Bewertung eines im Projekt entwickelten Fahrzeugkonzepts.

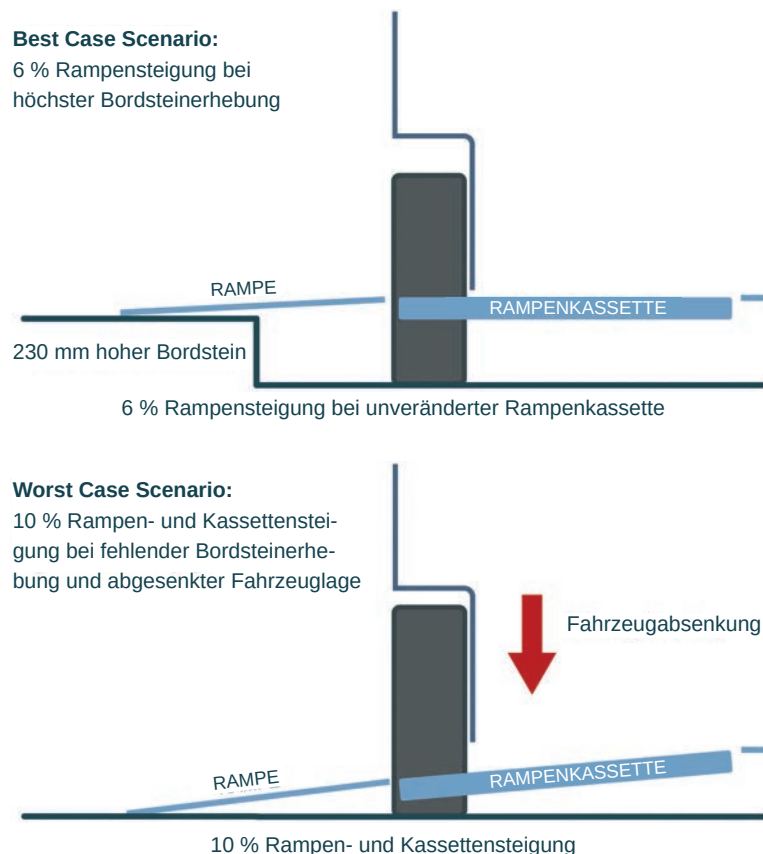


Abbildung 18: Schematische Querschnittsdarstellung des Einstiegsbereichs mit Rampe und Rampenkassette; Quelle: eigene Darstellung



Abbildung 19: Ergonomische Bewertung des Innenraums;
Quelle: eigene Darstellung

Im Projekt wurden vier für Schorndorf typische Nutzergruppen zur Entwicklung des Bedienkonzeptes (App, Webseite, Hintergrundsysteme) erstellt. Diese wurden als wichtige Zielgruppen definiert und durch zwei weitere relevante Gruppen ergänzt:

- Personen mit Kinderwagen (entspricht Alltagsnutzerin oder -nutzer mit Kinderwagen) und
- Personen mit Gepäck

In der folgenden Abbildung 20 werden unterschiedliche Nutzerinnen und Nutzer mit spezifischen Eigenschaften und zugehörigem Platzbedarf dargestellt.

Diese Gruppen wurden zu vier auslegungskritischen Nutzungsszenarien typischer Situationen kombiniert, die auf Beobachtungen zu heutigem Nutzerverhalten basieren und die Auslastung des Fahrzeugs zu unterschiedlichen Tageszeiten darstellen:

Szenario 1: „Morgens“: Maximale Ausnutzung der Sitz-/Stehplätze im Berufsverkehr

Szenario 2: „Vormittags“: Maximale Auslastung der Multifunktionsfläche

Szenario 3: „Früher Abend“: Auslegung bezüglich Barrierefreiheit

Szenario 4: „Später Abend“: Auslegung nach Raumfunktionalität und Raumgefühl

4.2.5 Konzeption Karosserie

Die Karosserieentwicklung basierte auf den Ergebnissen der Ergonomiestudien mit Schwerpunkt auf der Barrierefreiheit sowie den Anforderungen des Packagings, die sich aus den weiteren Komponenten wie Antrieb und Fahrwerk ergaben. Hieraus wurden erste Grobkonzepte erstellt. Für eine belastungsgerechte Karosserieauslegung wurde eines dieser Karosseriekonzepte ausgewählt, Topologieoptimierungen vorgenommen und nachfolgend eine Steifigkeits-/Festigkeits-Berechnung durchgeführt. Bei einer Topologieoptimierung wird aus einem gegebenen Bauraum das Material entfernt, was nur geringe Lasten trägt. Übrig bleibt eine bionische Struktur, welche nur noch dort Material einsetzt, wo es auch benötigt wird. Daraus ergibt sich eine sehr leichte Struktur im Vergleich zu einer Referenz. Die Ergebnisse wurden in einem weiteren Schritt gemeinsam in eine Rahmenkonstruktion zurückgeführt, wandstärkenoptimiert und in der finalen Karosserie umgesetzt. Die Karosserie wurde virtuell aus Aluminiumprofilen aufgebaut, wobei darauf geachtet wurde, dass möglichst wenige verschiedene Strangpressprofile verwendet wurden, um Aufwand und Kosten gering zu halten. Im Fahrzeugboden wurden Sandwichelemente eingesetzt und im Dachbereich ein gewöhnliches Karosserieblech aus Aluminium. Die Sandwichplatten bestehen aus Unter- und Oberschicht aus dünnen Aluminiumblech und einem leichten Kernwerkstoff (PUR IHS 22k). Dieser bringt zusätzlich akustische Vorteile bezüglich Trittschall sowie Laufkomfort. Als Material wurde eine 6000er Aluminiumlegierung eingesetzt, welche die nötige Dauerfestigkeit aufwies.

