

## **Sachbericht zum Verwendungsnachweis**

### **Teil I – Kurzbericht**

**WIR!-Projekt: User-Experience Autonomes Shuttle (UseXS)  
(FKZ 03WIR1222A)**

**Zuwendungs-  
empfänger: Technische Universität Chemnitz**

**Laufzeit: 04/2023 – 04/2024**

## 1 Ursprüngliche Aufgabenstellung

Mit dem Vorhaben UseXS sollten im Rahmen von Vorarbeiten entstandene konzeptionelle Ansätze zur mobilitätsseitigen Feinerschließung dörflicher Strukturen im Erzgebirgskreis in ein umsetzungsnahe Betriebskonzept überführt werden. Für diese Feinerschließung ländlicher Räume können künftig autonome Shuttles eingesetzt werden. Im Rahmen des Vorhabens sollte erstmalig ein automatisiertes Shuttle pilothaft in der Region eingesetzt werden. Ein wesentliches wissenschaftliches Arbeitsziel der **Forschungsgruppe Allgemeine und Arbeitspsychologie (AAP)** bestand darin, das Nachfrage- und Nutzungsverhalten bezüglich autonomer Shuttles in Ergänzung zu bestehenden ÖPNV-Angeboten im ländlichen Raum allgemein und vor allem speziell für die Anwendungsregion Erzgebirge mit dem Testfeld Gelenau zu evaluieren. Dabei sollten vor allem notwendige Voraussetzungen aus Nutzendensperspektive sowie wahrgenommene Chancen und Risiken aufgedeckt und diskutiert sowie anschließend gemeinsam mit den Projektpartnern Lösungen erarbeitet werden, um bestehende Bedenken zu adressieren. Das Zentrum für **Wissens- und Technologietransfer (ZWT)** war für die Projektkoordination zuständig. Weiterhin agierte das ZWT insbesondere an den Schnittstellen zu den regionalen Stakeholdern und zum Projektpartner Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), um gemeinsam mit diesen potenzielle Betreibermodelle für On-Demand-Angebote mit autonomen Shuttles zu entwickeln und den Transfer der Ergebnisse des Vorhabens vorantreiben.

## 2 Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben ist in sechs Arbeitspakete (AP) gegliedert. Die TU Chemnitz war hierbei in allen Arbeitspaketen außer AP 6 direkt involviert bzw. zuständig. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Gesamtstruktur des Projektes.

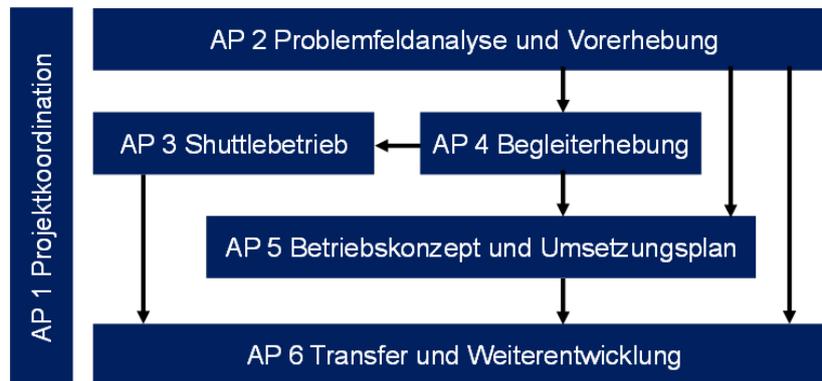


Abbildung 1: Struktur und Zusammenwirken der Arbeitspakete

Das **AP 1** Projektkoordination stellt ein durchgängiges Arbeitspaket über die gesamte Projektlaufzeit dar. Im Rahmen des **AP2** Problemfeldanalyse und Vorerhebung erfolgte zunächst die Durchführung der Problemfeldanalyse anhand einer Literaturrecherche, deren Ergebnisse als Grundlage für die Planung der Erhebungen in AP4 dienten. Des Weiteren wurden potenzielle Nutzende im Rahmen einer Online-Umfrage und von Fokusgruppen befragt. Zum Ende des Projekts wurden die Ergebnisse aller Arbeitspakete im Rahmen eines Ergebnis-Workshops vorgestellt und mit den Projektpartnern und lokalen Stakeholdern diskutiert. Im Rahmen des **AP 3** erfolgten der eigentliche Pilotbetrieb des autonomen Shuttles und die dafür notwendigen vorbereitenden Arbeiten. Das Arbeitspaket wurde im Rahmen eines Unterauftrages durch die IAV GmbH bearbeitet. Während dem Piloteinsatz des Shuttles konnten verschiedene Nutzendensbefragungen durchgeführt werden. Die Bearbeitung des **AP4** Begleiterhebung Shuttle-Service und Prognose umfasste die Planung, Durchführung und Auswertung von Begleiterhebungen während der Shuttlefahrten im Testfeld Gelenau mittels Fragebögen, Interviews und einem Online-Fragebogen. Weitere Befragungen von Nutzenden des Shuttles wurden während eines Stakeholder-Workshops in Gelenau sowie anhand von Fokusgruppen durchgeführt. Im Rahmen des **AP 5** erfolgte durch die TU Chemnitz die Konzeption, Diskussion und Evaluierung möglicher (alternativer) Betreibermodelle für (autonome) On-Demand-Shuttle-

Dienste. Hierfür wurden insbesondere verschiedene Austauschformate mit Stakeholdern genutzt, wie Workshops und Experteninterviews. Weiterhin wurden mögliche Shuttlezonen in der Region identifiziert, diskutiert und für eine Berücksichtigung im Mobilitätskonzept der Region vorgedacht. Am AP 6 Transfer und Weiterentwicklung war die TU Chemnitz nicht unmittelbar beteiligt.

### **3 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse**

Im Zuge des AP 2 wurde auf Basis empirischer Erhebungen und Sekundärquellenanalysen ein breites Bild zum Ist-Zustand der Einstellungen zu autonomen Shuttle-Services in der Region erhoben. Dabei konnten auf Basis von Nutzereinschätzungen ein mögliches Nutzungspotenzial sowie umfassende Barrieren und Hemmnisse potenzieller Nutzender eines autonomen Shuttle-Services im Erzgebirge identifiziert werden.

