

Schlussbericht

Projekt „UseXS – User-Experience Autonomes Shuttle“ Teilprojekt „Betriebskonzept und Umsetzungsplan“

25.09.2024

Autorinnen:

Dr. Viktoriya Kolarova

Dr. Kerstin Stark

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Programm „WIR! – Wandel durch Innovation in der Region“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)	
Schlussbericht	
Vorhabenbezeichnung: UseXS – User-Experience Autonomes Shuttle Teilprojekt: Betriebskonzept und Umsetzungsplan	
Laufzeit des Vorhabens und Berichtszeitraum: vom: 01.04.2023 bis: 31.03.2024	
Zuwendungsempfänger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Verkehrsforschung Rudower Chaussee 7, 12489 Berlin	Förderkennzeichen: 03WIR1222A

Zitierhinweise:

Kolarova, V. und Stark, K. (2024): Schlussbericht. Projekt „UseXS – User-Experience Autonomes Shuttle“. Teilprojekt „Betriebskonzept und Umsetzungsplan, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen: 03WIR1222A.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
I. Kurzbericht	5
I.1 Aufgabenstellung	5
I.2 Forschungsziele	5
I.3 Ergebnisse	5
I.3.1 Betriebskonzept und Einsatzszenarien	5
I.3.2 Umsetzungskonzept und -herausforderungen	6
II. Eingehende Darstellung	7
II.1 Verwendung der Zuwendung und Ergebnisse	7
II.1.1 Gesamtziel des Gesamtvorhabens	7
II.1.2 Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele des Teilprojekts	7
II.1.3 Methodisches Vorgehen	8
II.1.4 Ergebnisse des Teilprojekts Betriebs- und Umsetzungskonzept für On-Demand-Shuttles im ländlichen Raum	9
II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	13
II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	13
II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans	14
II.4.1 Abgleich der wirtschaftlichen Verwertung mit dem Verwertungsplan	14
II.4.2 Abgleich der wissenschaftlichen und/oder technischen Verwertung mit dem Verwertungsplan	14
II.5 Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	15
II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	15
Literaturverzeichnis	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auszug aus dem Betriebskonzept-Baukasten.....	8
Abbildung 2: Einzelne Phasen eines iterativen Umsetzungsprozesses.....	12

I. Kurzbericht

I.1 Aufgabenstellung

Im Projekt „UseXS – User-Experience Autonomes Shuttle“ werden die Potenziale und Herausforderungen der Einführung von bedarfsorientierten öffentlichen Verkehrsangeboten im ländlichen Raum untersucht. Es ist Teil der Forschungsplattform „Smart Rail Connectivity Campus“ (SRCC) in Annaberg-Buchholz, die Technologien für einen nachhaltigen Schienenverkehr entwickelt. Aufbauend auf dem Vorgängerprojekt „Smarte Mobilitätsketten im ländlichen Raum“ werden im Projekt Betriebs- und Betreiberkonzepte für autonome On-Demand-Shuttles sowie ein Umsetzungskonzept entwickelt. Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Nutzerakzeptanz und „User Experience“ durchgeführt. Diese Analysen stehen nicht im Fokus des vorliegenden Beitrags, es wird allerdings an geeigneten Stellen darauf verwiesen.

I.2 Forschungsziele

Die Forschungsziele und Aufgaben des DLR-Instituts für Verkehrsforschung im Projekt umfassten die Analyse der Rahmenbedingungen sowie die Ermittlung der Anforderungen regionaler Akteure für den Einsatz autonomer On-Demand-Verkehre. Darüber hinaus gehörten die Ableitung und iterative Entwicklung eines Betriebskonzepts sowie die Ausarbeitung eines Umsetzungsplans mit fortlaufenden Entwicklungsstufen zu den zentralen Aufgaben.

I.3 Ergebnisse

I.3.1 Betriebskonzept und Einsatzszenarien

I.3.1.1 Basis-Betriebskonzept

Der Bedarfsverkehr soll als Zu- und Abbringer zum regionalen und überregionalen ÖPNV sowie zur besseren Erreichbarkeit von wichtigen Orten wie Versorgungseinrichtungen, Kulturstätten und Arbeitsplätzen dienen. Ziel ist es, schlecht erschlossene Gebiete anzubinden und den Betrieb in Schwachlastzeiten zu ermöglichen. Ein landkreisweites, einheitliches System soll aufgebaut werden, das in das regionale Verkehrssystem integriert ist. Ein Netz aus Hubs und virtuellen Haltepunkten dient als Basis. Die Buchung erfolgt online und das System soll datenbasiert optimiert werden. Vorgesehen sind elektrische Kleinbusse, langfristig auch automatisierte Fahrzeuge. Die Automatisierung ist zwar vielversprechend, aber für den ländlichen Raum noch nicht ausgereift, sodass wir uns in Absprache mit den Stakeholdern dazu entschieden haben, manuell betriebene Fahrzeuge zu betrachten.

Es wurden Annahmen getroffen und mit den Stakeholdern diskutiert, dass der Bedarfsverkehr im Erzgebirge als Zu-/Abbringer und nicht als Tür-zu-Tür-Angebot eingerichtet wird. Basierend auf diesen Überlegungen entstanden drei Einsatzszenarien: Gelegenheitsnutzung, Alternative zur Autonutzung und Tourismus.

Unter Beteiligung der Stakeholder wurden auch Umsetzungsphasen und Arbeitsschwerpunkte festgelegt und in einem weiteren Workshop diskutiert und angepasst, um die Herausforderungen in den einzelnen Phasen zu verdeutlichen.