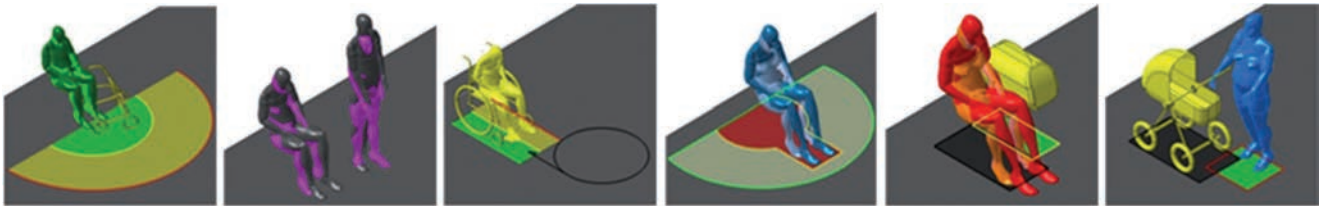


Abbildung 20: Modellierung verschiedener Busnutzerinnen und Busnutzer mit zugehörigem Platzbedarf; Quelle: eigene Darstellung

4.2.6 Modelle ausgewählter Konzepte

Im letzten Schritt der Fahrzeugentwicklung wurden die Einzelkomponenten im finalen Packaging-Prozess zusammengeführt und harmonisiert. Zu Beginn des Packagings wurde der aktuelle Stand des Konzeptes mit den Anforderungen abgeglichen und die Zusammenführung des Karosseriekonzeptes mit dem Design vorbereitet, in das die Ergonomie in Form der Nutzergruppen, der Antrieb und das Fahrwerk bereits integriert waren. Da bei der Auslegung die zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer im Vordergrund standen, wurde das Konzept von innen nach außen entwickelt. Das Design wurde entgegen dem üblichen Vorgehen in der Fahrzeugentwicklung, erst sehr spät auf Grundlage dieses Konzeptes gestaltet. Dennoch entstanden einige Zielkonflikte zwischen Design und Barrierefreiheit, zwischen Design und Karosserie, Design und Fahrwerk sowie zwischen Design und Crash-

strukturen. Die nachfolgenden Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen die entstandenen finalen Modelle im Maßstab eins zu zwanzig.

4.2.7 Fazit – Kernanforderungen für die Fahrzeugkonzeption im Bedarfsbusbetrieb

Für einen bedarfsgerechten Busverkehr eignen sich vor allem kleine und wendige Fahrzeuge. Mit ihnen können optimale Routen gerade für wenige Fahrgäste bedient werden. Für dieses Betriebsmodell sind häufig mehr Fahrzeuge im Einsatz als im herkömmlichen Linienbetrieb mit großen Bussen. Folglich steigt die Zahl benötigter Busfahrer. Vor diesem Hintergrund sind insbesondere fahrerlose Lösungsansätze interessant. Aus Nachhaltigkeitsgründen sind diese Fahrzeugideen rein elektrisch angetrieben und selbstverständlich barrierefrei.



Abbildung 21: Maßkonzept-Modell (links) und drei verschiedene Design-Modelle (rechts); Quelle: eigene Darstellung



Abbildung 22: Karosseriekonzeptmodell; Quelle: eigene Darstellung

Barrierefreiheit ist bei fahrerlosen Fahrzeugen für den bedarfsgerechten Betrieb besonders wichtig. Jeder Fahrgast muss in die Lage versetzt werden, alle Funktionen selbständig bedienen zu können. Für den Ein- und Ausstieg kann dabei keine Infrastruktur von Haltestellen genutzt werden, weil es nicht sinnvoll wäre, die Vielzahl von Haltepunkten in einem Bedarfssystem mit

entsprechenden baulichen Maßnahmen auszustatten.