Die im Rahmen des AP 4 durchgeführten Begleiterhebungen während des Probebetriebs ergaben für beide Testphasen (Normalbetrieb vs. bei hoher Auslastung des Shuttles) positive Bewertungen für die untersuchten Aspekte der User-Experience, etwa wahrgenommene Sicherheit, Vertrauen oder Zufriedenheit. Die Nutzenden waren gegenüber autonomen Shuttle-Services im Erzgebirgsraum überwiegend positiv eingestellt. Die Testfahrten erwiesen sich als ein effektives Mittel zur Steigerung der Akzeptanz der Nutzenden. Grund dafür waren insbesondere häufig übertroffene Erwartungen z. B. hinsichtlich des Sicherheitsgefühls. Für den zukünftig erfolgreichen Betrieb autonomer Shuttle-Services im Erzgebirge, wird allerdings ein zeitlicher und lokaler Ausbau des ÖPNV-Angebots unumgänglich sein, um hohe Nutzungszahlen autonomer Shuttle-Services erreichen zu können. Darüber hinaus müssen in Bezug auf autonome Shuttles insbesondere Akzeptanz und Sicherheitsgefühl in der Bevölkerung weiter gefördert und gleichzeitig der Reifegrad der Automation, vor allem hinsichtlich Fahrstil, der Implementierung höherer Geschwindigkeiten und der Witterungsbeständigkeit, weiter verbessert werden. Die Mehrzahl der Befragten signalisierte auch für autonome Shuttles mit hohem Automationsgrad, etwa ohne Operator an Bord, eine potenziell hohe Nutzungsintention.

Im AP 5 ergaben sich die folgenden wesentlichen Erkenntnisse. Für das Betreibermodell automatisierter, aber auch nicht-automatisierter On-Demand-Shuttles kommen vier Grundkonfigurationen der Wertschöpfungsintegration infrage, bei denen sich die vier wesentlichen Marktfunktionen entlang der Wertschöpfungskette (Fahrzeugbereitstellung, Fahrzeugbetrieb, Pooling & Routing sowie Betrieb der Kundenschnittstelle) auf eine oder mehrere Markttrollen aufteilen. Das Spektrum reicht von einem integrierten Fahrtenanbieter, der alle Funktionen unter einem Dach vereint bis hin zu stärker fragmentierten und arbeitsteiligen Konfigurationen, bei denen sich der örtliche Fahrtenanbieter auf den Fahrzeugbetrieb im engeren Sinne (also auf die Personenbeförderung) konzentriert und bei denen die Bereitstellung der Softwareplattform für das Pooling & Routing sowie die Kundenschnittstelle oder auch die Fahrzeugbereitstellung durch andere spezialisierte Dienstleister erfolgt, die diese Aufgaben dann gegebenenfalls auch für viele örtliche Fahrtenanbieter wahrnehmen. Arbeitsteilige Konfigurationen versprechen Kostenvorteile, die aus Skaleneffekten und Synergien resultieren, wenn existierende Ressourcen, wie Fahrzeugflotten und Softwareplattformen, von kleinen örtlichen Fahrdiensteanbietern mitgenutzt werden können. Des Weiteren wurde gemeinsam mit den Stakeholdern eine mögliche Konfiguration entwickelt, bei der örtliche Fahrdienstbetreiber durch einen räumlich und funktional übergeordneten Orchestrator unterstützt werden, welcher Teilaufgaben der Fahrzeugbereitstellung und des Fahrzeugbetriebs übernimmt (z. B. Vorhalten von Ersatzfahrzeugen und -personal) und auch für eine verkehrsraumweite Koordinierung und Optimierung verschiedener örtlicher Angebote zuständig ist. Weitere Arbeitsergebnisse sind die Zuordnung geeigneter Grundformen von Trägermodellen (öffentlich, kommerziell oder Public Private Partnerships) zu den jeweiligen Markttrollen der vier Konfigurationen sowie eine Auflistung von konkreten regionalen Akteuren, welche die definierten Markttrollen übernehmen könnten. Insgesamt konnten die Arbeitsergebnisse belegen, dass es verschiedene Varianten von Betreibermodellen gibt, die zum einen vorteilhaft im Sinne der Aufgabenabgrenzung und der Funktionalität des Gesamtsystems erscheinen und die zum anderen auch eine praktische Umsetzungswahrscheinlichkeit besitzen.

## **Sachbericht zum Verwendungsnachweis**

### **Teil II – Ausführlicher Bericht**

**WIR!-Projekt: User-Experience Autonomes Shuttle  
(FKZ 03WIR1222A)**

**Zuwendungs-  
empfänger: Technische Universität Chemnitz**

**Laufzeit: 04/2023 – 04/2024**

## 1 Durchgeführte Arbeiten

### a) Arbeitspaket 1: Projektleitung und -koordinierung

Das Arbeitspaket (AP) 1 Projektleitung und -koordinierung stellte ein durchgängiges Arbeitspaket über die gesamte Projektlaufzeit dar und diente im Wesentlichen der Koordination, Sicherstellung und Dokumentation des planmäßigen Projektablaufs. Hierzu wurden seitens des Zentrums für Wissens- und Technologietransfer (ZWT) vor allem Treffen für die inhaltliche Abstimmung und den Austausch innerhalb des Konsortiums organisiert und etabliert (Kick-Off-Meeting, regelmäßige Arbeitstreffen, bilaterale Treffen etc.), um den zielorientierten Projektfortschritt und die Vernetzung aller Beteiligten zu sichern. Zudem wurde die Erstellung von entsprechenden Protokollen, Ergebnisdokumentationen und Vorlagen übernommen bzw. vorbereitet.