1.3.1.2 Einsatzszenarien

Drei Einsatzszenarien wurden definiert: Das Mindestszenario verbessert den ÖPNV für Gelegenheitsnutzende, das Maximalszenario zielt auf Berufspendelnde ab und erfordert höhere Investitionen, da die gesamte Reisekette optimiert werden muss.

Unterschiede bestehen bezüglich der Flottengröße, der Hubs, der Betriebszeiten und der Verbindungsqualität. Das Maximalszenario könnte eine Alternative zum Auto darstellen, wurde aber aufgrund der hohen Anforderungen zunächst verworfen und als mittel- bis langfristige Perspektive eingestuft. Ein drittes Szenario für touristische On-Demand-Angebote wird in einem Nachfolgeprojekt weiter ausgearbeitet.

1.3.1.3 Erfolgskriterien

Bezüglich der Kernparameter eines „idealen“ Betriebskonzepts gab es weitgehende Übereinstimmung bei den Stakeholdern. Sie identifizierten verschiedene Herausforderungen und Erfolgsfaktoren:

- **Finanzierung:** Für die dauerhafte Umsetzung von On-Demand-Mobilitätsangeboten sind neue Finanzierungskonzepte nötig, z. B. durch Co-Finanzierung von Unternehmen, Wohngebietsentwicklern oder Tourismusabgaben.
- **Bedarfsgerechtigkeit:** Verbesserungen im übergeordneten ÖV-Netz sind nötig, um bestehende Angebotslücken zu schließen.
- **Stakeholder-Engagement:** Das Engagement und die Ressourcen aller relevanten Akteure müssen sichergestellt werden.
- **Einbindung der Bevölkerung:** Eine frühzeitige Einbindung der lokalen Bevölkerung ist entscheidend für die Akzeptanz neuer Mobilitätsangebote.
- **Technik und Infrastruktur:** Der Einsatz autonomer Fahrzeuge hängt von der technischen Reife, besonders im ländlichen Raum, ab.

Diese Aspekte wurden bei der Entwicklung des Umsetzungskonzepts berücksichtigt und mit den Stakeholdern und weiteren Expertinnen und Experten diskutiert.

1.3.2 Umsetzungskonzept und -herausforderungen

Der folgende Umsetzungsprozess dient als Prototyp zur schrittweisen Definition und Umsetzung inhaltlicher und strategischer Ziele. Fünf formelle Phasen wurden identifiziert: 1) Kick-off, 2) Strategieentwicklung, 3) Vorbereitung des Pilotbetriebs, 4) Pilotbetrieb, 5) Regelbetrieb. Zusätzlich wurde eine informelle „Willensbildungs- und Ideenfindungsphase“ vorgeschlagen, in der eine kleinere Gruppe das Vorhaben initiiert. Die Phasen sind iterativ angelegt, mit Abbruch- und Rückschritt-Kriterien, um auf neue Herausforderungen flexibel reagieren zu können. Detaillierte Genehmigungsprozesse standen nicht im Fokus.

- **Kick-off-Phase:** Hier werden die relevanten Stakeholder zusammengebracht, ein gemeinsames Problemverständnis und Ziel definiert sowie Ressourcen und Finanzierungsmöglichkeiten geklärt. Auch Promotoren sollen auf Landkreisebene aktiv gesucht werden. Zudem werden betriebswirtschaftliche Überlegungen und Best-Practice-Beispiele geprüft.
- **Strategieentwicklung:** Diese Phase umfasst eine detaillierte Bedarfsanalyse, die Entwicklung einer Zielvision, die Planung von Beteiligungsformaten und die Kalkulation der benötigten Ressourcen. Dabei werden auch die Beschaffung von Fahrzeugen und Infrastrukturen sowie die Klärung rechtlicher Aspekte behandelt.

- **Vorbereitung des Pilotbetriebs:** Hier werden Personal, Finanzmittel, Zuständigkeiten, Beschaffungen und rechtliche Angelegenheiten geregelt, um den Pilotbetrieb vorzubereiten.
- **Pilotbetrieb:** Das Konzept wird im Testbetrieb erprobt, kontinuierlich überwacht und optimiert. Die finale Finanzierung wird während dieser Phase gesichert, und die Kommunikation mit der Bevölkerung bleibt zentral.
- **Regelbetrieb:** Die Überführung in den Regelbetrieb erfolgt agil, begleitet von regelmäßiger Überwachung und Anpassungen zur Betriebsoptimierung.

II. Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und Ergebnisse

II.1.1 Gesamtziel des Gesamtvorhabens

Im Vorgängerprojekt „Smarte Mobilitätsketten im ländlichen Raum“ wurde ein Konzept entwickelt, in der Region vorgestellt und von den Nutzenden evaluiert. Mit dem aktuellen Vorhaben „UseXS – User-Experience Autonomes Shuttle“ soll der nächste Schritt folgen, indem die Ansätze zur Feinerschließung dörflicher Strukturen im Erzgebirgskreis in ein umsetzungsreifes Betriebskonzept und einen konkreten Umsetzungsplan überführt werden. Ziel ist ein Feinkonzept, das bei entsprechender Finanzierung sofort umgesetzt werden kann.

Das Vorgängerprojekt untersuchte zudem den Einsatz autonomer Shuttles im ländlichen Raum. Nun soll in der WIR!-Region erstmals ein autonomes Shuttle pilotiert werden. Dabei müssen die besonderen Anforderungen des ländlichen Raums, wie Streckenführung, Geschwindigkeit und Kommunikationsinfrastruktur, berücksichtigt werden, da automatisierte Fahrzeuge nach SAE-Level 4 bisher nur in städtischen Gebieten und auf Autobahnen eingesetzt wurden.