Die wichtigsten technischen Details der entwickelten Fahrzeuge werden nachfolgend in der Tabelle 4 aufgelistet:

Kriterium	technische Details
Abmessungen	5,5 m x 2,5 m x 2,8 m (L x B x H)
Antrieb	4 x Radnabenmotor 190 kW
Barrierefreiheit	Gegeben, Rampenwinkel max. 10° auf Fahrbahnniveau
Batterie	58 kWh
Passagierzahl	6 x sitzend, 4 x stehend, 2 x Rollstuhlfahrer
Betrieb	Voll autonom

Tabelle 4: Überblick zu technischen Details der Fahrzeugkonzeption für Bedarfsbusse

5 Diskussion und Einordnung der Ergebnisse

Im Forschungsprojekt Reallabor Schorndorf erarbeiteten Wissenschaft, Praxispartner und Kommune mit Bürgerinnen und Bürgern eine neue Mobilitätslösung für den öffentlichen Nahverkehr und testeten diese unter Realbedingungen in einem Zeitraum von neun Monaten. Dieser Zeitraum war unabhängig von den Ergebnissen der Testphase festgelegt, unter anderem aus regulatorischen Gründen. Anders als bei anderen Projekten wurde in Schorndorf kein zusätzliches Angebot geschaffen, sondern zu den Betriebszeiten des Bedarfsbusses zwei komplette Buslinien ersetzt. Dies hatte zur Folge, dass der Aspekt der Gewährleistung von Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen von großer Bedeutung war. Allgemein ist der Vorteil des Ersatzes von Buslinien statt eines ergänzenden Betriebs die Vermeidung von zusätzlichem Verkehr und zusätzlichen Kosten.

Während des Testbetriebs hat sich bestätigt, dass der Vorteil eines bedarfsgerechten Bussystems in der Bedienung von Schwachlastzeiten, also Zeiten mit geringem Fahrgastaufkommen. In Zeiten und für Strecken mit hohem Fahrgastaufkommen ist ein Linienverkehr mit hohem Takt sowohl attraktiv und flexibel für die Fahrgäste als auch nachhaltig im ökologischen, ökonomischen und sozialen Sinn. Ob ein Linien- oder Bedarfsverkehr die geeignete Wahl für einen attraktiven und nachhaltigen ÖPNV ist, hängt daher von den jeweiligen Randbedingungen eines Systems ab.

Ein Bedarfsbus kann in kleinen Gemeinden oder Stadtrandlagen größerer Städte den häufig als unzureichend erachteten ÖPNV attraktiver gestalten und dort als Zubringer zum getakteten ÖPNV dienen. Damit würde der öffentliche Nahverkehr eine deutliche Stärkung bei der Bedienung in die Fläche erfahren, an Verfügbarkeit gewinnen und damit insgesamt attraktiver werden. Dies wäre ein wesentlicher Beitrag, um mehr nachhaltige Mobilität zu ermöglichen.

Je nach Interessensgruppen beinhaltet ein Bedarfssystem unterschiedliche Vorteile und Herausforderungen. Auf die unterschiedlichen Perspektiven wird im Nachfolgenden eingegangen.

5.1 Chancen und Herausforderungen für Fahrgäste

Gute Verfügbarkeit von Bussen durch bedarfsgerechtes Fahren

In Zeiten geringen Fahrgastaufkommens (zum Beispiel abends und am Wochenende) bieten Bedarfsbusse den Vorteil, dass eine gute zeitliche Verfügbarkeit angeboten werden kann, ohne dass die Umwelt durch komplette Umläufe ohne Fahrgäste belastet wird. Konkret bedeutete das in Schorndorf, dass im Linienbetrieb der Bus sonntags an einigen Haltestellen nur alle zwei Stunden fuhr, im Bedarfsbetrieb jedoch alle halbe Stunde bestellbar war.

Umsteigefreie Verbindungen

Bedarfsbusse bieten umsteigefreie Verbindungen auch für wenig nachgefragte Strecken an. In Schorndorf ist die Bedienung der östlichen beziehungsweise westlichen Südstadt auf zwei Buslinien aufgeteilt. Hierdurch ist im Linienbetrieb bei Fahrten in Ost-West-Richtung ein Umstieg notwendig. Mit den Bedarfsbussen konnte hingegen umsteigefreie Verbindungen angeboten werden.

Kürzere Fahrzeiten

Je nach eingehenden Fahrtwünschen lassen sich vielfach Fahrzeiten verkürzen, da die Busrouten optimiert werden. Mit den Bedarfsbussen wurden während des Testbetriebs dementsprechend nur noch jene Ziele angefahren, die die Fahrgäste tatsächlich angefragt hatten. Durch eine starre Linienführung bedingte Umwege entfielen.

Kürzere Fußwege

Bisherige Haltestellen im Linienbetrieb können durch weitere Haltepunkte ergänzt und so Fußwege für Fahrgäste verkürzt werden. Dies ist vor allem in Gebieten mit großen Steigungen und für mobilitätseingeschränkte Personen vorteilhaft. In Schorndorf waren im Bedarfsbetrieb über 200 virtuelle Haltepunkte nutzbar.

Aktive Rolle des Fahrgasts - Aufbrechen von Verhaltens- und Mobilitätsroutinen

Fahrgästen kommt beim Bedarfsbus eine aktive Rolle bei ihrer Alltagsmobilität zu. Fahrten müssen einzeln gebucht werden, um eine bedarfsgerechte Route erstellen zu können. Diese notwendige Verhaltensanpassung stellte im Testbetrieb für einige Fahrgäste eine Herausforderung dar, wurde von manchen negativ bewertet und benötigte teilweise eine längere Gewöhnungsphase. Unterstützend wirkte hierbei eine frühzeitige und umfassende Kommunikation.