### b) Arbeitspaket 2: Problemfeldanalyse und Vorerhebung

Das AP 2 beschäftigte sich mit der Problemfeldanalyse und der Erhebung aktueller Einstellungen, Anforderungen und Erwartungen der Bürgerinnen und Bürger im Erzgebirge. Die Problemfeldanalyse umfasste eine Recherche zu potenziellen Nutzergruppen, ihren Anforderungen für den erfolgreichen Betrieb autonom fahrender Shuttles als Zubringer in Ortschaften im ländlichen Raum, möglichen Lösungen für erwartete Nutzungsbarrieren sowie dem möglichen Nutzungspotenzial. Grundlage für die Recherche bildeten Informationen aus dem SRCC-Vorprojekt „Smarte Mobilitätsketten im ländlichen Raum“ (FKZ 03WIR1204) sowie die Ergebnisse bisheriger Projekte zu autonomen Shuttles im ländlichen Raum. Zusätzlich wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Im Vorfeld des Shuttle-Betriebs wurden keine separaten Umfragen in Gelenau und im Erzgebirge durchgeführt, da ausreichend Informationen aus anderen Projekten des SRCC und weiteren Projekten im Erzgebirgsraum sowie Erfahrungen der Projektpartner als Grundlage für die Planung der Erhebungen in **AP 4** zur Verfügung standen. Zum Ausgleich wurden nach dem Testbetrieb eine Online-Umfrage<sup>1</sup> und zwei Fokusgruppen<sup>2</sup> mit potenziellen Nutzenden<sup>3</sup> sowie eine Online-Begleiterhebung<sup>4</sup> während des Testbetriebs durchgeführt. Die Online-Umfrage nach dem Testbetrieb diente der Erhebung aktueller Nutzungsintention und Einstellungen potenzieller Nutzender gegenüber autonom fahrender Shuttles im ländlichen Erzgebirgsraum sowie ausgewählter übergeordneter Aspekte des Zubringer-Konzepts. Die Umfrage umfasste 31 offene und geschlossene Fragen. Von den 131 Befragten aus Sachsen, die die Umfrage vollständig ausgefüllt hatten, wohnten 101 Personen im Erzgebirgskreis (87%) oder angrenzenden ländlichen Regionen Sachsens (13%). Die Fokusgruppen dienten der näheren Betrachtung des erwarteten Vertrauens, Sicherheitsgefühls und von Interaktionskonzepten autonom fahrenden Shuttles. Bei den insgesamt 11 Probanden handelte es sich um Personen, die zu der Zeit im Erzgebirge lebten oder lange dort gelebt haben und das Shuttle in Gelenau nicht getestet hatten. Die Online-Begleiterhebung während des Testbetriebs richtete sich gleichermaßen an Nutzende<sup>5</sup> und potenzielle Nutzende des Shuttles und bestand aus 28 bzw. 31 offenen und geschlossenen Fragen, deren Inhalte größtenteils parallel zur Online-Umfrage nach dem Testbetrieb gestaltet waren. Nutzende des Shuttles wurden zusätzlich zu ihren Erfahrungen während der Testfahrt befragt. Auf die Inhalte der Online-Begleiterhebung wird in **AP 4** näher eingegangen. Ergebnisdiskussionen fanden regelmäßig unter allen Projektverantwortlichen während der Konsortialmeetings statt, weshalb der ursprünglich in

<sup>1</sup> Die Online-Umfrage lief im Zeitraum vom 13.10.2023 bis 18.02.2024. Unter den 131 Probanden im Alter von  $M = 39$  ( $SD = 13,6$ ) Jahren befanden sich 67 Frauen.

<sup>2</sup> Die Fokusgruppen fanden am 03.11.23 und 15.12.23 statt. Unter den 11 Probanden im Alter von  $M = 32$  ( $SD = 11,9$ ) Jahren befanden sich 6 Frauen und eine diverse Person. Fokusgruppen bieten den Vorteil, Themen interaktiv und umfangreich diskutieren zu können. Aufgrund geringer Stichprobengrößen sind die Erkenntnisse nicht als repräsentativ zu betrachten.

<sup>3</sup> Nicht-Nutzende oder potenziell Nutzende umfasst in diesem Kontext Personen aus dem ländlichen Raum des Erzgebirgskreises, die während des Testbetriebs keine Fahrt mit dem autonomen Shuttle erlebt hatten.

<sup>4</sup> Die Online-Begleiterhebung war vom 30.06.23 bis 27.07.23 erreichbar. Unter den 39 Probanden im Alter von  $M = 41$  ( $SD = 17$ ) Jahren befanden sich 14 Frauen.

<sup>5</sup> Nutzende umfasst in diesem Kontext Personen, die während des Testbetriebs eine Fahrt mit dem autonomen Shuttle erlebt hatten.

**AP 2.2** vorgesehene Ergebnis-Workshop für eine Abschlusspräsentation der Projektergebnisse für interessierte Stakeholder des Erzgebirgskreises reserviert wurde. Den interaktiven Teil des Workshops organisierte der Projektpartner Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Nutzergruppen betreffend, versprachen sich die Bürgerinnen und Bürger des Erzgebirges von einer Einführung der Shuttles einen Zuwachs an Mobilität und Flexibilität für alle Bevölkerungsgruppen und besonders für Ältere und mobilitätseingeschränkte Personen, aber auch für Personen ohne Zugang zu einem privaten PKW oder Kinder und Jugendliche. In der Gruppe der Vollzeitarbeitenden wurde hingegen nur wenig Potenzial gesehen. Speziell für das Erzgebirge und angrenzende Regionen stellen Touristen eine weitere potenzielle Nutzergruppe.

Die größten identifizierten Barrieren bezogen sich weniger auf autonome Shuttles als auf das ÖPNV-Angebot allgemein. Aufgrund der geringen Verfügbarkeit und langen Fahrtdauer bliebe der ÖPNV in seiner derzeitigen Form auch mit Shuttle-Service als Zubringer für viele Bürgerinnen und Bürger unattraktiv. Ein zeitlicher und lokaler Ausbau der ÖPNV-Angebote wird entsprechend als Grundvoraussetzung für die zukünftige Nutzung des Shuttle-Services aber auch des ÖPNVs generell angesehen. Gleichzeitig müsse aber auch der Fahrpreis dem Verhältnis zwischen Kosten und Qualität angemessen sein. Laut den eigenen Erhebungen waren potenzielle Nutzende im Erzgebirge bereit, im Schnitt 2,24 € ( $SD = 1,99$  €) für eine Fahrt mit dem Shuttle zusätzlich zum regulären Fahrpreis für den ÖPNV zu zahlen. Des Weiteren spielt im ländlichen Raum die Wartezeit (Schasché & Sposato, 2021) eine wichtige Rolle. In den eigenen Befragungen waren Bürgerinnen und Bürger ländlicher Gebiete Sachsens bereit, etwa 5-15 min an einer Sammelstelle auf das Shuttle zu warten, das sie als Zubringer zu einer ÖPNV-Haltestelle bringt. An der ÖPNV-Haltestelle sollte das Shuttle im Schnitt mindestens 5 min und maximal 15 min vor Abfahrt des ÖPNVs ankommen. Ferner hoben vor allem Berufstätige die Wichtigkeit von Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit hervor (Monsuur et al., 2017). Altersunterschiede konnten keine beobachtet werden.