Das Vorhaben passt die Konfiguration eines autonomen Shuttles an die Gegebenheiten im Mittelgebirgsraum an, um erste technische Erfahrungen zu sammeln und Kompetenzen im Umgang mit der Technologie aufzubauen. Zudem werden die Bürger und Bürgerinnen in den Einsatz einbezogen: Umfassende Untersuchungen zur Nutzererfahrung begleiten das Projekt und fließen in das Betriebskonzept und den Umsetzungsplan für zukünftige autonome Shuttledienste ein. Das Projekt soll außerdem dazu beitragen, die Bevölkerung mit der Technologie vertraut zu machen und Bedenken abzubauen, um Akzeptanz und Vertrauen zu fördern.

II.1.2 Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele des Teilprojekts

Ein zentrales wissenschaftliches Ziel des DLR-Instituts für Verkehrsforschung (DLR-VF) im Projekt „UseXS“ war es, ein bedarfsgerechtes Betriebskonzept für den Einsatz (autonomer) Shuttles im ländlichen Raum zu entwickeln. Konkret ging es darum zu untersuchen, wie unterschiedliche Elemente, wie zum Beispiel das Fahrzeugkonzept, die Infrastruktur, das Verkehrsmanagement/die Leitstelle, die Integration in bestehende Preissysteme des Verkehrsverbundes sowie die Ausstattung und Lage kommunaler Mobilitätsschnittstellen, optimal an den regionalen Bedarf angepasst werden sollten. Abweichend von der ursprünglichen Aufgabenstellung, wurde der Einsatz von manuell betriebenen Kleinbussen statt automatisierten Fahrzeugen. Die Automatisierung ist zwar vielversprechend, aber für den ländlichen Raum noch nicht ausgereift, sodass wir uns in Absprache mit den Stakeholdern dazu entschieden haben, manuell betriebene Fahrzeuge zu betrachten.

Es wurde eine wissenschaftliche Methodik zur Analyse der Anforderungen regionaler Stakeholder verwendet und weiterentwickelt, die sich an Stakeholdermanagement-Ansätzen orientierte und ein

aktives Einbinden der relevanten Akteure im Rahmen von interaktiven Workshops beinhaltete. Darüber hinaus generierte das DLR-Institut für Verkehrsforschung wissenschaftliche Erkenntnisse zu den Rahmenbedingungen für die Einführung shuttlebasierter Mobilitätsangebote im ländlichen Raum.

Konkrete Aufgaben des DLR-Instituts für Verkehrsforschung im Projekt umfassten die Analyse der Rahmenbedingungen sowie die Erhebung der Anforderungen regionaler Akteure für den Einsatz autonomer On-Demand-Verkehre. Darüber hinaus zählten die Ableitung und iterative Entwicklung eines Betriebskonzepts sowie die Erstellung eines Umsetzungsplans mit iterativen Weiterentwicklungsstufen zu den Aufgaben.

II.1.3 Methodisches Vorgehen

(Iterative) Erarbeitung eines Betriebskonzepts

Die Erarbeitung des Betriebskonzepts begann mit einem Workshop, an dem regionale Akteure wie Bürgermeister, Vertreter der kommunalen Selbstverwaltung, Mobilitäts- und Technologieanbieter sowie die Wirtschaftsförderung teilnahmen. Ziel war es, lokale Expertise einzubinden und die Herausforderungen sowie Erfolgsfaktoren für den Einsatz im Erzgebirgskreis zu ermitteln.

Hierfür wurde ein vorstrukturierter „Betriebskonzept-Baukasten“ (siehe Abbildung 1) nach dem Vorbild von Stark et al. (2019) genutzt, um wesentliche Betriebsparameter zu spezifizieren. Die im Workshop konsolidierten Ergebnisse wurden anschließend in Form eines ausgearbeiteten Betriebskonzepts in Experteninterviews diskutiert und weiterentwickelt.

Merkmale		Ausprägungen			
Betrieb					
Route / Start- und Endpunkt		On Demand		Feste Route (Linie)	
Haltestellen		keine	physisch	virtuell	
Betriebszeiten		In bestimmten Zeitfenstern		24/7	
Integration ÖPNV-Angebot		Angebot als Zu- und Abbringer		Keine Integration	
Verkehrsbündelung/Pooling		Ja, mit Begrenzung der zusätzl. Reisezeit durch Umwege < 30 min	Ja, mit Begrenzung der möglichen Zustiege	nein	
Betriebsgebiet		Überregional (z. B. landkreisübergreifend)	Regional (z. B. landkreisweit)	Lokal begrenzt (z. B. bestimmte Straßen/Korridore)	
Straßenart, Geschwindigkeitsvorgaben		(Haupt-)Straße innerorts (= 50 km/h)	Verkehrsberuhigte Straße (< 50 km/h)	Straße außerorts (> 50 km/h)	
Angebotsstruktur					
Preismodell	ÖV-Tarif-Integration	vollintegriert in ÖV-Tarif		Aufpreis zur ÖV-Fahrkarte	eigenes Preissystem
	Finanzierung	Öffentliche Abgeltung		Kostendeckende Ticketgestaltung	Private Finanzierung/Beteiligung
Zielgruppen		Ältere (> 65)	Kinder/Schüler	Berufspendelnde	Allgemeinbevölkerung

Abbildung 1: Auszug aus dem Betriebskonzept-Baukasten

In Abstimmung mit den lokalen und regionalen Akteuren wurden verschiedene Annahmen getroffen, um die Auswahl realistischer Einsatzszenarien einzugrenzen. Zum einen wurde angenommen, dass im Erzgebirge aufgrund der Nachfragestruktur und der größeren Distanzen ein Bedarfsverkehr eher als Zu- und Abbringer konzipiert werden sollte, statt als Tür-zu-Tür-Angebot. Zum anderen sollten sich die

Einsatzszenarien an den Rahmenbedingungen und Zielsetzungen des neuen Mobilitätsangebots orientieren.