Durchführung der Bestellung des Busses

Die Buchung eines Bedarfsbusses geschieht im Idealfall schnell und einfach. Gerade bei der Einführung von Systemen kann es jedoch durchaus auch zu Schwierigkeiten mit Buchungen kommen.

Im Testbetrieb des Reallabor Schorndorf wurden 96 Prozent der Fahrtanfragen positiv beantwortet. In den Fällen, in denen eine Buchung nicht möglich war, waren die angefragten Fahrten meist nicht mit den vorher eingegangenen Fahrtwünschen anderer Fahrgäste kombinierbar. Eine wesentliche Herausforderung bezüglich des Dispositionsalgorithmus bestand in der Balance zwischen direkten Verbindungen für den einzelnen Fahrgast und der Berücksichtigung vieler Fahrtwünsche anderer Fahrgäste. Eine Kommunikation des Ablehnungsgrunds unterstützte auch hier die Akzeptanz der Fahrgäste. Daneben traten in

Schorndorf insbesondere anfangs bei Nutzung der Smartphone App technische Probleme auf, die die Buchung erschwerten.

Bei Angebot von Buchungen über eine Telefonzentrale sollten Wartezeiten möglichst kurzgehalten werden und das Servicepersonal der Zentrale über gewisse Ortskenntnisse beziehungsweise Zugang zu Kartendaten verfügen.

Stornierungen und Updates

Die Stornierung einer bestellten Fahrt stellt für Fahrgäste einen Aufwand dar. Wird jedoch keine Stornierung vorgenommen, müssen in manchen Fällen Fahrten anderer Fahrgäste abgelehnt werden, die eigentlich durchführbar wären oder es werden unnötige Umwege gefahren. Die Stornierung von Fahrten ist daher sehr wichtig für den Komfort der Fahrgäste, die den Bus tatsächlich nutzen.

Updates zum Abholzeitpunkt per App können den Komfort für den Fahrgast erhöhen, da eine präzisere Angabe zur Abholzeit und somit kurze Wartezeiten ermöglicht werden. Zudem bieten Updates mehr Freiheiten bei der Optimierung der Route, es werden also bessere Routen für die Fahrgäste erstellt. Im Testbetrieb zeigte sich jedoch, dass die Kenntnisnahme von Updates einen Aufwand für Fahrgäste darstellt und Updates häufig nicht abgerufen wurden. Hier wäre der Einsatz von Pushnachrichten denkbar, die allerdings auch mit Schwierigkeiten verbunden sind.

5.2 Chancen und Herausforderungen für die Gesellschaft, beteiligte Kommunen und Genehmigungsbehörden

Ökologische Aspekte

Durch die Vermeidung von Runden ohne Fahrgäste und Optimierungen der Fahrstrecken können mit Bedarfsbussen CO₂-Emissionen eingespart werden. Im Testbetrieb in Schorndorf wurde zudem durch den Einsatz kleiner Fahrzeuge weniger CO₂ emittiert. Weitere Einsparungen wären durch Elektrobusse möglich. Durch verminderte Fahrleistungen wird zusätzlich der Fahrzeugverschleiß und somit der Ressourcenverbrauch reduziert.

Langfristig betrachtet besteht die Möglichkeit, dass ein attraktiverer ÖPNV mehr Personen zum Verzicht auf die Fahrt mit dem Pkw bewegt. Das kann auch Parkplatz-Suchverkehre und den Flächenverbrauch für Parkplätze reduzieren. Flächen, die bislang als Abstellplätze für Pkws dienen, ließen sich dann anderweitig nutzen, zum Beispiel für Grün- und Erholungsflächen in der Stadt. Für eine signifikante Verschiebung des Anteils von individuellen Fahrten mit dem Pkw hin zur Nutzung des ÖPNV ist nach Aussagen von Expertinnen und Experten jedoch eine Kombination von Maßnahmen notwendig, die einerseits die Attraktivität des ÖPNV steigern und andererseits die Nutzung des Pkw weniger attraktiv machen. Beispiele für letzteres wären die Erhöhung von Parkgebühren oder die Reduzierung von Parkplätzen.

Gesundheitliche Aspekte: Reduzierung von Schadstoff- und Lärmemissionen

Die Optimierung von Routen und der Einsatz kleiner Busse ermöglichen eine Reduzierung von Lärm und Schadstoffemissionen. Diese stellen für viele Kommunen ein großes Problem dar. Im Testbetrieb in Schorndorf wurde die Lärmreduktion durch den Einsatz von

Kleinbussen und die Vermeidung von Umläufen ohne Fahrgäste insbesondere von Anwohnerinnen und Anwohnern, aber auch von Fahrgästen positiv bewertet.

Soziale Aspekte – Mitnahme aller Personengruppen

Durch ein verbessertes Angebot und kürzere Wege können mit Bedarfsbussen auch Zielgruppen angesprochen werden, die selten den ÖPNV nutzen, zum Beispiel mobilitätseingeschränkte Personen. Hierfür ist das System entsprechend zu gestalten. Sehr wichtig bei zukünftigen Systemen ist die Berücksichtigung von Anforderungen von Personen mit Einschränkungen. Insbesondere beim Bestellsystem kann dies zum Beispiel durch eine sehbehindertengerechte Gestaltung der Smartphone App umgesetzt werden.

