

Autonomer Shuttlebus in Bad Birnbach

Von Sybille Mederle, 13. Januar 2021

Digitalisierung ist der Treiber einer neuen Mobilität. Sie bedingt und initiiert neue Konzepte und Dienstleistungen – nicht zuletzt auch im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Oft geht es bei Mobilitätskonzepten auch um die Überwindung der letzten Meile. Der Begriff beschreibt die Forderung, auch weniger frequentierte Orte oder Gebiete an Verkehrssysteme beziehungsweise -achsen anzubinden. Gelingt eine solche Anbindung, steigert dies die Attraktivität einer Region, sowohl für die einheimische Bevölkerung als auch für die Tourismusbranche.

Im bayerischen Bad Birnbach ist seit Oktober 2017 Deutschlands erste autonom betriebene Buslinie in den öffentlichen Straßenverkehr integriert. Das Pilotprojekt „Autonomer Shuttlebus in Bad Birnbach“ wurde in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn Tochter ioki, der Gemeinde Bad Birnbach, dem Landkreis Rottal-Inn und dem französischen Fahrzeugentwickler EasyMile umgesetzt und trägt zur Überwindung der letzten Meile bei. Anhand dieses Praxisbeispiels lässt sich darstellen, dass unter bestimmten Voraussetzungen bereits heute ein Mobilitätsangebot dieser Art im realen Linienbetrieb möglich ist und dieses darüber hinaus auch ein sinnvoller Baustein in öffentlichen Nahverkehrssystemen sein kann.

Bad Birnbach und das Projekt

Der Kurort Bad Birnbach, mit einer Einwohnerzahl von 5.777 Einwohnern (Bayerisches Landesamt für Statistik 2019), liegt im südlichen Niederbayern im Landkreis Rottal-Inn zwischen den Flüssen Donau, Rott und Inn. Der Ort verzeichnet im Jahr 2018 137.179 Gästeankünfte und 857.695 Übernachtungen. Bekanntheit erlangte der Kurort durch die Eröffnung der Rottal Terme im Jahr 1976. Die Öffnung des Bades zog auch den Bau zahlreicher Hotelanlagen und Apartments nach sich. Dadurch wurde der Tourismus zum größten Wirtschaftsfaktor des Ortes. Der Ort Bad Birnbach ist an ein dichtes Verkehrsnetz angeschlossen (Wikipedia 2020).

Neben dem autonom fahrenden Bus, verkehrt in Bad Birnbach der sogenannte „Badebus“, der von Einheimischen und Touristen kostenlos genutzt werden kann, wenn sie im Besitz einer Bürger- oder Gästekarte sind. Darüber hinaus kann dieser Personenkreis auch alle anderen öffentlichen Linien im Gemeindegebiet kostenlos nutzen. Die Gemeinde verfügt zudem über ein Rufbussystem namens „Rubi“.

Das Pilotprojekt „autonomer Shuttlebus“ wurde aus einem Zusammenschluss zahlreicher Partner realisiert (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie o.J., S. 2-3). Neben der Großgemeinde Bad Birnbach selbst, setzten der Landkreis Rottal-Inn, die Deutsche Bahn AG, das Startup ioki, die Regionalbus Ostbayern GmbH (RBO), der französische Hersteller EasyMile mit Unterstützung des Freistaats Bayern die einzelnen Teilprojekte um.

Übersicht der beteiligten Projektpartner

- ▀ Deutsche Bahn AG – ioki GmbH
- ▀ DB Regio Bus, Region Bayern
- ▀ Regionalbus Ostbayern GmbH
- ▀ Kurverwaltung der Marktgemeinde Bad Birnbach
- ▀ Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH
- ▀ EasyMile
- ▀ Landratsamt Rottal-Inn

Gefördert durch



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

- ▀ Regierung Niederbayern
- ▀ Regierung Oberpfalz
- ▀ Bayerisches Staatsministerium des Innern und für Integration
- ▀ Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr
- ▀ TÜV Süd

Darüber hinaus erfolgte die wissenschaftliche Begleitung des Projektes durch verschiedene bayerische Hochschulen und Universitäten sowie der DB Regio (BMW i o.J., S. 2-3).