Um die unterschiedlichen Anforderungen der Szenarien transparent zu machen, wurden auf Basis eines Grundkonzepts zwei Varianten entwickelt: ein Minimal-Szenario für die Gelegenheitsnutzung und ein Maximal-Szenario als Alternative zur Autonutzung. Als drittes relevantes Einsatzszenario für die Region kristallisierte sich in den Interviews der Tourismus heraus.

Entwicklung eines Umsetzungskonzepts inkl. iterativer Weiterentwicklungsstufen

Im Projekt wurden unter Einbindung der Stakeholder ein Umsetzungskonzept sowie die potenziellen Schritte zur Realisierung der Betriebs- und Betreiberkonzepte erarbeitet. Zunächst definierte das Projektteam einzelne Phasen für die Umsetzung und legte die jeweiligen Arbeitsschwerpunkte fest. Diese Phasen wurden in einem Workshop mit Vertretern der bereits zuvor eingebundenen Stakeholdergruppen sowie Akteuren regionaler Verkehrsunternehmen, der Kreisverwaltung, Sozial- und Fahrgastvertretungen und aus den Bereichen Tourismus und Regionalentwicklung diskutiert, ergänzt und angepasst. Die Ergebnisse der Diskussion verdeutlichten die zentralen Herausforderungen in den einzelnen Umsetzungsphasen.

II.1.4 Ergebnisse des Teilprojekts Betriebs- und Umsetzungskonzept für On-Demand-Shuttles im ländlichen Raum

Das Teilprojekts, das vom DLR-VF bearbeitet wurde, entspricht Arbeitspaket 5 im Gesamtvorhaben und umfasst die Erarbeitung von Betriebs- und Umsetzungskonzept für On-Demand-Shuttles. Die oben dargestellten Ziele wurden im Rahmen der Projektlaufzeit erreicht. Anschließend erfolgt eine Darstellung der wesentlichen erzielten Erkenntnisse.

Basis-Betriebskonzept

Der Bedarfsverkehr soll primär als Zu- und Abbringer des regionalen und überregionalen öffentlichen Verkehrs sowie zur besseren Erreichbarkeit von „Points of Interest“ (POIs) wie Versorgungseinrichtungen, kulturellen und sozialen Einrichtungen sowie Arbeitsplätzen dienen. Vor allem schlecht oder gar nicht vom ÖPNV erschlossene Gebiete sollen angebunden werden. Zusätzlich soll der Bedarfsverkehr zwischen regulären Buslinien verkehren und in Schwachlastzeiten, d. h. früh morgens, spät abends und an Wochenenden, verfügbar sein.

Aus Sicht der Experten/Stakeholder soll ein landkreisweites Angebot geschaffen werden, bei dem kommunale Angebote in ein übergeordnetes, einheitliches System integriert sind, das sowohl in der Funktion als auch im Erscheinungsbild konsistent ist.

Der Bedarfsverkehr wird in das regionale Verkehrssystem eingebunden, indem ein Netz von Verkehrsknotenpunkten (Hubs) geschaffen wird, die durch engmaschige virtuelle Haltepunkte (z. B. alle 200 Meter) ergänzt werden. Diese Hubs dienen als Start- und Zielpunkte für die Bedarfsbusse und bieten Anschluss an regionale Buslinien und Züge. Zudem sollen an größeren Hubs idealerweise Versorgungseinrichtungen wie Handel, Gesundheit, Kultur, Soziales, Freizeit und Bildung vorhanden sein. Für die Planung des Hubnetzes sollten geeignete Standorte identifiziert werden, an denen bereits vorhandene Infrastrukturen aufgewertet oder neue wirtschaftlich sinnvoll angesiedelt werden können.

Die Betriebszeiten und maximalen Reisezeiten sollen auf den Fahrplan des Linien- und Zugverkehrs an den Hubs abgestimmt sein und gegebenenfalls den Öffnungszeiten von Versorgungseinrichtungen sowie den Arbeitszeiten größerer Arbeitgeber in der Region folgen.

Die Buchung des Bedarfsverkehrs erfolgt vorzugsweise online oder über eine digitale App. Eine Registrierung ist erforderlich, um Nutzungsdaten zu erheben, die für die datenbasierte Weiterentwicklung des Systems genutzt werden, beispielsweise um nachfragegerechte Verbindungen zu identifizieren.

Eine Vorbuchungszeit von etwa 30 Minuten wird als Kompromiss zwischen Flexibilität und garantierter Verfügbarkeit vorgeschlagen. Die Nutzung soll durch einen Aufpreis auf das reguläre ÖPNV-Ticket möglich sein.

Zum Einsatz kommen elektrische Kleinbusse mit neun Sitzen, ergänzt durch 20-Sitzer-Busse. Der Vorteil der 9-Sitzer besteht darin, dass sie mit einem Führerschein der Klasse B gefahren werden dürfen, was die Personalgewinnung erleichtert. Die Fahrzeuge müssen eine Geschwindigkeit von mindestens 50 km/h erreichen, um auf Landstraßen einsetzbar zu sein. Langfristig könnte der Einsatz hochautomatisierter Fahrzeuge in Betracht gezogen werden, was den 24/7-Betrieb ohne Fahrpersonal ermöglichen würde.

Obwohl der ursprüngliche Fokus auf autonomen On-Demand-Shuttles lag, zeigte die Einbindung der Experten/Stakeholder, dass die Automatisierung zwar Potenziale zur Optimierung von On-Demand-Flotten birgt – insbesondere im Hinblick auf die Einsparung von Fahrpersonal und Kosten. Allerdings ist die Technik für den ländlichen Einsatz noch nicht ausgereift, sodass diese Option erst langfristig umsetzbar sein wird.