Im Testbetrieb stellte die Notwendigkeit einer aktiven Bestellung eine große Herausforderung für bestimmte Personengruppen dar. Allerdings stieg die Zufriedenheit mit dem System laut Umfrageergebnissen im Projektverlauf, was vermutlich auf Gewöhnungseffekten und Systemverbesserungen basiert. In Zukunft ist außerdem eine Erweiterung des Alters, in dem Smartphones genutzt werden zu erwarten. Dies erleichtert die Nutzung eines Bedarfsbusses. Dennoch ist bei Bussystemen in den nächsten Jahren darauf zu achten, dass alle Personengruppen mitgenommen werden können. Im Testbetrieb wurde daher auch eine Telefonbestellung angeboten.

Bürgerpartizipation / Projektbeteiligung und Auswirkung auf die Bewertung des Systems

Der bedarfsgerechte Busbetrieb wurde unter intensiver Einbindung der Bürgerschaft und von Verbänden entwickelt. Damit konnte das System an die Anforderungen von Fahrgästen und Anwohnern angepasst werden und gleichzeitig eine höhere Akzeptanz für das Projekt erreicht werden. Nutzerinnen und Nutzer, die

sich aktiv am Projekt Schorndorf beteiligt haben, haben das System besser bewertet. Diese Vorteile einer konsequenten Bürgerbeteiligung bieten sich Kommunen meist bei Projekten, die sich direkt auf den Lebensalltag der Bürgerinnen und Bürger auswirken.

Seitens der Kommunen erfordert die Einrichtung eines neuen Mobilitätsangebotes zunächst Mut und Durchhaltevermögen. Gerade im Verkehrsbereich werden Veränderungen sehr emotional aufgenommen. Allerdings ergeben sich mit neuartigen Konzepten wie Bedarfsbussen auch Chancen, dringend notwendige Anpassungen im Verkehr umzusetzen, ihn langfristig attraktiv zu gestalten und Vorreiter für nachhaltige Ansätze zu werden. Als Nebeneffekt wurde zudem von Fahrgästen und Busfahrern berichtet, dass im Bedarfsbusbetrieb häufig eine rege Kommunikation in den Bussen stattfand. Dies wurde sehr positiv bewertet und kann sozialen Zusammenhalt stärken.

Ökonomische Aspekte

Ein Bedarfsbussystem bietet Möglichkeiten zur Kosteneinsparung durch einen geringeren Kraftstoffverbrauch und weniger Wartungsaufwand durch eingesparte Fahrleistung (zum Beispiel Reifenverschleiß). Falls ein Gebiet mit weniger Bussen als im Linienbetrieb abgedeckt werden kann, können sich auch Personalkosten reduzieren. Langfristig ist vorstellbar, dass Busse fahrerlos betrieben werden, was Personalkosten weiter reduzieren würde.

Demgegenüber stehen Mehraufwände für Dispositions-, Fahrernavigations- und Bestellsoftware, sowie ggfs. für eine telefonische Bestellmöglichkeit (Callcenter).

Insgesamt ist zu beachten, dass durch die erwähnten positiven Umweltauswirkungen indirekt Kosteneinsparungen erzielt werden können. Obwohl diese

heute noch selten eingepreist werden, sind negative Umweltwirkungen mit hohen (externen) Kosten beziehungsweise mit Maßnahmen bis hin zu Fahrverboten verbunden.

Übertragbarkeit auf andere Kommunen

Schorndorf ist ein typisches Mittelzentrum mit rund 40.000 Einwohnern. Gemeinden, die Schorndorf vom Bevölkerungsaufbau ähneln gibt es in Baden-Württemberg, sowie auch in Deutschland häufig. Neben der Bevölkerungszahl und -struktur sind auch andere Merkmale für eine mögliche Einführung eines Bedarfsbus-Systems entscheidend. Eine tiefere Analyse dieser Fragestellung ist für jede Gemeinde nötig, um Unterschiede von vorhandener Verkehrsinfrastruktur, Altersaufbau der Gemeinde, Pendlerbeziehungen und lokalem politischen Willen, geographische Besonderheiten, sowie lokale Mobilitätskultur adäquat zu berücksichtigen.

5.3 Chancen und Herausforderungen für Betreiber

Steigerung der Attraktivität für Fahrgäste, Anwohnerinnen und Anwohner sowie Busfahrerinnen und Busfahrer

Betreiber können mit dem Bedarfsbusbetrieb ein System anbieten, das in Räumen und Zeiten schwacher Nachfrage die oben beschriebenen Vorteile gegenüber dem Linienbetrieb aufweist. Insbesondere können umsteigefreie Verbindungen und eine hohe zeitliche Verfügbarkeit ohne erhöhten Aufwand an Personalstunden, Kraftstoff und parallel eingesetzten Fahrzeugen angeboten werden.