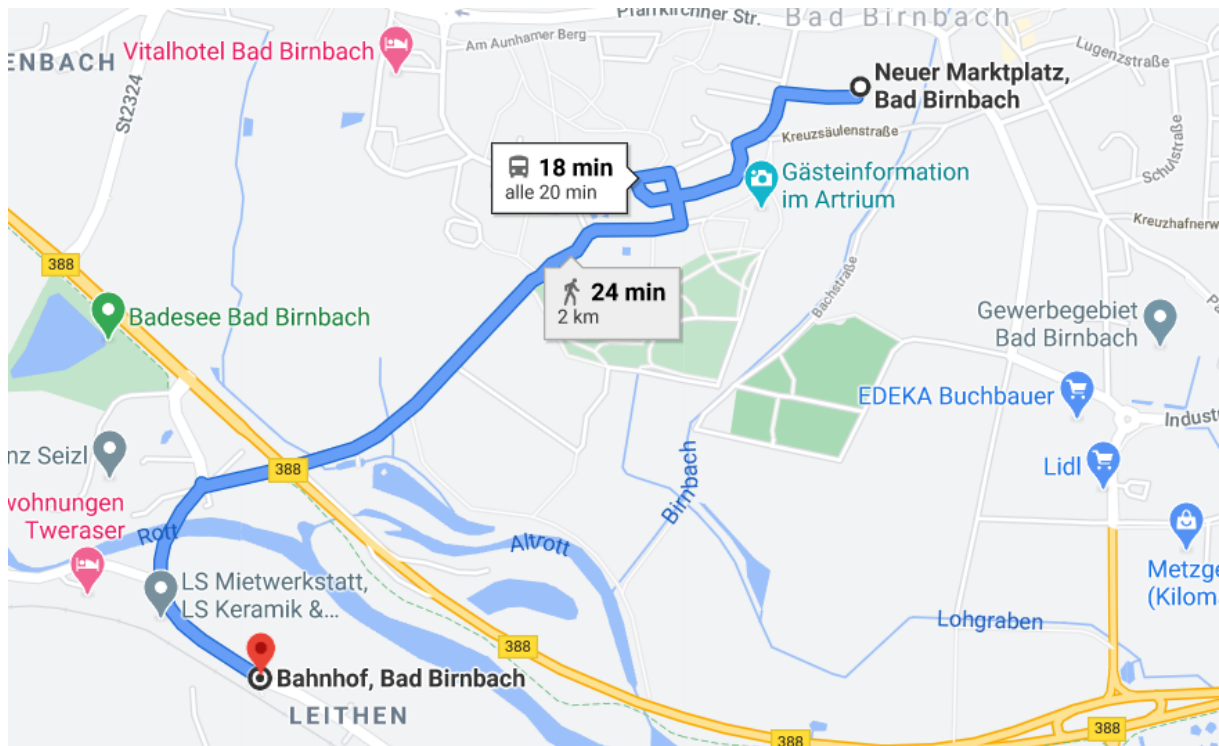
Federführend in dem Pilotprojekt war der Technologieanbieter ioki, ein Tochterunternehmen der Deutschen Bahn. Das Unternehmen ioki steht für On-Demand-Mobilitätslösungen, die je nach Bedarf auf Unternehmen, Kommunen oder Verkehrsunternehmen im ländlichen oder städtischen Raum zugeschnitten werden. Ioki bietet neben fahrerbasierten Mobilitätslösungen auch eine Plattform, die mit autonomen Shuttlebussen kommunizieren kann. Zur Kernkompetenz des Unternehmens zählt auch die Ergänzung beziehungsweise Erweiterung bestehender Mobilitätssysteme, einem der Hauptanliegen des Pilotprojektes in Bad Birnbach (ioki 2020a). Betreiber des Fahrzeugs im Testbetrieb und Inhaber der Linienkonzession ist die Regionalbus Ostbayern GmbH. Das eingesetzte Fahrzeug selbst wird von dem französischen Unternehmen EasyMile hergestellt (BMW i o.J., S. 7-8).