Einsatzszenarien

Wie bereits erwähnt, wurden drei Einsatzszenarien definiert. Das Mindest-Szenario stellt eine Angebotsverbesserung des ÖPNV für die Allgemeinbevölkerung und Gelegenheitsnutzende dar. Das Maximal-Szenario zielt hingegen auf die Attraktivierung des ÖPNV für Berufspendelnde ab, um einen Umstieg vom Pkw auf den öffentlichen Verkehr zu fördern. Dieses Szenario erfordert jedoch höhere Investitionen und setzt umfassendere Verbesserungen im übergeordneten ÖV-Angebot voraus. Für den täglichen Arbeitsweg ist es beispielsweise nicht ausreichend, lediglich die Anbindung am Wohnort zu verbessern; vielmehr muss die gesamte Reisekette optimiert werden.

Mindest- und Maximal-Einsatzszenario unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich folgender Merkmale:

- Variierende Anforderungen an die benötigte Flottengröße
- Auswahl und Verteilung der Hubs
- Garantierte Betriebszeiten
- Anzahl und Dauer akzeptierter Pooling-Umwege sowie die daraus resultierende Verbindungsqualität

Das Mindest-Szenario entspricht einer Gelegenheitsnutzung, während das Maximal-Szenario eine echte Alternative zum privaten Auto bieten könnte. Es weist im Vergleich zum Mindest-Szenario folgende charakteristische Merkmale auf:

- Hohe Anforderungen an die Anzahl gleichzeitig verfügbarer Fahrzeuge mit ausreichenden Kapazitäten
- Garantierte Betriebszeiten unter der Woche, auch in Randzeiten
- Auswahl der Zielorte (Haltestellen) und Verteilung der Hubs unter Berücksichtigung lokaler und regionaler Arbeitsstandorte
- Vorhandenes regionales öffentliches Verkehrsangebot, das die Fahrgäste aufnehmen und weiterbefördern kann

Aufgrund der hohen Anforderungen des Maximal-Szenarios wurde es zunächst als Anfangsszenario verworfen und wird eher als mittel- bis langfristige Perspektive betrachtet.

Als zusätzliches drittes Einsatzszenario für die Erzgebirgsregion wurde die Schaffung touristischer On-Demand-Angebote (Einsatzszenario „Tourismus“) identifiziert, das sich jedoch noch in der Ausarbeitung befindet.

Erfolgsbedingungen

Während bei den wesentlichen Kernparametern eines „idealen“ Betriebskonzepts eine weitgehende Übereinstimmung unter den Experten herrschte, wurden gleichzeitig verschiedene Herausforderungen, wichtige Umsetzungshürden und Erfolgsbedingungen identifiziert und hervorgehoben. Diese umfassen unter anderem:

- 1) **Finanzierung:** Für die dauerhafte Umsetzung von On-Demand-Mobilitätsangeboten über einen Pilotbetrieb hinaus sind Finanzierungskonzepte erforderlich, die über die klassischen Modelle der ÖPNV-Finanzierung hinausgehen und neue Finanzierungsquellen erschließen. Denkbar ist beispielsweise eine Ko-Finanzierung durch größere Arbeitgeber, Wohngebietsentwickler und Wohnungsgesellschaften oder durch Kurtaxen im Rahmen des Tourismuseinsatzszenarios.
- 2) **Bedarfsgerechtigkeit und Verbindungsqualität des übergeordneten ÖV-Netzes:** Im Gesamtkreis besteht ein Verbesserungsbedarf, insbesondere aufgrund noch bestehender Angebotslücken.
- 3) **Wahrung der Interessen und Sicherstellung des Engagements aller benötigten Stakeholder:** Dies betrifft die Bereitstellung finanzieller, materieller und immaterieller Ressourcen sowie deren Engagement und Unterstützung.
- 4) **Frühzeitige Einbindung der lokalen Bevölkerung:** Erfahrungen aus früheren Testbetrieben neuartiger Mobilitätsangebote zeigen, dass die Einbindung der lokalen Bevölkerung vor der Planung eines Pilotbetriebs – etwa bei der Wahl des Einsatzgebiets – vielversprechender für die Akzeptanz des Angebots ist als eine Öffentlichkeitskommunikation, die erst zu Beginn des Pilotbetriebs erfolgt (siehe Kolarova et al., 2020).
- 5) **Technik und Infrastruktur:** Wie bereits erwähnt, ist der Einsatz autonomer Fahrzeuge stark von der Reife der Technologie abhängig, insbesondere im Hinblick auf die herausfordernden Bedingungen im ländlichen Raum.

Diese Themen wurden bei der Erarbeitung des Umsetzungskonzepts erneut aufgegriffen, mit Experten diskutiert und in die Entwicklung des Umsetzungsplans integriert.

Umsetzungskonzept

Der nachfolgend dargestellte Umsetzungsprozess ist als prototypischer Ablauf zu verstehen, entlang dessen inhaltliche und strategische Ziele definiert und schrittweise umgesetzt werden können. Detaillierte Prozesse innerhalb der Phasen, wie Fahrzeugzulassungs- und Genehmigungsprozesse, wurden dabei nicht im Fokus der Betrachtung berücksichtigt.

Insgesamt wurden fünf formelle Umsetzungsphasen identifiziert (siehe Abbildung 2):

- 1) Kick-off-Phase
- 2) Strategieentwicklungsphase
- 3) Vorbereitung des Pilotbetriebs
- 4) Pilotbetrieb
- 5) Regelbetrieb

Diese Phasen orientieren sich an Luchmann (2024).