Potenzielle Nutzende im Erzgebirge zeigten außerdem klare Präferenzen für einen bedarfsorientiert eingesetzten Shuttle-Service sowie für eine Kombination aus virtuellen und festen Sammelstellen. Flexibilität und kurzfristige Buchungsoptionen waren ihnen dabei besonders wichtig, weshalb häufig auch ein Einsatz als Tür-zu-Tür-Service für kurze Strecken gewünscht wurde. In allen Altersgruppen zeichnete sich die Buchung des Shuttle-Services per Smartphone-App als beliebteste Option ab. Bei der Entwicklung einer Buchungs-App sollte daher auf eine einfache Bedienbarkeit (Barthelmes et al., 2022) insbesondere für Ältere als voraussichtliche Hauptnutzergruppe geachtet werden (Jittrapirom et al., 2019). Aufgrund der Autonomie der Shuttles erwarteten viele Personen außerdem eine Verfügbarkeit der Shuttles rund um die Uhr.

Psychologische Faktoren stellen eine weitere Grundvoraussetzung für die Entscheidung von Nutzenden für öffentliche Verkehrsmittel dar (Schasché & Sposato, 2021). Neben Akzeptanz und wahrgenommener Sicherheit (Lidynia et al., 2021) gehört auch Vertrauen (Stiegemeier et al., 2022) zu den ausschlaggebenden Aspekten. Die meisten befragten Personen aus dem Erzgebirge waren dem Konzept autonomer Shuttles als Ergänzung zum ÖPNV gegenüber bereits überwiegend positiv eingestellt, sahen aber auch Bedenken bezüglich der allgemeinen Akzeptanz. Sowohl die Fremd- als auch die Eigenwahrnehmung der Bewohnerinnen und Bewohner des Erzgebirges bildeten große Skepsis und Vorurteile gegenüber Veränderungen oder neuen Technologien wie autonomen Fahrzeugen ab. Das Sicherheitsgefühl und Vertrauen der Befragten in automatisierte Shuttles war hingegen noch ausbaufähig. Viele sahen die Verkehrssicherheit aufgrund von Unfällen oder Behinderungen anderer Verkehrsteilnehmender durch das Shuttle gefährdet. In den Fokusgruppen wurde außerdem die Sicherheit während nächtlicher Fahrten oder Fahrten alleine hervorgehoben. Das Vertrauen potenzieller Nutzender wurde neben der technischen Zuverlässigkeit auch von der Zuverlässigkeit des Service, etwa in Form von Pünktlichkeit, stark beeinflusst. Speziell für die Erzgebirgsregion äußerten viele potenzielle Nutzende außerdem Bedenken, dass automatisierte Shuttles der Witterung und Topografie des Erzgebirges oder der teils mangelhaften Straßenbeschaffenheit nicht gewachsen

sein könnten. Eine Übersicht der meist genannten Nutzungsvoraussetzungen, Risiken und Chancen in der Online-Umfrage ist Abbildung 1 zu entnehmen.

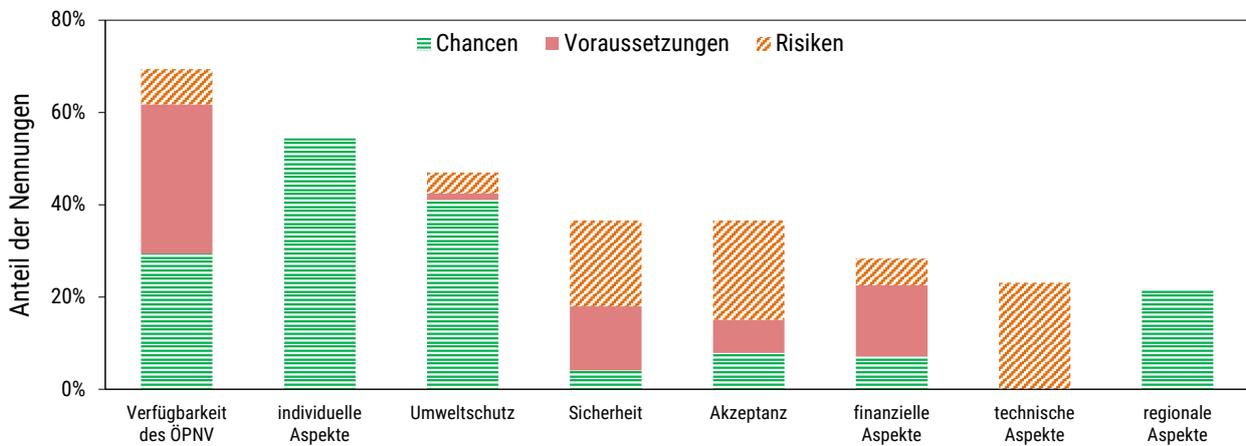


Abbildung 1: Chancen, Voraussetzungen und Risiken für einen Shuttle-Betrieb (n = 131; Anteil der Nennungen ≥ 20 %)

Eine Förderung der wahrgenommenen Sicherheit von Mitfahrenden autonomer Shuttles ließe sich z. B. über die Ausstattung der Shuttles mit Sicherheitseinrichtungen wie Haltestangen, Notfallknöpfen oder Sicherheitskameras zur Überwachung des Shuttle-Innenraums erreichen. Des Weiteren wurde die Anwesenheit von Operatorinnen und Operatoren vor allem bei der Einführung als sinnvoll erachtet. Im späteren Verlauf wiederum könne eine Überwachung des Shuttles durch eine Leitstelle ausreichen. Die Verkehrssicherheit autonomer Fahrzeuge könnte mithilfe von neuen Interaktionskonzepten gefördert werden. Während ihre Verwendung in der Online-Umfrage von fast allen Befragten als wichtig erachtet wurde, erwiesen sie sich in den Fokusgruppendifkussionen oft als zu ablenkend.