Autonom fahrende Fahrzeuge benötigen eine Vielzahl an Informationen, um sich sicher und unfallfrei zwischen verschiedenen Standorten zu bewegen. Das autonom betriebene Fahrzeug in Bad Birnbach ist mit umfangreicher Sensorik ausgestattet, welche die Umgebungsdaten und Informationen sammelt und verarbeitet, umso zunächst ein Rundumbild der Umgebung des Fahrzeugs erstellen zu können (Infrastruktur, Fußgänger, andere Verkehrsmittel etc.). Durch die Verarbeitung der erfassten Daten kann das Fahrzeug in Echtzeit entscheiden, wie es sich verhalten soll, um ungehindert am Ziel anzukommen (fahren, bremsen, anhalten). Die Technologie von EasyMile ermöglicht den Einsatz der autonomen Fahrzeuge in einer „gemischten“ Umgebung, in der sich Autos, Fußgänger oder Fahrradfahrer fortbewegen (easyMile 2020a) und erfährt mit dem Projekt in Bad Birnbach einen umfassenden Test im realen Betrieb.

Die Testphasen

Die erste Testphase des Projektes im öffentlichen Raum startete im April 2017. Der reale Fahrgastbetrieb erfolgte ab dem 25. Oktober 2017. Zunächst verband der Bus das Ortszentrum (Neuer Marktplatz) und die Rottal Terme. Die Teilstrecke umfasste eine einfache Länge von 670 Metern (BMW i o.J., S. 3-4). Um mit dem Projekt zu beginnen, wurden in Bad Birnbach in dieser ersten Testphase nur wenige infrastrukturelle Veränderungen vorgenommen, zu denen beispielsweise die Verbreiterung der Strecke im Ortszentrum für einen ordnungsgemäßen und flüssigen Betrieb zählte. Ziel war es, möglichst geringe Anpassungen vorzunehmen, um die Kosten für die Umsetzung gering zu halten (Barillère-Scholz et al. 2020, S. 19). Am 20. August 2018 startete die zweite Testphase und die bisherige Strecke wurde um 700 Meter auf 1.380 Meter erweitert. Durch die Erweiterung wurde die Haltestelle Badstraße an den Betrieb angeschlossen (siehe Abb. 5) (BMW i o.J., S. 4). Auch in dieser Phase mussten geringe infrastrukturelle Anpassungen durchgeführt werden.

Streckenverlauf autonomer Bus Bad Birnbach



Quelle: Google Maps

Es wurden Lokalisierungspaneelle installiert, die zur Positionsbestimmung und Orientierung des Busses notwendig sind (Barillère-Scholz et al. 2020, S.19). Mit dem Start der dritten Testphase wurde im Oktober 2019 (geplant Januar 2019) der Hochleistungs-ÖV mit dem Bahnhof an die Strecke angeschlossen und überbrückt nun die „letzte Meile“ vom Bahnhof in das Ortszentrum (Deutsche Bahn AG 2019a, S.1-3; BMWi o.J., S. 4).

Der Bus folgt, ähnlich wie auf virtuellen Schienen, der Route, die inklusive der Haltestellen in den Bordcomputer eingelesen wurde. Die Geschwindigkeit des Busses ist von möglichen 45 km/h auf 15 km/h begrenzt. Die Fahrt des Busses führt auf einem Teil der Strecke auch über eine Landstraße. Um den Betrieb sicherzustellen erkennt die installierte Kamertechnik an der Landstraße das Fahrzeug und steuert daraufhin die angeschlossenen digitalen Wechselverkehrszeichen. Diese beschränken die Geschwindigkeit für alle Verkehrsteilnehmer zwischenzeitlich auf 30 km/h (Deutsche Bahn 2019c).