Zusätzlich schlugen die Stakeholder eine weniger formelle Phase vor, die als „Willensbildungs- und Ideenfindungsphase“ bezeichnet wird. In dieser Phase initiiert eine kleinere Gruppe von Enthusiasten und Promotoren das Vorhaben zur Einführung des neuen Mobilitätsangebots.

Die Phasen sind als iterativ zu betrachten; in jeder Phase sollten Abbruchserwägungen sowie „Schritt-zurück“ bzw. „Zurück-an-den-Anfang“-Kriterien (wie etwa Anschlussfinanzierungsfragen) definiert werden. Es ist anzunehmen, dass während jeder Phase aufgrund des Neuheitsgrads des Mobilitätsangebots neue, zuvor nicht eingeplante Herausforderungen bei der Umsetzung auftreten könnten.

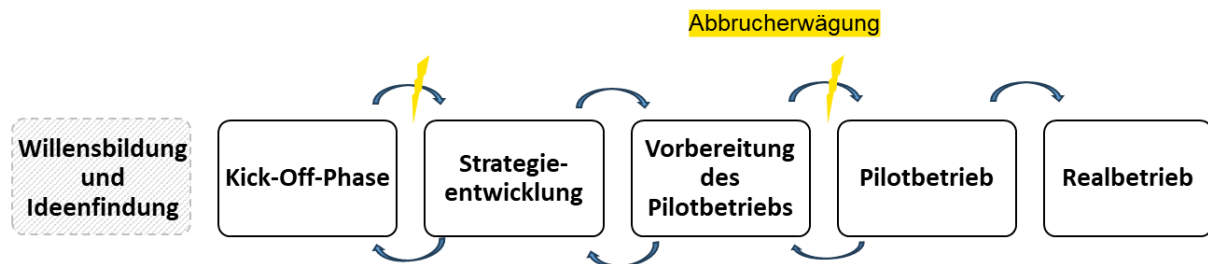


Abbildung 2: Einzelne Phasen eines iterativen Umsetzungsprozesses

Kick-off-Phase

In dieser Phase werden alle für die erfolgreiche Umsetzung erforderlichen Stakeholder zusammengebracht, um ein gemeinsames Verständnis für die bestehenden Probleme zu entwickeln (z. B. Identifizierung abgehangener Gebiete sowie von Mobilität benachteiligten Personenkreisen). Zudem werden die Ziele (z. B. das angestrebte Mobilitätsangebot und die Mindesterreichbarkeit), die zur Verfügung stehenden Mittel und Prozesse festgelegt sowie die erwartbaren Ressourcen und Bereitstellungskonditionen geklärt. Wie in der vorhergehenden „Willensbildungs- und Ideenfindungsphase“ soll auch hier aktiv nach Promotoren für das Vorhaben gesucht werden, insbesondere auf Landkreisebene und unter den politischen Verantwortlichen. Potenzielle Querfinanzierungsmöglichkeiten, etwa durch die Beteiligung von Wirtschaft, Tourismus, Kommunen und anderen Förderprogrammen für Pilotprojekte, sind ebenfalls zu eruieren. Besonders betont werden sollten betriebswirtschaftliche Überlegungen und die langfristige Finanzierungsplanung, um Pilotprojekte ohne ein klares Konzept zur Anschluss- und Dauerfinanzierung zu vermeiden. In dieser ersten Phase nach der Initiierung sollte zudem die Übertragbarkeit von Best-Practice-Beispielen, wie dem ERZmobil in der Region, geprüft werden.

Strategieentwicklung

Nachdem in der Kick-off-Phase die wesentlichen Rahmenbedingungen für die Umsetzung festgelegt wurden, erfolgt in dieser Phase eine detaillierte Bedarfsanalyse. Hier werden eine konkrete Zielvision entwickelt, Umsetzungsstrategien definiert und die einzusetzende Technik geklärt. Zudem wird die Planung und Umsetzung von Beteiligungsformaten für Stakeholder sowie Bürgerinnen und Bürger vorgenommen, und die konkret erforderlichen Ressourcen für Personal und Betrieb werden kalkuliert.

In dieser Phase werden der Bedarf an Fahrzeugen und Infrastruktur, Genehmigungen, Zulassungen sowie andere vertragliche Vereinbarungen zwischen den Stakeholdern geklärt. Außerdem sind verschiedene Datenquellen (z. B. Mobilitätsverhaltens-, ÖPNV-Nutzungs- und Angebotsdaten, qualitative Erhebungen) zur Analyse des Mobilitätsbedarfs diverser Nutzersegmente sowie zur Identifizierung von „weißen Flecken“ im öffentlichen Mobilitätsangebot zu berücksichtigen. Auch die Optionen für die anschließende Finanzierung und unterschiedliche Trägermodelle müssen detaillierter

geprüft werden, insbesondere im Hinblick auf eine dauerhafte Etablierung über die Pilotphase hinaus. Schließlich ist ein Prozess für Monitoring, Evaluation und Optimierung des Pilotbetriebs zu entwickeln.

Vorbereitung des Pilotbetriebs

In dieser Phase werden die erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen bereitgestellt. Zudem erfolgt die konkrete Definition von Zuständigkeiten und Aufgaben der Stakeholder, die Beschaffung von Fahrzeugen, Infrastruktur und Technik sowie die Zulassung und Klärung aller rechtlichen Angelegenheiten. Insbesondere der letzte Punkt kann langwierige Prozesse nach sich ziehen. Hier könnten gegebenenfalls Verantwortliche im Vorfeld als Stakeholder einbezogen werden.

