

Testbetrieb eines bedarfsabhängigen e-Shuttles am Flughafen Graz - Ergebnisbericht - Leitprojekt move2zero -



Institutionen & Autor:innen



Grazer Energieagentur Ges.m.b.H

Lisa Göttfried
Maria Juschten
Manuela Beran



Holding Graz – Kommunale Dienstleistungen GmbH

Andreas Solymos
Nina Lassnig
Marlene Brantweiner



Technische Universität Graz

Mario Hirz
Daniel Fragner



Energie Graz GmbH

Martin Leitner



Invenium Data Insights GmbH

Michael Cik



Upstream – next level mobility GmbH

Acknowledgements

Wir möchten uns für die großzügige Unterstützung aller Projektpartner:innen und der beteiligten Stakeholder für ihre Zeit und Unterstützung bedanken. Sie alle haben maßgeblich zum Erfolg des Projekts beigetragen.

Foto Titelseite: © Foto Fischer

Erscheinungsjahr: 2024

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „Zero Emission Mobility“ sowie durch den Steirischen Zentralraum mit Regionsmitteln – Steiermärkisches Landes- und Regionalentwicklungsgesetz 2018 - gefördert.



ZIELE UND RAHMENBEDINGUNGEN





Ausgangssituation und Ziele



Österreich verfolgt das ambitionierte Ziel der Klimaneutralität bis 2040. Der Verkehrssektor spielt dabei eine wesentliche Rolle. Neben der Umstellung von Antriebstechnologien gilt es, im bestehenden Verkehrssystem auch Innovationen im Bereich Nachfrageorientierung und Sharing voranzutreiben und dadurch nachhaltigere Mobilitätsangebote zu attraktiveren.

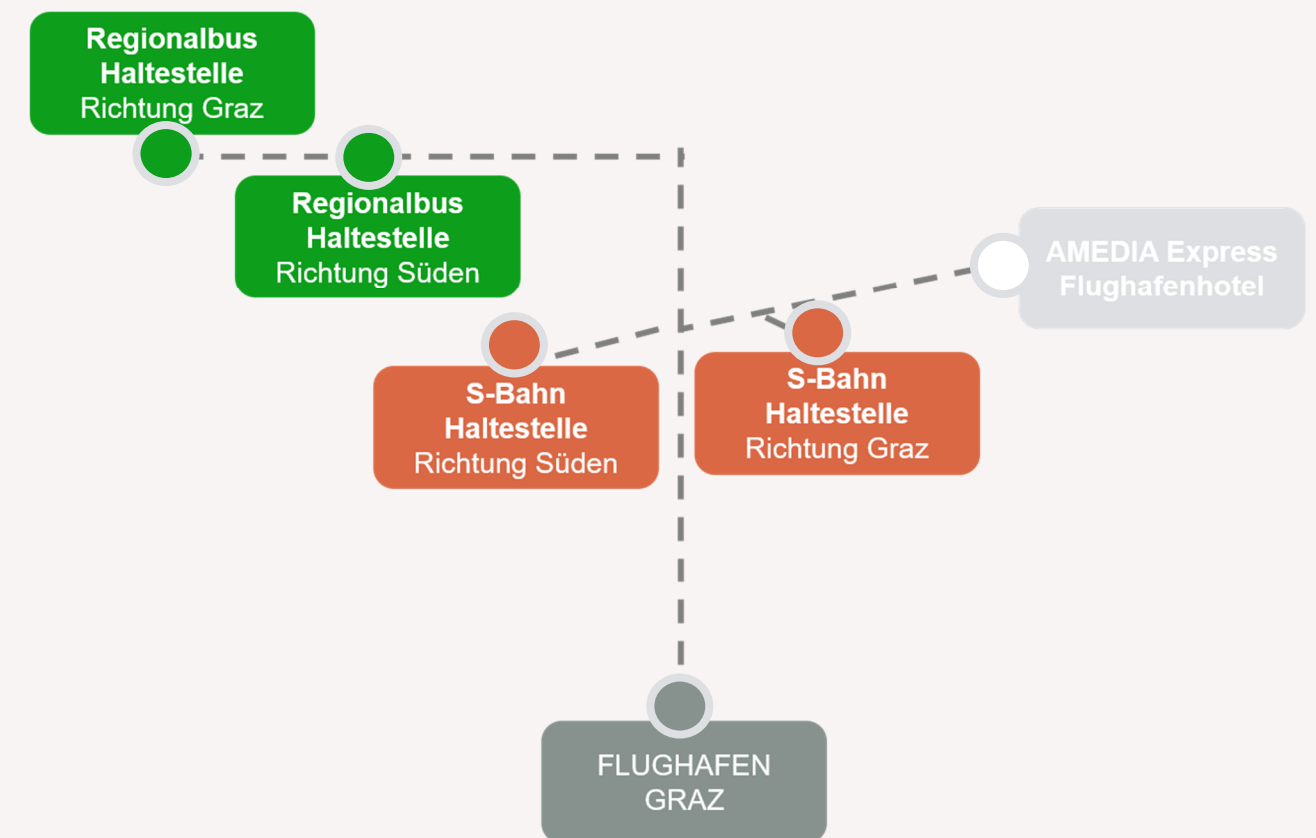
Im Rahmen von move2zero wurde hier ein bedarfsabhängiges Mobilitätsangebot, zwischen dem Grazer Flughafen und der weiter entfernten S-Bahn Station sowie Regionalebushaltestelle getestet. Mit dem Testbetrieb des emissionsfreien „GRZ Shuttles“ am Flughafen Graz wurde einerseits die Anreise mit den öffentlichen Verkehrsmitteln attraktiviert und andererseits die Bevölkerung hinsichtlich bedarfsabhängiger Systeme sensibilisiert. Gleichzeitig wurde im Rahmen des Projekts move2zero die Akzeptanz für einen autonomen Betrieb erhoben. Zudem wurde ein innovatives automatisiertes Ladesystem für das erste Mal im öffentlichen Raum getestet und die Entwicklung von diesem vorangetrieben.