Bereits in den ersten zwei Jahren beförderte der Bus 40.000 Fahrgäste und legte mehr als 20.000 autonom gefahrene Kilometer zurück (Gröll 2020). Mittlerweile verkehrt der Bus als feste Linie zwischen 8 und 18 Uhr vom Bahnhof Bad Birnbach über fünf Haltestellen in den Ortskern. Im Einsatz befinden sich derzeit zwei Fahrzeuge des Modells EZ10 Gen2 (Easy Mile), die ohne Fahrer und elektrisch betrieben werden. Die Kleinbusse, die barrierefrei sind, bieten sechs Sitzplätze, einen Platz für eine Fahrbegleitung sowie WLAN und USB-Anschlüsse. Sie sind mit modernster GPS-Technik und Lasersensoren ausgestattet, die ein autonomes Fahren ermöglichen (DB 2019a, S.1-3). Der autonome E-Shuttle, der weder ein Lenkrad noch ein Gaspedal hat, kann nur bei Bedarf manuell gesteuert werden (Deutsche Bahn 2019c).

Akzeptanzstudie unter den Einheimischen

Um die Akzeptanz der autonomen Busse und die Aufgeschlossenheit der Bürger gegenüber der neuen Technologie abzufragen, wurde eine Haushaltsbefragung in Bad Birnbach durchgeführt. Das bereits genannte wissenschaftliche Forschungsnetzwerk führte die Befragung durch (Deutsche Bahn 2019b).

Ziel der Untersuchung war es, positive und negative Faktoren des autonom fahrenden Busses im realen Betrieb aus Sicht der Bevölkerung zu ermitteln und damit eine Datenbasis für die Planung zukünftiger autonomer Busprojekte in ländlichen Gebieten zu schaffen. Im Mittelpunkt der Befragung stand nicht nur das Nutzungsverhalten der Probanden. Vielmehr galt es, Einstellungen und Meinungen zu erheben und herauszuarbeiten, wie die Einwohner in Bad Birnbach den Shuttlebus wahrnehmen und das Angebot bewerten. Die Ergebnisse zeigen, dass das Projekt von der Mehrheit der Befragten angenommen wird und die Buslinie zum Zeitpunkt der Befragung bereits häufig getestet wurde. Teils signifikante Unterschiede in den Umfrageergebnissen zeigen sich bei den Personen, die den Bus bereits genutzt haben und denen, die den Bus noch nicht aktiv genutzt haben.

Im Folgenden werden einige Ergebnisse zum Nutzungsverhalten und zur Akzeptanz des Shuttlebusses aus der Befragung zusammengefasst dargestellt. Detaillierte Resultate der Befragung sowie Ausführungen zur Forschungsmethodik und zu den eingesetzten Fragebögen sind in der Veröffentlichung „Autonome Shuttlebusse im ÖPNV. Analysen und Bewertungen zum Fallbeispiel Bad Birnbach aus technischer, gesellschaftlicher und planerischer Sicht“ zu finden (Rauh et al. 2020, S.159f).

Die Befragungsergebnisse zeigen, dass in Bad Birnbach der PKW das dominierende Verkehrsmittel ist. 78 Prozent gaben an, den ÖPNV nie zu nutzen. Andere Mobilitätsdienstleistungen wie Sharing-Modelle oder Rufbussysteme werden ebenfalls eher selten oder überhaupt nicht als Fortbewegungsmittel genutzt (Rauh et al. 2020, S.162).

65 Prozent der Probanden aus den befragten Haushalten steht dem Shuttleprojekt positiv gegenüber. Eine negative Haltung gegenüber dem Projekt haben nach eigenen Angaben rund 20 Prozent und noch unentschlossen äußern sich 15 Prozent (vgl. Abb. 3). Von den Befragten, die regelmäßig den öffentlichen Nahverkehr nutzen, sehen 75 Prozent das Projekt positiv (Rauh et al. 2020, S.164f).

58 Prozent der Befragten haben zum Zeitpunkt der Erhebung den Shuttlebus noch nie genutzt, 42 Prozent gaben an, ihn mindestens einmal oder mehrmals genutzt zu haben (Rauh et al. 2020, S.164f).