Pilotbetrieb

In dieser Phase wird das erarbeitete Betriebskonzept in einem Testbetrieb umgesetzt. Während des Testbetriebs erfolgt ein kontinuierliches Monitoring, eine Evaluation und eine Optimierung des Betriebs, insbesondere hinsichtlich der Eignung für und Überführung in einen Regelbetrieb. Noch während des Pilotbetriebs soll die finale Umsetzung der Anschlussfinanzierung realisiert werden. Die Fortführung des Dialogs mit der lokalen Bevölkerung und den (potenziellen) Nutzenden ist in dieser Phase von großer Bedeutung, um Vertrauen zu schaffen und die Akzeptanz des Mobilitätsangebots sicherzustellen.

Realbetrieb

Die Überführung in den Realbetrieb sowie der Realbetrieb selbst sind als agile Prozesse konzipiert, die durch regelmäßiges Monitoring, Evaluierung und Anpassungen gekennzeichnet sind.

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Mittel im Teilprojekt wurden wie geplant abgerufen und verwendet. Sie wurden überwiegend für Personalkosten eingesetzt, um die wissenschaftlichen Mitarbeitende eine studentische Hilfskraft zu finanzieren, die das Projekt bearbeiteten. Darüber hinaus wurden Dienstreisen zum Erzgebirgskreis unternommen, um an relevanten Projektveranstaltungen und den im Rahmen des Teilprojekts geplanten zwei Workshops teilzunehmen. Die Reisekosten lagen etwas niedriger als geplant, da keine Übernachtungen erforderlich waren. Die Sachmittel wurden wie geplant für die Infrastruktur (Raummiete, Technik) der zwei Workshops eingesetzt. Diese Kosten fielen ebenfalls aufgrund einer kürzeren als geplanten Dauer der Workshops etwas niedriger aus.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Angeichts des zunehmenden Fachkräftemangels, insbesondere im Bereich der Bus- und Bahnfahrenden, sowie der wirtschaftlichen Herausforderungen beim Erhalt von Basisleistungen im öffentlichen Verkehr im ländlichen Raum bieten (autonome) On-Demand-Shuttles den Kommunen die Möglichkeit, ihrer Daseinsvorsorge-Pflicht nachzukommen und ein attraktives öffentliches Mobilitätsangebot für die Nutzerinnen und Nutzer bereitzustellen. Eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung von Verkehrsinnovationen ist neben der Akzeptanz der neuen Mobilitätsangebote auch ein Betriebskonzept, das an den regionalen Bedarfen angepasst ist, sowie ein konkreter strategischer Umsetzungsplan. Das Projekt stellte eine wichtige Etappe zwischen dem allgemein abgeleiteten Potenzial von On-Demand-Verkehren in einem Vorgängerprojekt und einem potenziellen Regelbetrieb dieser Verkehre bei Vorhandensein von Finanzierungsmitteln dar.

Die Durchführung des Projekts war für die Mitglieder des Konsortiums nur möglich, wenn die beantragte Zuwendung gewährt wurde, da ihnen keine ausreichenden Eigen- und Drittmittel für die Forschung mit einem so spezifischen regionalen Schwerpunkt zur Verfügung standen. Die Zuwendung im Rahmen des Projekts „UseXS“ war daher für die Beteiligten des Konsortiums unverzichtbar; ohne diese Förderung

hätte das Projekt nicht realisiert werden können. Angesichts der erzielten Ergebnisse (siehe diesen Schlussbericht), des Nutzens und der Verwertbarkeit der Resultate lässt sich die Angemessenheit der geleisteten Arbeit eindeutig feststellen. Im Projekt wurde durch die Beteiligung der regionalen Stakeholder nicht nur ein Betriebs- und Umsetzungskonzept für On-Demand-Verkehre vor Ort erarbeitet, sondern auch das Netzwerk der regionalen Akteure durch den im Projekt angeregten Austausch gestärkt und erweitert. Zudem wurde der Dialog über eine nachhaltige zukünftige Mobilität vor Ort angeregt. Das Projekt hat somit regional einen erheblichen Mehrwert geschaffen, der die Angemessenheit der durchgeführten Arbeiten zusätzlich unterstreicht.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans

II.4.1 Abgleich der wirtschaftlichen Verwertung mit dem Verwertungsplan

Die Antragsteller haben das Projekt im nicht-wirtschaftlichen Bereich durchgeführt und haben daher keine direkte wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse verfolgt. Nichtsdestotrotz lassen sich die im Folgenden skizzierten wirtschaftlichen Erfolgsaussichten für die Projektergebnisse, die im Verwertungsplan erarbeitet wurden, festhalten:

Der pilothafte Einsatz des autonomen Shuttles hatte positive Öffentlichkeitswirkungen. Darüber hinaus förderte das Projekt den Aufbau von Kompetenzen in den Kommunen der WIR!-Region, die sich auf die Konzeption und Implementierung autonomer Verkehrslösungen konzentrierten. Durch diese Initiativen wurde nicht nur die Mobilität vor Ort verbessert, sondern auch die Region insgesamt als innovativer Standort für moderne Verkehrstechnologien positioniert. Wie bereits erwähnt, wurde im Rahmen des Projekts das regionale Akteursnetzwerk durch die durchgeführten Austauschformate gestärkt. Wichtige Akteure wie öffentliche Verkehrsbetreiber, innovative Mobilitätsanbieter sowie Vertreterinnen und Vertreter relevanter Nutzergruppen wurden in einen Dialog gebracht, was mittelfristig zu einer verbesserten Zusammenarbeit im Mobilitätsbereich führen konnte.