Rahmenbedingungen und Systemgrenzen

Vor Einführung eines bedarfsabhängigen Angebotes ist es wichtig, die genauen Systemgrenzen zu definieren. Dazu wurden im ersten Schritt anonymisierte Mobilfunk- bzw. Bewegungsdaten ausgewertet und auf Basis dieser Daten sowie Diskussionsrunden und Workshops die Bedarfsprognose erstellt und folgende Rahmenbedingungen definiert:

-  **Eingegrenztes Bediengebiet** rund um den Flughafen Graz mit 6 definierten Haltepunkten
-  **Bedarfsabhängiges System** ohne Fahrplan
-  **Rufen über die Website** www.grz-shuttle.at
-  **Kostenloses Angebot** für den Testzeitraum

-  **Zwei emissionsfreie Fahrzeuge – Mercedes e-Vito** - (9-Sitzer) zur Beförderung von 5 Personen und Gepäckstücken
-  **Betriebszeiten:** MO-SO täglich von 04.30 – 20.00 Uhr (angepasst an die Flugpläne)



Routenverlauf GRZ-Shuttle

TESTBETRIEB UND BEGLEITFORSCHUNG

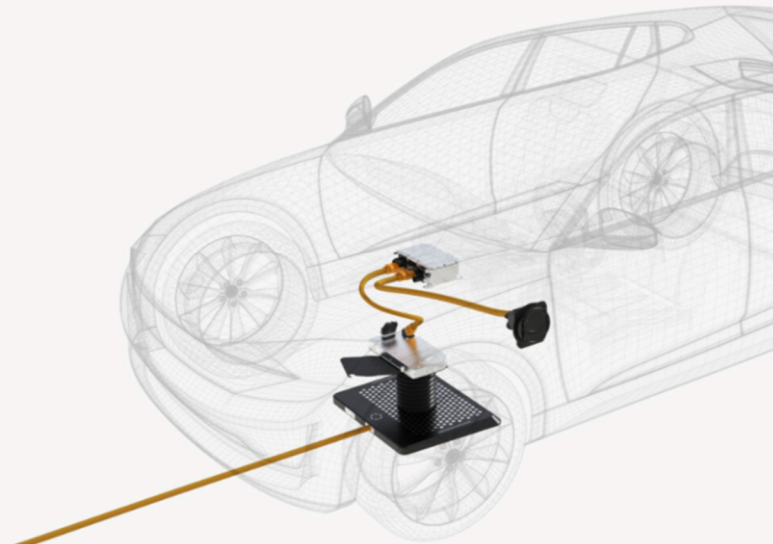
In einem fünfmonatigen Testbetrieb wurde das GRZ Shuttle umfassend getestet und die wissenschaftliche Begleitforschung durchgeführt.