Die Befragten, die bereits mit dem Bus gefahren sind, hatten bei der ersten Fahrt zu 41 Prozent eine positive Wahrnehmung. 9 Prozent bewerteten die erste Fahrt negativ, ohne dies aber anhand eines speziellen Grundes festzumachen. Kritisch sehen 29 Prozent die geringe Geschwindigkeit und Reichweite des Busses und 11 Prozent bemängeln technische Probleme. (vgl. Abb.4) (Rauh et al. 2020, S.164f).

Als Hauptgrund für die Nutzung des Shuttlebusses wurde die Neugier benannt, gefolgt vom Interesse an der Technik und der Übereinstimmung der Strecke mit dem eigenen Fahrtziel. Die geringe Reichweite und Geschwindigkeit waren für Personen ausschlaggebend, den Bus (noch) nicht zu nutzen.

Ebenfalls wird von dieser Probandengruppe die Tatsache angeführt, dass sie generell öffentliche Verkehrsmittel nicht nutzen (Rauh et al. 2020, S.165). Voraussetzungen, die erfüllt sein mussten, um das Angebot des Shuttlebusses in Bad Birnbach zu nutzen, waren der zukünftige Ausbau der Strecke, der Anschluss des Bahnhofs und eine Erhöhung der Geschwindigkeit des autonom fahrenden Busses. Ebenfalls wurden eine erhöhte Flexibilität, Kostenfreiheit und eine verbesserte und sicherere Technik als notwendige Verbesserungen des bestehenden Angebots gesehen (Rauh et al. 2020, S.165). An dieser Stelle ist anzumerken, dass nach der Befragung im Juli 2018 die Streckenlänge im Oktober 2018 verdoppelt wurde und im Oktober 2019 die Anbindung an den Bahnhof erfolgte und damit zwei der am häufigsten genannten Voraussetzungen für eine stärkere Nutzung der Buslinie erfüllt wurden.

Häufiger „Einfach in der Benutzung“ beschreiben diejenigen den Bus, die ihn bereits genutzt haben als diejenigen, die dies noch nicht getan hatten. Die abgefragten Aspekte „Zuverlässigkeit“ und „Vertrauenswürdigkeit“ werden allgemein schlechter bewertet und weisen auch die größten Unterschiede zwischen Testern und Nicht-Testern der Buslinie auf. Alle Befragten stimmten größtenteils mit der Aussage überein, dass der Bus für ältere und weniger mobile Menschen eine Chance auf mehr Mobilität darstellt. Das Potenzial eines autonomen Shuttlebusses zur Sicherung der Mobilität im ländlichen Raum wird hingegen von den Probanden sehr unterschiedlich eingeschätzt. Dass autonome Shuttlebusse herkömmliche ÖPNV-Systeme ersetzen beziehungsweise die Sicherheit durch autonom gesteuerte Fahrzeuge erhöht werden kann, sehen die Befragten skeptisch. Zu einer ähnlich skeptischen Einschätzung kommen die Befragten bei Rufbussystemen, in die der Bus integriert werden könnte. Kein zutreffendes Linienangebot, Angst vor Arbeitsplatzverlusten sowie die hohen Kosten wurden ebenfalls als Hemmnisse für die Einführung autonom fahrender Busse genannt. Zustimmung erfährt der Bus hinsichtlich des positiven Beitrags zum Erhalt der Umwelt, der Flexibilität im Einsatz im ÖPNV sowie der Schaffung eines „grenzenlosen“ Zugangs zu Mobilität auch für Senioren und Behinderte (Rauh et al. 2020, S.166).