Mittel und langfristig kann das entwickelte Betriebs- und Umsetzungskonzept für ergänzende Shuttledienste bei entsprechender Finanzierung realisiert werden und somit das Angebot im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) erweitern. Dadurch wird die Region mobilitätsmäßig attraktiver, was Zuzug und Ansiedlungen neuer Unternehmen fördert. Zudem verbessert sich die Daseinsvorsorge in der WIR!-Region durch die Entstehung neuer Modelle, die die Lebensqualität der Bewohnerinnen und Bewohner erheblich steigern. Im Rahmen des Projekts wurde ein bedeutendes zusätzliches Einsatzszenario für (autonome) On-Demand-Verkehre identifiziert: der Einsatz im Tourismussektor zur Erschließung von Sehenswürdigkeiten und weiteren touristischen Attraktionen im Erzgebirge. Eine vertiefte Ausarbeitung dieses Einsatzszenarios sowie die Umsetzung von Pilotprojekten in diesem Bereich könnten die Attraktivität der Region weiter steigern.

II.4.2 Abgleich der wissenschaftlichen und/oder technischen Verwertung mit dem Verwertungsplan

Das Projekt konnte wissenschaftlich erfolgreich verwertet werden. Die Ergebnisse des Teilprojekts wurden in der Fachzeitschrift „Internationales Verkehrswesen“ (Heft 3, September 2024) veröffentlicht. Neben einem wissenschaftlichen Publikum richtet sich die Zeitschrift auch an Experten und Expertinnen aus der Politik sowie Praktiker im Bereich Mobilität. Dadurch erreichten die Ergebnisse ein breiteres Fachpublikum. Darüber hinaus bildete das Projekt den zentralen Bestandteil des Praktikums von Bachelorstudentin Luise Speich. Somit erfolgte die kurzfristige Verwertung der Ergebnisse planmäßig.

II.5 Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das DLR-VF war im Verlauf des Projekts unter anderem als Forschungspartner im Projekt „KIRA – KI-basierter Regelbetrieb autonomer On-Demand-Verkehre“ tätig, das im Rahmen der BMDV-Förderrichtlinie „Autonomes und vernetztes Fahren in öffentlichen Verkehrssystemen“ gefördert wurde. Im Rahmen derselben Förderrichtlinie wurden auch weitere Forschungsprojekte unterstützt, die einen starken Fokus auf automatisierte On-Demand-Verkehre, unter anderem teilweise im ländlichen Raum, legen. In diesen Projekten wird der Einsatz automatisierter Flotten (mindestens fünf Fahrzeuge) untersucht, wobei auch Betriebskonzepte entwickelt werden. Durch die direkte Beteiligung des DLR-VF an einem dieser Projekte konnten wir den aktuellen Stand zu Betriebskonzepten, Umsetzungsansätzen und Einsatzplanungen in Deutschland näher verfolgen. Als Ergebnis stellen wir fest, dass es sich bei diesen Projekten zwar um Pionierprojekte im Bereich des Einsatzes autonomer On-Demand-Verkehre im Regelbetrieb handelt, jedoch aufgrund von Verzögerungen beim Betriebsstart bisher keine Erkenntnisse vorliegen, die über die im Rahmen von „UseXS“ erarbeiteten Ergebnisse hinausgehen.

Ein weiteres relevantes Vorhaben, das wir näher verfolgt haben, ist ein durch das BMDV gefördertes Projekt zur Erstellung eines Handbuchs für Kommunen zur Integration autonomer Fahrzeuge in den öffentlichen Verkehr. Dieses Vorhaben konzentriert sich zwar auf den städtischen Raum, bietet jedoch wertvolle Erkenntnisse, die auch für andere Kontexte von Bedeutung sind. („Integration automatisierter Verkehrsmittel in den städtischen öffentlichen Raum“, FE-Projekt-Nr. 70.0969). Die vorläufigen Ergebnisse des Projekts dienen als Grundlage für die Entwicklung des Umsetzungskonzepts im Rahmen von „UseXS“. Dabei wurde das Konzept an die regionalen Anforderungen angepasst und durch die Einbeziehung eigener Expertise in diesem Bereich erweitert.

II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Teilprojekts wurden bislang in einem gemeinsamen Beitrag mit den anderen Konsortialpartnern veröffentlicht:

Kolarova, Viktoriya und Stark, Kerstin und Marco, Rehme und Langer, Vivien und Rother, Steve (2024) *(Autonome) On-Demand-Shuttles für den ländlichen Raum*. Internationales Verkehrswesen, 2024 (3). Deutscher Verkehrs Verlag Media Group, Hamburg. ISSN 0020-9511. Volltext nicht online.

Einzelne Ergebnisse wurden im Rahmen von projektbezogenen Veranstaltungen vorgesellt.

Weitere gemeinsame Veröffentlichungen aus dem Gesamtvorhaben sind nicht ausgeschlossen. Ein konkretes Thema für eine Veröffentlichung, die mit den Konsortialpartnern diskutiert wurde, ist die gemeinsame Veröffentlichung der Ergebnisse der Nutzerstudien, die die Anforderungen aus Nutzersicht beleuchten, mit den Erkenntnissen aus den Stakeholder-Workshops, die einen Fokus auf Stakeholder-Anforderungen haben.

Literaturverzeichnis

Kolarova, V., Stark, K., & Lenz, B. (2020). *Projekt DiVA–Gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren. Schlussbericht*. DLR – Institut für Verkehrsforschung.

Luchmann, I. (2024). Handbuch für Kommunen. Autonomes Fahren im ÖV. 8. VDV-Zukunftskongress mobility move 2024. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV).

Stark, K., Gade, K., & Heinrichs, D. (2019). What does the future of automated driving mean for public transportation?. *Transportation Research Record*, 2673(2), 85-93.