Rufsystem und Routing

Für das Rufen des Shuttles wurde im Rahmen des Projektes ein Buchungssystem auf der Website www.grz-shuttle.at eingerichtet. Die Buchung erfolgte immer direkt bei Bedarf – d.h. Vorausbuchungen waren nicht möglich. Eine personalisierte App wurde in diesem Testbetrieb nicht verwendet, da sich Personen in der Regel nicht regelmäßig am Flughafen aufhalten und mit der Verwendung einer personalisierten App die Eingangshürde für die Verwendung des Angebotes wesentlich erhöht werden würde. Das Rufsystem wurde so programmiert, dass Fahrten intelligent gebündelt und die beiden Fahrzeuge durch die eindeutige Identifizierung und die GPS-Position jeweils direkt angesprochen werden. Das Back-End des Rufsystems ist in einer App realisiert, sodass die Handhabung für die Fahrer:innen sehr einfach und logisch ist.

Automatisiertes Laden

Zum ersten Mal wurde in diesem Testbetrieb das konduktive, automatisierte Matrix Charging Ladesystem getestet. Im Boden verbaute Ladeplatten ermöglichen dem Fahrzeug ein automatisches Andocken des im Fahrzeug verbauten Ladearms, sobald das Fahrzeug über dem Ladepad geparkt wird. Das System funktionierte ausgesprochen gut und wurde von den Fahrer:innen als sehr angenehm bzw. als großen Mehrwert empfunden. Auch die Witterungsverhältnisse (Hitze, Staub, Kieselsteine) hatten keinen Einfluss auf das Laden. Lediglich bei starkem Regen waren teilweise mehrere Verbindungsversuche notwendig.



Nutzer:innen- und Fahrer:innenakzeptanz

Um das Angebot und die Entwicklungen präzise auf die Bedürfnisse der Nutzer:innen und Fahrer:innen abzustimmen, wurden im Rahmen des Testbetriebes unterschiedliche Befragungen durchgeführt. Neben direkten Befragungen der Nutzer:innen im Fahrzeug haben die Fahrer:innen jeweils nach Dienstende einen kurzen Fragebogen als Fazit zum entsprechenden Tag ausgefüllt. Folgende Themen waren u.a. Teil der Befragungen

- **Nutzer:innenbefragung**

Im Rahmen der Nutzer:innenbefragungen wurden u.a. persönliche Daten wie Geschlecht, Alter und Beruf, als auch Daten zu Mobilitätsgewohnheiten, einschließlich der Nutzungshäufigkeit verschiedener Transportmittel erhoben. Der Fokus lag außerdem darauf, die Akzeptanz und Präferenzen bezüglich On-Demand Shuttle-Diensten zu erfassen, einschließlich der bevorzugten Bestellmethoden und Nutzungszwecken sowie die Zufriedenheit mit dem Service und dem Fahrpersonal.

- **Fahrer:innenbefragung**

Im Zuge der Fahrerbefragung wurde die technische und operative Zuverlässigkeit der Systeme (Ruf- und Ladesystem) jeweils zu Dienstende erfasst. Zudem wurden Informationen über die hauptsächlich transportierten Kund:innengruppen, einschließlich Altersgruppe, Gruppengröße und Reisezweck sowie die Nutzung des Angebots durch Personen mit eingeschränkter Mobilität erfasst.

Die Auswertung der Befragungen ergab, dass das Angebot hauptsächlich von Personen zwischen 30 und 60 Jahren genutzt wurde. Dabei hat mehr als ein Drittel angegeben, ein bedarfsabhängiges System gegenüber herkömmlichen Linienbussen zu bevorzugen. 100 von 140 befragten Personen gaben an, das Angebot am liebsten telefonisch per Anruf zu bestellen.

Nach Einschätzung der Fahrer:innen wurden Großteils (über zwei Drittel) Geschäftsreisende mit dem On-Demand Shuttle befördert.