SWOT-Analyse des Projektes

Ein Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beleuchtet die ökonomische und administrative Seite und analysiert zudem die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Projektes in Bad Birnbach (BMW i.o.J.). Die wesentlichen Kernaussagen des Gutachtens sind:

Der Kurort Bad Birnbach verzeichnete für den Zeitraum von der Projektvorstellung, im April 2017 bis einschließlich Februar 2018, deutliche Zuwächse im Übernachtungsbereich. Dies wurde sowohl dem gestiegenen Bekanntheitsgrad infolge der Medienberichterstattung als auch der Außenwahrnehmung als „moderner“, „innovativer“ und „ökologischer“ Kurort zugeschrieben. Durch die Berichterstattung über den Kurort konnten bestehende Zielgruppen besser erreicht und neue hinzugewonnen werden. Die Resonanz in den Medien und in der Bevölkerung wurde als äußerst positiv bewertet. Insgesamt sei das Thema autonomes Fahren stärker in die öffentliche Wahrnehmung gerückt. Die Studie konstatiert weiterhin, dass dem Themenfeld „Autonomes Fahren“ aus ökonomischer Sicht eine große Bedeutung zugemessen werden kann. Potenziale bietet das autonome Fahren nicht nur für den privaten Bereich, sondern auch im öffentlichen Nahverkehr. Neue Mobilitätskonzepte und Geschäftsmodelle können entstehen. So werden zum Beispiel für Menschen ohne Führerschein oder für ältere Menschen mehr Möglichkeiten für die persönliche Mobilität geschaffen. Zudem kann der Verzicht auf ein eigenes Fahrzeug erleichtert werden, so die Studie des BMW i.

Des Weiteren gehe es nicht darum, Buspersonal zu ersetzen, sondern Strecken zu erschließen, die bisher vom ÖPNV nicht angefahren wurden beziehungsweise auf der es nur wenige Verbindungen am Tag gab. Für Taxiunternehmen, die bisher die Strecke bedient haben, auf der

nun der autonome Kleinbus verkehrt, könnte der innovative Bus eine Konkurrenz darstellen. Dennoch überwiege aus heutiger Sicht der Nutzen der Innovation. Die anfallenden Kosten des Projektes in Bad Birnbach tragen überwiegend die Deutsche Bahn und nicht die lokalen Partner. Der Tourismus und die Gewerbetreibenden in Bad Birnbach profitieren von dem Bus. Langfristig gesehen werden den Kosten auch die entsprechenden Erträge gegenüberstehen, davon gehen die Betreiber der Buslinie aus.

Learnings

Im Zuge der Digitalisierung, Elektrifizierung und Autonomisierung der Mobilität entstehen neue Wirtschaftsbereiche sowie neue Produktions-, Markt- und Wettbewerbsstrukturen. Dabei entwickelt sich Mobilität weg von einem reinen Transportmedium hin zu einer Dienstleistungsinstanz.

Die Vorteile autonom fahrender Fahrzeuge in Verkehrssystemen sind in urbanen Räumen unbestritten. Angesichts der stark wachsenden Bevölkerungsdichte ergeben sich etwa Vorteile allein schon aus sicherheitsrelevanten Verkehrsaspekten. Auch in ländlichen Regionen können sie zum Beispiel durch Kosteneinsparpotenziale oder als Lösung für die Erschließung „der letzten Meile“ beziehungsweise auch als Ergänzung zum ÖPNV-Angebot eine sinnvolle Alternative sein.

Das beschriebene Projekt „Autonomer Shuttlebus in Bad Birnbach“ zeigt, dass sich bereits heute autonomes Fahren zum einen technisch und zum anderen auch als sinnvolles Mobilitätsangebot im ÖPNV realisieren lässt. Erfolgreich wurde das Projekt allerdings erst mit einer klaren Orientierung an den Bedürfnissen der Fahrgäste. So wurde die Buslinie mit Beginn der dritten Testphase für eine größere Zahl von Fahrgästen interessant, nachdem der Bahnhof an die Buslinie angeschlossen und die Taktung der Fahrten erhöht wurde.