Insgesamt müssen zur Förderung von Akzeptanz und wahrgenommener Sicherheit vorrangig Vorurteile abgebaut und Aufklärung betrieben werden. Potenzielle Nutzende wünschten sich häufig mehr Informationen zur Funktionsweise und den Fähigkeiten autonomer Shuttles, aber auch zu Einzelheiten bezüglich der Nutzung des Shuttle-Services. Aufklärungskampagnen in unterschiedlichen Medienkanälen könnten genutzt werden, um Informationen zu verbreiten und Menschen realistische Erwartungen zu autonomen Shuttle-Services zu vermitteln. Speziell im Erzgebirge könnten regionale Informationsveranstaltungen eine effiziente Strategie sein, um Bürgerinnen und Bürger jeden Alters und mit unterschiedlicher Medienkompetenz zu erreichen. Des Weiteren wurden Erfahrungen, z. B. aus Testfahrten oder Pilotbetrieben, als vertrauensfördernd genannt. Dabei wirkten sich sowohl eigene Erfahrungen als auch die Erfahrungen anderer positiv auf das Vertrauen in autonome Shuttles aus.

Chancen durch den autonomen Shuttle-Service ergaben sich vor allem hinsichtlich individueller Aspekte. So versprachen sich viele Befragte von der Einführung der Shuttles einen Zuwachs an Mobilität und Flexibilität. Eng verbunden damit war die Hoffnung, dass sich auch der bestehende ÖPNV durch die Shuttle-Einführung verbessern und z. B. effizienter werden würde. Die Chance, mithilfe des Shuttle-Services den Individualverkehr zu verringern, wurde oft in Zusammenhang mit besserem Umweltschutz genannt. Ferner wurde ein autonomer Shuttle-Service als Chance gesehen, die Anbindung abgelegener Dörfer zu verbessern und so die Regionen des Erzgebirges als Wohn- und Arbeitsort sowie für Touristen attraktiver zu machen.

Alles in allem könnten sich die meisten befragten Bürgerinnen und Bürger aus dem Erzgebirge vorstellen, automatisierte Shuttles regelmäßig zu nutzen, wenn sie flächendeckend verfügbar wären. Ebenso wären viele bereit, ihre PKW-Nutzung zu verringern und stattdessen für einige ihrer Wege auf den ÖPNV umzusteigen. Zum Beispiel konnte sich etwa ein Drittel der potenziellen Nutzenden in ländlichen Regionen vorstellen, den ÖPNV mit Shuttle zukünftig wöchentlich oder sogar täglich zu nutzen. Den PKW vollständig ersetzen könnte der ÖPNV aber selbst mit Shuttle

für kaum jemanden. Der Hauptgrund dafür scheint jedoch weniger bei den Shuttles als im derzeitigen ÖPNV zu liegen. Viele potenzielle Nutzende würden den ÖPNV auch heute schon ohne Shuttles gerne häufiger nutzen. Seine mangelhafte lokale und zeitliche Verfügbarkeit wurde jedoch immer wieder als größte Hürde genannt.

### **c) Arbeitspaket 3: Vorbereitung und Umsetzung Shuttlebetrieb**

Das Arbeitspaket wurde dem Zeit- und Meilensteinplan entsprechend in Form einer Auftragsvergabe durchgeführt. Hierfür wurde die IAV GmbH durch die TU Chemnitz beauftragt. Die in den Unterarbeitspaketen benannten Aufgaben wurden realisiert und Meilenstein 1 (Vorbereitung Shuttleinsatz abgeschlossen) plangemäß erreicht. Im Ergebnis konnte das autonom fahrende Shuttle im Zeitraum zwischen 30.06.23 und 07.07.23 zur Beförderung von Fahrgästen und zur Durchführung begleitender Nutzendenbefragungen in der Gemeinde Gelenau/Erzgeb. eingesetzt werden. Dies stellte den ersten pilothaften Einsatz eines automatisierten Shuttles in der Region dar. Verschiedene regionale Pressemedien berichteten über diesen Einsatz des Shuttles. Auch im Rahmen des Stakeholderworkshops am 23.08.24 (siehe AP 5) konnte das automatisierte Shuttle noch einmal erfolgreich – gemeinsam mit dem ERZmobil des Projektpartners Stadt Zwönitz – eingesetzt werden.