TESTBETRIEB UND BEGLEITFORSCHUNG

Autonomer Betrieb – Potentiale und Akzeptanz

Im Rahmen der Nutzer:innenbefragungen wurde u.a. die Akzeptanz von autonomen On-Demand Shuttles erhoben. Die Auswertung zeigte, dass rund die Hälfte der Befragten definitiv autonome Busse bzw. Shuttles nutzen würden. Lediglich 7% der Befragten gaben an, dass sie definitiv kein autonomes Angebot nutzen würden. Mehr als 66% der Männer und 67% der Frauen haben keine Bedenken bei der Nutzung von autonomen Shuttles. Bei der Frage, welche Bedenken die Probanden gegenüber autonomen Bussen haben, wurden am häufigsten Unfälle angegeben, gefolgt von Arbeitslosigkeit der Busfahrer:innen und Hackerangriffe sowie Vandalismus gegenüber dem unbeaufsichtigten Bus.

Konzept für den autonomen Betrieb

Zusammenfassend bietet die Umstellung auf bedarfsorientierte öffentliche Verkehrsdienste mit Autonomen Fahrzeugen (AV) bedeutende Chancen. Obwohl diese Dienste den öffentlichen Verkehr insgesamt stärken, erfordern die komplexen Kostenabschätzungen und die Möglichkeiten zur Finanzierung sorgfältige Überlegungen. Die Analyse hebt wichtige Kostenfaktoren hervor, einschließlich Wartung und den Anschaffungskosten. Unsicherheiten bezüglich der Technologieentwicklung, rechtlicher Rahmenbedingungen, Marktkonditionen und externer Faktoren führen jedoch zu Variabilität und Risiken in den Kostenabschätzungen.

Darüber hinaus zeigen Studien die Bedeutung lokaler Faktoren, Annahmen und Marktdynamiken bei der Entwicklung von Kostenmodellen. Trotz dieser Herausforderungen gibt es verschiedene Einnahmemöglichkeiten für AV-basierte öffentliche Verkehrsdienste, darunter:

- Fahrgeldeinnahmen
- Werbung
- Partnerschaften mit Unternehmen und Institutionen
- Datenmonetarisierung
- Mehrwertdienste
- staatliche Subventionen

Diese Einnahmequellen können dazu beitragen, operative Kosten auszugleichen und die finanzielle Nachhaltigkeit von bedarfsorientierten öffentlichen Verkehrsinitiativen zu unterstützen. Um die Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem AV-basierten öffentlichen Verkehr zu bewältigen, sind die Zusammenarbeit mit Expert:innen aus verschiedenen Disziplinen, eine gründliche Szenarioanalyse und die kontinuierliche Überwachung von Markttrends unerlässlich.

Monitoring und Evaluierung

Zur optimalen Bewertung und Auswertung des Testbetriebes wurden vorab erforderliche Parameter definiert sowie ein Konzept zur Datenerhebung- und Auswertung erstellt. Auf Basis dessen wurden unterschiedliche Monitoring Systeme integriert und die Datenschnittstellen definiert und eingerichtet.

Die Praxis zeigte die Wichtigkeit einer frühzeitigen Abstimmung mit Fahrzeugherstellern zur Definition der Datenschnittstellen. Nach dem Einbau der Systeme ist im nächsten Schritt eine umfassende Erprobung der Datenaufzeichnung- und Auslesung zu empfehlen. Dafür empfiehlt es sich, Leerfahrten auf den geplanten Strecken für eine testweise Aufzeichnung der Daten durchzuführen, um die Funktion des Systems sicherzustellen und die ausgewerteten Daten zu plausibilisieren und zu verifizieren. Zudem ist das frühzeitige bzw. kontinuierliche Evaluieren der erhaltenen Datensätze wichtig, um gegebenenfalls Verbesserungsmaßnahmen vornehmen zu können.