Zusätzlich kann durch optimale Routen und Vermeidung von Fahrten ohne Fahrgäste der Verschleiß an den Fahrzeugen wie Reifen reduziert werden. Für die Busfahrerinnen oder Busfahrer bietet der Bedarfsbetrieb Herausforderungen durch neue Aufgaben und

somit eine abwechslungsreichere Tätigkeit. Dies wurde bei einer Befragung nach Abschluss des Testbetriebs von einigen Fahrern sehr positiv bewertet.

Derzeit werden Bedarfsbussysteme häufig von großen Unternehmen wie Fahrzeugherstellern oder Startups eingeführt. Es erscheint sinnvoll, noch mehr als derzeit auch die Erfahrung langjähriger ÖPNV Experten für Bedarfsbussysteme einzusetzen und so letztere vollwertig in das bestehende ÖPNV Angebot einzubinden. Für Unternehmen traditioneller Busverkehre bietet sich die Chance, ihr Angebot zukünftig ausweiten und digitalisierte Systeme zu nutzen.

Herausforderungen des Bedarfsbusbetriebs

Beim Bedarfsbetrieb in Schorndorf traten Herausforderungen bezüglich des Umgangs mit Spontanzustiegen, mit nicht erscheinenden Fahrgästen und Wünschen nach Dauerbuchungen für bestimmte Zeiten und Personengruppen (zum Beispiel Pendler) auf. Letztere wurden im Projekt nicht umgesetzt. Die Gründe lagen unter anderem an potenziellen Schwierigkeiten mit Systemupdates, einem erhöhten Risiko nicht erscheinender Fahrgäste und der nicht gewünschten Priorisierung von frühen Dauerbuchungen.

Im Testbetrieb des Projektes ließen sich auch durch kleine Busse Reduzierungen des Kraftstoffbedarfs erzielen. Die kleinen Busse wurden im Rahmen des Projektes für den Testbetrieb geleast beziehungsweise dem Betreiber von der Hochschule Esslingen überlassen. Bei der regulären Einführung von flexiblen Bedienformen stellt die Beschaffung und Unterhaltung verschiedener Fahrzeugtypen für den Betreiber einen Mehraufwand gegenüber einer reinen Flotte von konventionellen Linienbustypen dar, bietet jedoch auch Chancen durch geringere Kosten für Anschaffung und Betrieb.

Ein offenes Thema ist derzeit noch die Fragestellung der Genehmigung flexibler Bedienformen, bei entsprechendem Willen aller Beteiligten sind hier jedoch vermutlich Lösungen in den nächsten Jahren möglich (siehe Abschnitt 3.2.).

Weitere Informationen für die Planung flexibler Bedienformen

Für die Planung und Einrichtung flexibler Bedienformen existieren verschiedene Handbücher beziehungsweise Leitfäden, beispielsweise das „Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV“ (2009) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung oder den Planungsleitfaden „Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen“ (2016) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Zudem gibt die VDI 7000 detaillierte Hinweise zur Umsetzung einer frühzeitigen Einbindung der Öffentlichkeit bei Industrie- und Infrastrukturprojekten.

6 Kernaussagen

- Ein Bedarfsbusbetrieb bietet für Räume und Zeiten geringer Nachfrage große Chancen für einen nachhaltigen Verkehr, hierzu zählen:
 - Vermeidung von Fahrten ohne Fahrgäste und von Umwegen. Hierdurch Reduzierung von Kraftstoffbedarf, Lärm-, Schadstoff- und Treibhausgasemissionen, sowie Verschleiß
 - Umsteigefreie Verbindungen
 - Hohe zeitliche Verfügbarkeit
 - Kürzere Fußwege
 - Direktverbindungen bzw. kurze Fahrstrecken für Fahrgäste
- In Zeiten und für Strecken hoher Auslastung ist ein Linienverkehr mit hohem Takt sowohl attraktiv und flexibel für die Fahrgäste wie auch nachhaltig im ökologischen, ökonomischen und sozialen Sinne.
- Die Einbindung von Bedarfsbussen in den regulären ÖPNV erfordert Zusammenarbeit mit Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünden und Kommunen (anders als Premium-Angebote vieler Start-ups).
- Falls ein ergänzender statt ersetzender Bedarfsbusbetrieb geplant ist, ist zu prüfen, ob ein Bedarfsbus sozial, ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist. Fahrten ohne Fahrgäste im Linienbetrieb können bei einem ergänzenden Verkehr nicht eingespart werden und Bürgerinnen und Bürger werden weiter durch Emissionen leerer Fahrten belastet.
- Der Einsatz kleiner Busse trug im Bedarfsbussystem wesentlich zur Reduzierung von Lärm, Treibhausgasen und Schadstoffen bei. Auch im Linienbetrieb können kleine Busse in Schwachlastzeiten zu einer Minderung von Emissionen beitragen. Der Verwendung kleiner Fahrzeuge stehen allerdings derzeitige Vergaberichtlinien entgegen, durch die es für Betreiber häufig nicht lohnend ist, einen Fuhrpark mit Fahrzeugen für verschiedene Anwendungsfälle vorzuhalten.
- Die aktive Rolle des Fahrgasts beim Bedarfsbus ist eine Herausforderung für die Nutzenden (Notwendigkeit der Buchung) und führt zum Beispiel bei manchen älteren Fahrgästen zu Unzufriedenheit mit dem System.
- Veränderungsprozesse im ÖPNV und allgemein im Verkehr erfordern viel Zeit. In Fachkreisen werden häufig Erprobungsdauern von mindestens zwei oder drei Jahren für neuartige Systeme empfohlen, um den Erfolg bewerten zu können. Eine solche Zeitspanne war für den Bedarfsbusbetrieb im Rahmen des Projektes nicht möglich. Dennoch nahm innerhalb des relativ kurzen Erprobungszeitraums von neun Monaten die Zufriedenheit seitens der Fahrgäste durch Gewöhnung und Systemverbesserungen zu.