### **d) Arbeitspaket 4: Begleiterhebung Shuttle-Service und Prognose**

Die Bearbeitung des **AP 4** fokussierte auf die Durchführung von Begleiterhebungen während der Shuttlefahrten im Testfeld Gelenau sowie deren Auswertung. Im Rahmen des Unterarbeitspakets **AP 4.1** wurden auf Basis der in **AP 2** durchgeführten Recherchen die Begleiterhebungen geplant und vorbereitet. Für die Vor-Ort-Befragungen wurden zwei kurze Fragebögen (Vorbefragung sowie Fragebogen zur Shuttlefahrt) und ein halb-standardisierter Interview-Leitfaden (Nachbefragung) entwickelt. In **AP 4.2** wurde primär die Durchführung der Begleiterhebungen realisiert. Dabei erfolgte aufgrund mangelnder Verfügbarkeit des Shuttles eine Unterteilung in zwei statt drei Testphasen. User-Experience wurde für den Shuttlebetrieb bei erhöhter Auslastung während der 750-Jahr-Feier und im Normalbetrieb nach der 750-Jahr-Feier in Gelenau erfasst. Anstelle der Erhebungen vor dem Festwochenende konnten an einem weiteren, separaten Testtag, im Rahmen des Stakeholder-Workshops in Gelenau, zusätzliche Befragungen mit Stakeholdern realisiert werden. Diese erlebten neben der Fahrt mit dem autonomen Shuttle eine Fahrt mit einem manuell gesteuerten Shuttle<sup>6</sup> und bewerteten bzw. verglichen jeweils die User-Experience. Insgesamt erfolgten Erhebung und Ergebnisauswertung der Vor-Ort-Befragungen zur Shuttlefahrt weitgehend fristgemäß, sodass **Meilenstein 2** erreicht wurde. Lediglich die ebenfalls im Rahmen von **AP 4.2** organisierten zwei Fokusgruppen mit Nutzenden, mit dem Ziel zentrale Aspekte der User-Experience tiefgründiger zu diskutieren, wurden erst am 20.10.2023 durchgeführt und dementsprechend später ausgewertet. Gründe hierfür waren in erster Linie Personalwechsel während der Projektlaufzeit sowie die große Menge an bereits zu diesem Zeitpunkt erhobenen qualitativen Daten in Form von Interviews. Die qualitativen Audiodaten der Interviews und Fokusgruppen wurden in **AP 4.3** transkribiert, codiert und analysiert. In **AP 4.4** wurde die Synthese der Ergebnisse der Begleiterhebungen speziell mit Blick auf die Überwindung von Nutzungsbarrieren und Herausforderungen für die zukünftige Nutzung autonom fahrender Shuttles im ländlichen Erzgebirgsraum erarbeitet und u. a. im Rahmen des Ergebnis-Workshops (21.03.24) vorgestellt.

Ein Überblick der im Rahmen von **AP 4** durchgeführten empirischen Untersuchungen inklusive soziodemografischer Basisdaten der Studienteilnehmenden können Tabelle 1 entnommen werden. Die Teilnehmenden der Vor-Ort-Befragung stammten überwiegend direkt aus Gelenau (40%) oder den umliegenden ländlichen Gemeinden des Landkreises (26%). Insgesamt zeigte sich für den Testbetrieb, dass die Fahrt im Shuttle bzgl. der erhobenen Variablen der User-Experience (Komfort, Fahrstil, Vertrauen, wahrgenommene Sicherheit, Transparenz &

<sup>6</sup> Zum Einsatz kam das nicht autonom fahrende On-Demand-Shuttle ERZmobil, vgl. <https://smartcity-zwoenitz.de/erzmobil/>

Kommunikation, Zufriedenheit, Weiterempfehlung) positiv bewertet wurde ( $M > 4,0$  auf einer Skala von 1 bis 5). Dieser Befund deckt sich mit bisherigen Untersuchungen beispielsweise zur Akzeptanz autonomer Shuttles in anderen ländlich geprägten (Gertz et al., 2021) oder urbanen Räumen (Linke-Wittich et al., 2023; Nordhoff et al., 2018). Für den Testbetrieb bei hoher Auslastung ergab sich, dass die Shuttlefahrt bzgl. Komfort, Fahrstil, Vertrauen, Zufriedenheit und Weiterempfehlung signifikant niedriger (aber dennoch positiv) bewertet wurde. Als mögliche Gründe hierfür sind in erster Linie längere Wartezeiten und damit verbundene längere Fahrtzeiten, mit Blick auf den Fahrstil vermutlich das häufiger nötige, manuelle Eingreifen der Operatoren zu nennen. Hinsichtlich Sicherheit sowie Transparenz und Kommunikation wurden die Shuttlefahrten über die beiden Testphasen hinweg nicht signifikant unterschiedlich bewertet. Übergreifend 91,5% der Nutzenden würden zukünftig den flächendeckenden Einsatz autonomer Shuttles befürworten. Der Einsatzzweck autonomer Shuttles für die erste bzw. letzte Meile zur Erweiterung des bestehenden ÖPNVs wurde generell als sinnvoll erachtet. Die Studienteilnehmenden gaben zudem an, dass vor Ort verfügbare autonome Shuttles maßgeblich dazu beitragen würden, dass sie häufiger den ÖPNV (inkl. autonomer Shuttles) und seltener private PKWs nutzen würden.

Tabelle 1: Überblick der durchgeführten empirischen Untersuchungen in AP 4

Erhebung	Methode	Erhebungszeitraum	Stichprobe	Alter (Jahre)	Geschlecht
Begleiterhebung Shuttlefahrt	Fragebogen	30.06.-07.07.23 <sup>7</sup>	$N = 179$	$M = 56$	w = 88
- Hohe Auslastung		30.06.-01.07.23	$n = 95$	$M = 55$	w = 46
- Normalbetrieb		03.07.-07.07.23	$n = 84$	$M = 57$	w = 42
Begleiterhebung Shuttlefahrt	Interview		$n = 54$	$M = 56$	w = 26
Begleiterhebung Shuttlefahrt	Online-Fragebogen	30.06.-27.07.23	$N = 39$	$M = 41$	w = 14
Begleiterhebung Shuttlefahrt mit Stakeholdern	Fragebogen	23.08.23	$N = 24$	$M = 49$	w = 9
Fokusgruppen mit Nutzenden	Fokusgruppe	20.10.23	$n = 10 (2 \times 5)$	$M = 65$	w = 6

Für eine detaillierte Analyse der User-Experience eignen sich die im Rahmen der Vor-Ort-Befragungen durchgeführten Interviews, in denen erlebte Vor- und Nachteile, Erwartungen, der mögliche Nutzen, aber auch bestehende Nutzungsbarrieren und Herausforderungen für die Implementierung autonomer Shuttles erfragt wurden.