Im Laufe des Testbetriebs wurden folgende Daten direkt aus dem Fahrzeug ausgelesen:

- aktueller Kilometerstand
- Fahrgeschwindigkeit
- Motorleistung
- Ladezustand der Batterie
- Fahrzeugstandort (GPS)
- Innenraumtemperatur



TESTBETRIEB UND BEGLEITFORSCHUNG

Darüber hinaus wurden unter den Sitzflächen jedes Beifahrersitzes spezielle Drucksensoren angebracht, welche dokumentieren, ob der jeweilige Sitzplatz belegt ist oder nicht. Dadurch konnte die Anzahl der beförderten Fahrgäste erfasst werden. Die Sitzsensoren befanden sich unter einer robusten und leicht zu reinigenden Kunstlederplatte, welche mit leicht zu entfernendem doppelseitigem Klebeband und Klettverschluss an der Sitzfläche befestigt war. Im Kofferraum angebrachte Ultraschallsensoren ermöglichten es, die Belegung des Stauraums d.h. die Anzahl der Gepäckstücke im Kofferraum zu erheben. Diese Stauraumsensoren wurden über dem Aluminiumrahmen an den Kopfstützen der Rücksitzbank angebracht.

Die Aufzeichnung der Tagestemperaturen liefert weitere Informationen zur Interpretation des Energieverbrauchs, z.B. des Antriebssystems und der Klimatisierung. Es wird empfohlen, sowohl die Außentemperaturen, als auch die Temperaturen im Innenraum zu messen. Dafür sollte die Datenaufzeichnung in verschiedenen Monaten / zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt werden um die Auswirkung der Temperatur auf den Verbrauch bewerten zu können.

Neben den Fahrzeugdaten konnten folgende Informationen aus dem Backend des Rufsystems ausgelesen werden:

- Anzahl Buchungen und Stornierungen pro Tag,
- Anzahl Fahrten, Fahrgäste und Gepäckstücke pro Tag,
- Anzahl Gepäckstücke pro Tag,
- Verteilung der Abfahrts- und Zielhaltestellen,
- GPS-Positionen der Fahrzeuge,
- Fahrzeit pro Strecke,
- Wartezeit der Nutzer:innen zwischen Buchung und Abholung

Im Rahmen des Testbetriebs wurden 998 Fahrgäste und 668 Gepäckstücke (ohne Handgepäck) transportiert. Es ist zu erwähnen, dass alle Buchungsvorgänge problemlos verliefen, jedoch 222 Stornierungen stattfanden, die typischerweise kurz nach der Buchung auftraten. Gründe dafür sind die Kostenlosigkeit des Angebotes sowie die teilweise Unklarheit, dass das Shuttle direkt bei Bedarf und nicht im Vorhinein gerufen werden musste.



SCHLUSSFOLGERUNGEN

Schlussfolgerungen

Der Testbetrieb des emissionsfreien GRZ Shuttles am Flughafen Graz illustriert die Potenziale bedarfsorientierter und technologisch fortschrittlicher Services als Ergänzung zum klassischen liniengebundenen öffentlichen Verkehrs. Durch den Einsatz des bedarfsabhängigen e-Shuttles mit einem innovativen automatisierten Ladesystem konnte die Basis für die Attraktivitätssteigerung der öffentlichen Anreise gelegt und gleichzeitig ein wichtiger Beitrag zur Sensibilisierung der Bevölkerung für emissionsfreie Mobilitätslösungen geleistet werden. Festzuhalten ist jedoch, dass die Nutzer:innenzahlen aufgrund des beschränkten Angebotszeitraums und des damit einhergehenden mangelnden Wissens über das Angebot nicht sehr hoch waren. Die Erfahrungen aus dem fünfmonatigen Testbetrieb, untermauert durch umfassende Datenerhebung und Nutzer:innen- sowie Fahrer:innenbefragungen zeigen jedoch eine hohe Akzeptanz und Zufriedenheit. Besonders hervorzuheben ist die positive Resonanz auf die technologischen Neuerungen, wie das automatisierte Ladesystem, das auch unter schwierigen Wetterbedingungen zuverlässig funktioniert hat.

Das Flughafenshuttle als kostenloses Angebot weiterzuführen ist aus wirtschaftlicher Sicht nicht umsetzbar. Eine Ausweitung des Bedienegebietes und die Entwicklung eines machbaren Geschäftsmodells ist eine mögliche Vorgehensweise, um das Service am Flughafen in Zukunft weiterhin anbieten zu können.

Die Erkenntnisse aus dem Testbetrieb bilden jedenfalls eine optimale Grundlage für die weitere Forschung und Implementierung von bedarfsabhängigen Systemen im (peri-)urbanen Raum. Damit soll die Attraktivität der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel erhöht und ein Beitrag zur Erreichung der Klimaziele geleistet werden.