- Die Beteiligung der Zivilgesellschaft hat das System maßgeblich mitgestaltet. Die Einbindung vieler Akteure als maßgeblicher Bestandteil eines Reallabors ermöglichte gegenseitiges Lernen und war sehr gewinnbringend.
- Neue Mobilitätskonzepte benötigen neue Fahrzeugkonzepte.

Fazit zum Forschungsformat Reallabor und Ausblick

Das Forschungsformat Reallabor hat sich sehr gut bewährt. Die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis und die Möglichkeit von Realversuchen sind vorteilhaft für alle Beteiligten. Die verwendeten Formate des inter- und transdisziplinären Arbeitens können somit maßgeblich dazu beitragen, drängende gesellschaftliche Herausforderungen mit den Kompetenzen von Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Praxis zu lösen.

Da ein hoher Druck besteht, zeitnah Lösungen umzusetzen, die dem fortschreitenden Klimawandel entgegenwirken, sind Formate mit hohem Praxisbezug wie Reallabore von großem Wert. Die Diffusion von technischen und das Verhalten betreffenden Innovationen lässt sich durch die frühzeitige Einbindung aller relevanten Akteure beschleunigen und die Akzeptanz neuer Lösungen kann erhöht werden.

Die Strukturen, die im Reallabor Schorndorf entstanden sind, haben das Potenzial im Rahmen weiterer Projekte Nutzen zu stiften (Transformationspotenzial). Die starke Einbindung von Gemeinderätinnen und -räten, Regulierungsbehörden, der handelnden Akteure (Verkehrsverbund, Busunternehmer, etc.), Nutzerinnen und Nutzer sowie der interdisziplinär arbeitenden Wissenschaft in die Entwicklung hat zu einem Verständnis der gegenseitigen Perspektiven geführt und Kommunikationsstrukturen etabliert.

Es ist weiter zu untersuchen, welchen Beitrag zur Verkehrswende neue digitale Angebotsformen durch eine potenzielle Attraktivitätssteigerung des ÖPNV leisten können. Allgemein sollte die Konzeption jeweils so erfolgen, dass kein Zusatzverkehr entsteht, sondern bestehender motorisierter Verkehr substituiert wird. Zudem müssen für eine signifikante Verschiebung des Anteils von MIV zu ÖPNV und aktiven Modi wie Rad- und Fußverkehr nach Aussagen von Expertinnen und Experten auch beschränkende Maßnahmen im Bereich des MIV eingeführt werden (Push-Faktoren).

Nachhaltigkeit beinhaltet eine Balance von ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten. Reallabore bieten die Möglichkeit, den Abwägungsprozess zu den drei Aspekten in einem konstruktiven Dialog mit allen relevanten Akteuren durchzuführen.

Anhang

Wissenschaftliche Veröffentlichungen im Zusammenhang mit dem Reallabor Schorndorf

Neidhardt, E.; Sauerländer-Biebl, A. (2019) *Provisioning a demand-orientated bus system for public transportation*. 15th World Conference on Transport Research (wctrs), 26.-31. Mai 2019, Mumbai, Indien.

König, A.; Brost, M.; Gebhardt, L.; Karnahl, K.; Brandies, A. (2019) *Reallabor Schorndorf: Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Entwicklung und dem Pilotbetrieb des Bedarfsbusses*. Fachtagung Mobilität & Kommunikation, 21.-22. Feb. 2019, Dresden.

Gebhardt, L.; Lenz, B. (2019) „On demand“ statt Fahrplan. Baustein eines zukünftigen Mobilitätsmanagements? Informationen zur Raumentwicklung, 46 (1/2019), Seiten 98-111, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, ISSN 0303-2493.

Gebhardt, L.; Brost, M.; Steiner, T. (2019) *Bus on demand – ein Mobilitätskonzept mit Zukunft. Das Reallabor Schorndorf zieht nach dem Pilotbetrieb Bilanz*. Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society, 28 (1), Seiten 66-68. OEKOM Verlag. ISSN 0940-5550.

Beyer, S.; Müller, A. (2019) *Evaluation of Persona-Based User Scenarios in Vehicle Development*. In: Ahram, T.; Karwowski, W.; Taiar, R. (eds) Human Systems Engineering and Design. IHSED 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 876. Springer, Cham

Brost, M.; Gebhardt, L.; Steiner, T.; Neidhardt, E.; Brandies, A.; Karnahl, K.; Ademeit, A.-M. (2018) *Results from the real-world-laboratory based pilot operation of a demand responsive bus system*. European Transport Conference (ETC) 2018, 10.-12.10. Okt. 2018, Dublin, Irland.