Im Hinblick auf gesellschaftliche und ökonomische Aspekte, aber auch aus technologischer Sicht sei das Konzept „autonomer Bus“ auf andere Regionen übertragbar, so die Einschätzung der BMWi-Studie. Hinsichtlich der unterschiedlichen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten in den einzelnen Bundesländern ließe sich allerdings die rechtliche Umsetzbarkeit nur teilweise auf andere Regionen übertragen. Aus administrativer Sicht lässt sich im Nachhinein sagen, dass zu Beginn des Projektes die Frage nach den Zuständigkeiten und den richtigen Ansprechpartnern zu Verzögerungen geführt hat. Das Genehmigungsverfahren hingegen brachte wesentlich weniger Herausforderungen mit sich als erwartet. Als eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Umsetzung vergleichbarer Forschungsprojekte wird deshalb insbesondere die Transparenz der jeweils zuständigen Ansprechpartner beziehungsweise eine zentrale Stelle zur Koordinierung der zahlreichen beteiligten Stakeholder gesehen (BMWi o.J.).

Aufgrund der hohen Kosten und dem administrativen Projektaufwand, ist es für die Umsetzung eines solchen Projekts sinnvoll, große Unternehmen einzubinden, die über eine gute Infrastruktur und das nötige Netzwerk verfügen. In Bad Birnbach waren alle relevanten Akteure des ÖPNV und die der Verwaltung in das Projektgeschehen integriert. Auch eine öffentliche Förderung für eine Realisierung scheint zwingend notwendig.

Weitere Praxisbeispiele

Das Projekt Bad Birnbach ist nicht das einzige Testfeld für den Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge im ÖPNV, wenngleich häufig vergleichbare Projekte noch nicht im dauerhaften Realbetrieb laufen.

Ein weiteres Beispiel für eine aktiv autonom betriebene Buslinie liegt in Monheim in Nordrhein-Westfalen. Nach dem Start des Projekts im Juli 2017 wurde der autonom fahrende Bus im

Februar dieses Jahres in den aktiven Linienbetrieb aufgenommen. Auch dieses Projekt wird wissenschaftlich begleitet, um die Akzeptanz und die Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten zu analysieren (Bahnen Monheim 2020).

Bereits heute finden sich in vielen städtisch oder auch ländlich geprägten deutschen Kommunen (zum Beispiel Monheim am Rhein oder Bad Birnbach), Testbetriebe autonom fahrender Busse, welche jedoch noch nicht [volumfänglich] in das öffentliche Verkehrsnetz integriert sind. Der Verband deutscher Verkehrsunternehmen fasst in einer Aufstellung verschiedene Projekte in Deutschland zusammen (VDV 2020b). Im Rahmen eines Forschungsprojektes für automatisiertes und vernetztes Fahren, gefördert vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, wird in Karlsruhe das Projekt „EVA-Shuttle“ umgesetzt (Eva Shuttle 2020).

Auch außerhalb Deutschlands werden autonom fahrende Shuttlebusse im ÖPNV getestet, unter anderem in einem Projekt in Finnland, Norwegen, Estland, Griechenland und den Niederlanden. „Fabulos Project“ testet im Jahr 2020 selbstfahrende Shuttlebusse in fünf verschiedenen Städten unter realen Bedingungen im öffentlichen Verkehr, um die „letzte Meile“ zu überbrücken. In dem bereits gestarteten Testbetrieb in Helsinki wird auch eine App eingebunden, über die man den Bus auf Abruf bestellen kann (Fabulos 2020).

Ein US-amerikanischer Anbieter autonomer Mobilitätslösungen mit Hauptsitz in Orlando, Florida, testet ebenfalls den Betrieb selbstfahrender Shuttlebusse in verschiedenen Umgebungen.

Neben dem Testbetrieb im öffentlichen Verkehr, wurde auch eine Mobilitätslösung in Zeiten von Corona gefunden. Aufgrund stark beschränkter Personalressourcen in einer Klinik in Jacksonville, Florida, wurden COVID-19-Tests von einem „Corona Drive-In“ in einem autonom fahrenden Fahrzeug zu einem Testlabor transportiert. So schützt die Klinik ihr Personal und neu gewonnene Ressourcen können anderweitig eingesetzt werden (Beep 2020).