Weniger als 10% der Befragten gab an, in ihren Erwartungen an eine Fahrt in einem autonomen Shuttle enttäuscht worden zu sein. Die große Mehrzahl schilderte die Testfahrt als positives Erlebnis und wurde hinsichtlich ihrer Erwartungen bestätigt oder gar übertroffen, was den positiven Effekt von Testfahrten und Reallaboren für die Bekanntmachung von autonomen Shuttles unterstreicht. Insgesamt beurteilten die Teilnehmenden die Automation und Technik als gut funktionierend, wobei einige auch Verbesserungspotenzial anmerkten. Generell wurde der Fahrstil des autonomen Shuttles positiv bewertet (z. B. gleichmäßiges Fahren). Teilnehmende beschrieben jedoch die teilweise abrupten Bremsmanöver des autonom fahrenden Shuttles als eher negativ. Geäußert wurde allerdings auch Verständnis für die damit assoziierte hohe Sicherheitsorientierung, welche auch für den zukünftigen Betrieb autonomer Shuttles beibehalten werden sollte. Gerade die Sicherheit als Passagierin oder Passagier im Shuttle wurde einhellig positiv wahrgenommen, was sich mit bisherigen Befunden deckt (Gertz et al., 2021; Linke-Wittich et al., 2023). Damit assoziiert wurde u. a. der Operator an Bord als mögliche Rückfallebene. Die

<sup>7</sup> Am 02.07.23 fanden aufgrund eines Festumzugs ausschließlich manuell durch die Operatoren gesteuerte Fahrten statt, die nicht in die empirischen Untersuchungen einbezogen wurden. Insgesamt fuhren vom 30.06.23 bis 07.07.23 über 200 Personen mit dem Shuttle.

Anwesenheit des Operators wurde vorwiegend positiv bewertet, insbesondere hinsichtlich der Transparenz, die diese durch Erklärungen ermöglichten. Allerdings merkten einige Teilnehmende auch an, dass die Notwendigkeit des Eingreifens durch die Operatoren auffallend war.

Aus Passagiersicht wurde die geringe Geschwindigkeit als überwiegend angenehm und sicherheitsfördernd empfunden. Mit Blick auf andere Verkehrsteilnehmende wurde die geringe Geschwindigkeit jedoch teilweise als problematisch angesehen, wodurch das autonome Shuttle etwa ein potenzielles Verkehrshindernis darstellen würde, was wiederum zu sicherheitskritischen Verkehrssituationen führen könnte, etwa riskanten Überholmanövern. Für diese Problematik existieren verschiedene Lösungsansätze. Innerorts könnte ein generelles Tempolimit von 30 km/h und damit eine Angleichung an die aktuelle Höchstgeschwindigkeit autonomer Shuttles geschaffen werden, was das zusätzliche Potenzial böte, die wahrgenommene Sicherheit der Anwohnerinnen und Anwohner zu erhöhen (Brink et al., 2022). Für Streckenabschnitte außer Orts bliebe freilich die Problematik weiterbestehen, zumindest bis ein höherer technischer Standard der Fahrzeuge erreicht wird. Ein weiterer, zumindest temporärer Lösungsansatz besteht darin, die Interaktion zwischen autonomen Shuttles und anderen Verkehrsteilnehmenden, insbesondere dem rückwärtigen Verkehr zu optimieren und beispielsweise die Anfahrt und Abfahrt von Haltepunkten transparenter zu gestalten. Mögliche Interaktionskonzepte wurden u. a. in den Fokusgruppen mit potenziellen Nutzenden diskutiert (vgl. **AP 2**).

Andere oft genannte Aspekte wie etwa der geringe Geräuschpegel des Elektroantriebs (überwiegend positiv) oder das Interieur, vor allem der Komfort der prototypischen Sitzgelegenheiten (überwiegend negativ) bezogen sich weniger auf autonome Shuttles im Spezifischen, sondern eher auf On-Demand Shuttle-Angebote im Allgemeinen. Eine Übersicht der meist genannten positiven und/oder negativen Aspekte der User-Experience ist Abbildung 2 zu entnehmen.

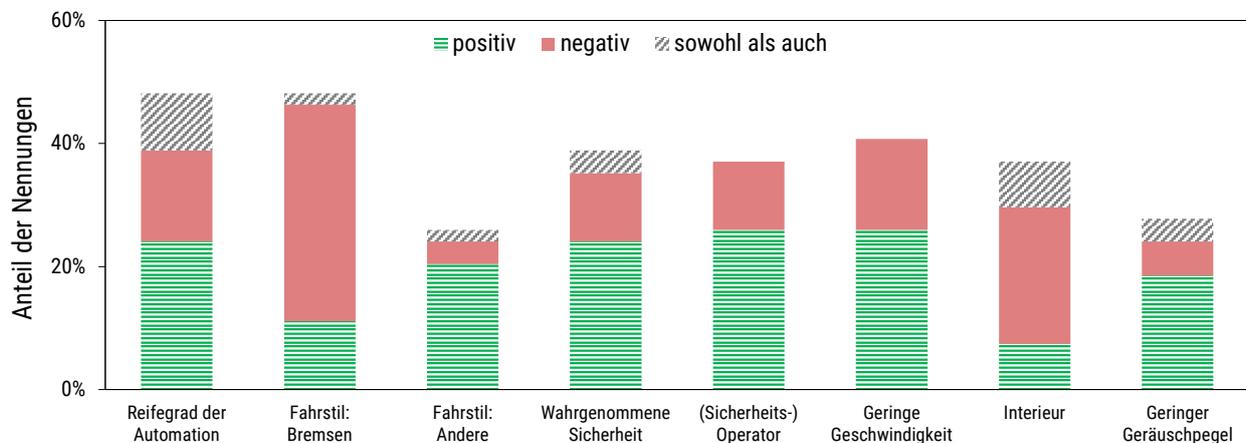


Abbildung 2: Markante positive und negative Aspekte der erlebten Shuttlefahrt (n = 54; Anteil der Nennungen ≥ 20 %)