Sauerländer-Biebl, A. (2018) *Integration of On-Demand Transport in Traditional Public Transport Systems: Some results*. Future Sustainable Transport and Resilient Cities 2018, Hanoi, 10. Oktober 2018, Hanoi, Vietnam.

Brost, M.; Klötzke, M.; Kopp, G.; Deißer, O.; Fraedrich, E.-M.; Karnahl, K.; Sippel, T.; Müller, A.; Beyer, S. (2018) *Development, Implementation (Pilot) and Evaluation of a Demand-Responsive Transport System*. World Electric Vehicle Journal, 9 (1). World Electric Vehicle Association (WEVA). DOI: 10.3390/wevj9010004 ISSN 2032-6653.

Klötzke, M.; Brost, M.; Fraedrich, E.-M.; Gebhardt, L.; Karnahl, K.; Kopp, G.; König, A.; Ademeit, A.-M.; Müller, A.; Sippel, T.; Ulmer, F. (2017) *Reallabor Schorndorf. Bürgernahe Entwicklung eines haltestellenlosen Quartiersbussystems*. Mobilität und digitale Transformation, Seiten 295-309. Springer Gabler. 9. Wissenschaftsforum Mobilität, 08.06.2017, Duisburg. DOI: 10.1007/978-3-658-20779-3 ISBN 978-3-658-20779-3.

König, A.; Wegener, J.; Pelz, A.; Grippenkov, J. (2017) *Serious Games: A playful approach to reduce usage barriers of innovative public transport systems*. Proceedings of the European Transport Conference. European Transport Conference 2017, 04.-06.Okt.2017, Barcelona, Spanien.

Barrilero Gil, M.; Sauerländer-Biebl, A.; Sohr, A.; Hesse, T. (2017) *Development of a Demand Responsive Transport system with improvement analysis on conventional public transport: A Case Study for Schorndorf. Germany*, MODELS AND TECHNOLOGIES FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 26-28 Jun. 2017, Neapel, Italien.

Sippel, T.; Ulmer, F.; Alcantara, S.; Klötzke, M.; Eva-Maria Fraedrich, Gebhardt, L. (2017) *When citizens become experts. A new approach for an integrated project and participation management*. IST - International Sustainability Transitions Conference, 18. - 21. Jun. 2017, Göteborg, Sweden.

König, A.; Fraedrich, E.-M.; Sippel, T. (2017) *Raus aus dem Elfenbeinturm: Bürgerbeteiligung in Verkehrsprojekten am Beispiel des Reallabor Schorndorf*. DVWG Jahreskongress, 17.-19. Mai 2017, Braunschweig.

Kopp, G.; Müller, A.; Deißer, O.; Beyer, S. (2017) *Innovative Kunststoffanwendungen für ein kleines Stadtbuskonzept*. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf 2017. ISBN 978-3-18-234347-9.

Brandies, A.; König, A.; Viergutz, K.; Fraedrich, E.-M.; Gebhardt, L.; Ulmer, F.; Sippel, T.; Dotzauer, M. (2017) *Transdisziplinäre Mobilitätsforschung unter Verwendung von Reallaboren: Integration von Stakeholderbedürfnissen und -anforderungen in die Entwicklung von Systemen bedarfsorientiert und vollautomatisiert fahrender Quartiersbusse*. AAET 2017: Automatisiertes & vernetztes Fahren 2017, Seiten 165-185. ITS automotive nord e.V. AAET 2017: Automatisiertes und vernetztes Fahren, 08.-09. Feb. 2017, Braunschweig, Deutschland. ISBN 978-3-937655-41-3.

Klötzke, M.; Karnahl, K. (2017) *Zukunftsweisender ÖV - Bürgerorientierte Optimierung der Leistungsfähigkeit, Effizienz und Attraktivität des Nahverkehrs*. 3. VDV-Symposium Multimodalität, 31. Jan. 2017.

Klötzke, M.; Fraedrich, E.-M.; Gebhardt, L.; Sippel, T.; Ulmer, F. (2016) *With public participation to a stopless and timetableless urban quarter bus in the Real-world lab Schorndorf*. IST - International Sustainability Transitions Conference 2016, 6. - 9. Sep. 2016, Wuppertal.

Nachhaltig handeln bedeutet, sein Handeln nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit auszurichten, also nicht auf Kosten von Menschen in anderen Regionen der Erde oder zukünftiger Generationen zu leben. Baden-Württemberg hat sich zum Ziel gesetzt in allen Lebensbereichen nachhaltig zu handeln. Die Belastbarkeit der natürlichen Ressourcen bildet dabei die Grenze. Wirtschaftliche, soziale sowie umweltbezogene Aspekte sind dabei gleichermaßen zu berücksichtigen. Die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes konzentriert sich aktuell auf die Themen: Klima und Energie, Umgang mit Ressourcen und Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Weitere Infos unter
www.nachhaltigkeitsstrategie.de



Nachhaltig handeln
Baden-Württemberg