Neben dem Erlebnis der Testfahrt wurde der Fokus während der Interviews außerdem auf allgemeine Vorteile, die die Befragten mit der Nutzung autonomer Shuttles in Verbindung bringen, gelenkt. Die genannten Nutzungspotenziale bzw. Herausforderungen bestätigen überwiegend die von potenziellen Nutzenden erwarteten Vor- und Nachteile autonomer Shuttle-Services (vgl. **AP 2**). Oft genannt wurden die dadurch erreichbare reduzierte Nutzung privater PKWs sowie die Einsparung personeller und damit finanzieller Ressourcen, da kein Fahrpersonal mehr benötigt würde. Laut der Befragten liegt einer der Hauptnutzen zudem im Einsatz der Shuttles im ländlichen Raum und der damit erreichbaren flexibleren und effektiveren Mobilität. Diese Potenziale wurden zugleich als Herausforderungen und Nutzungsbarrieren formuliert. Vergleiche wurden oftmals mit dem aktuell überwiegend unzureichenden ÖPNV-Angebot im Erzgebirgsraum bzw. ländlichen Raum insgesamt gezogen, das durch geringe Taktung und eingeschränkte Betriebszeiten gekennzeichnet ist (Avermann & Schlüter, 2019; Lidynia et al., 2021; Rehme et al. 2023). Für viele der Befragten ist die regelmäßige Nutzung autonomer Shuttles an die Bedingung

sowohl zeitlicher als auch lokaler Verfügbarkeit geknüpft sind. Dazu zählen die Erweiterung des ÖPNV-Netzes um mehr Haltepunkte sowie die Bedienung auch zu Randzeiten sowie am Wochenende. Diese Voraussetzungen erscheinen perspektivisch für den ländlichen Raum mutmaßlich nur durch autonome Fahrzeuge realisierbar. Würden die während des Testbetriebs in Gelenau erzielten Konditionen hinsichtlich Sicherheit und Fahrweise auch zukünftig, etwa ohne Operator an Bord, beibehalten, sind hohe Nutzungsraten autonomer Shuttles im Erzgebirgsraum wahrscheinlich. Dahingehend muss für eine Vielzahl der Befragten der Reifegrad der Automation noch weiter verbessert werden. Zahlreich erwähnt wurde allerdings auch, dass der Individualverkehr auf dem Land für bestimmte Einsatzzwecke mutmaßlich unersetzlich bleiben wird (z. B. für Einkäufe, Warentransport).

Zeitgleich mit Beginn der Begleiterhebungen zur Shuttelfahrt wurde eine Onlineumfrage gestartet. Diese richtete sich gleichermaßen an Nutzende und Nicht-Nutzende des Shuttles (vgl. **AP 2**). Bei der Mehrzahl der Teilnehmenden handelte es sich jedoch um Nutzende ( $n = 30$ ) größtenteils aus der ländlichen Erzgebirgsregion, die nach ihren Erfahrungen mit dem Shuttle bzw. Bewertungen des Shuttle-Konzepts befragt wurden. Sie bewerteten ihre Erfahrungen mit dem Shuttle in der Online-Begleiterhebung ähnlich positiv wie in der Befragung zur Fahrt, bemängelt wurden teilweise geringe Mitfahrkapazität und Geschwindigkeit. Interessante Erkenntnisse lieferten vor allem die weiterführenden Fragen, beispielsweise zum Betriebsmodus. Demnach konnte keine Präferenz zwischen den Optionen *Shuttle als Zubringer zum ÖPNV* oder *Shuttle als Tür-zu-Tür-Service* festgestellt werden, was u. a. mit Blick auf andere Aspekte wie Nachhaltigkeit eher für das vorgestellte Konzept autonomer Shuttles als Ergänzung des ÖPNVs für die erste bzw. letzte Meile spricht. In beiden Gruppen sprach sich die große Mehrheit für bedarfsorientierte Fahrzeiten statt eines Fahrplans und für eine Buchung per App aus.

Die positive Beurteilung der autonomen Shuttelfahrt bestätigte sich auch für die Befragung der eingebundenen (überwiegend lokalen) Stakeholder. Für alle erhobenen Variablen der User-Experience (Komfort, Fahrstil, Vertrauen, wahrgenommene Sicherheit, Transparenz & Kommunikation, Zufriedenheit, Weiterempfehlung) ergaben sich erneut Werte im positiven Bereich ( $M > 3,7$  auf einer Skala von 1 bis 5). Für die gleichen Variablen wurde die Fahrt mit dem manuell gesteuerten ERZmobil-Shuttle im Vergleich jedoch tendenziell etwas höher bewertet ( $M > 4,3$ ). Dies galt insbesondere für Fahrstil, Vertrauen und wahrgenommene Sicherheit während der Fahrt. Als Optimierungspotenziale autonomer Shuttles wurden in erster Linie eine verbesserte Fahrweise beim Abbremsen sowie die Implementierung höherer Geschwindigkeiten genannt. Bei einer sehr ähnlichen Untersuchung wurde ebenfalls die geringe Geschwindigkeit als größtes Nutzungshemmnis angegeben (Wintersberger et al., 2018). Als größte Potenziale bzw. Vorteile im Hinblick auf den Einsatz autonomer Shuttles nannten die Befragten auch hier die Einsparung von Personalkosten sowie eine flexiblere Mobilität im ländlichen Raum und der damit für viele Menschen einhergehenden größeren Teilhabe am öffentlichen Leben.

Für die Durchführung der beiden Fokusgruppen mit Nutzenden wurden Teilnehmende an den Testfahrten akquiriert. Zu Beginn der Fokusgruppentermine wurde die bereits zu dem Zeitpunkt vorliegende Auswertung und damit weitestgehend positive Beurteilung des Testbetriebs als Diskussionsgrundlage vorgestellt, bevor die Themen wahrgenommene Sicherheit, Vertrauen und Kommunikation zwischen Shuttle und User unter Berücksichtigung der eigenen User-Experience in Gelenau breiter diskutiert wurden.

Mit Blick auf die wichtigsten Faktoren, die dazu beitragen, dass die Shuttelfahrt als sehr sicher wahrgenommen wurde, zählten demnach vor allem die Operatoren an Bord und die geringe Geschwindigkeit des Shuttles. Bei beiden Faktoren ergab die weitere Diskussion, dass die Teilnehmenden jedoch überwiegend davon ausgingen, dass die Fahrt im Shuttle zukünftig auch bei höheren Geschwindigkeiten und ohne Operator an Bord sicher bleiben wird. Die Rolle des Operators bzgl. der Sicherheitswahrnehmung ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten (e.g., Linke-Wittich et al., 2023). Den Fokusgruppenteilnehmenden zufolge sollte der Wegfall des Operators an Bord durch die Überwachung des Fahrbetriebs und des Innenraums mithilfe der geeigneten Einbindung einer Leitstelle sowie Sensoren/Kameras gestützt werden. Auch dem

geäußerten Sicherheitsbedenken im speziellen Falle von Nachtfahrten als alleiniger Fahrgast bzw. alleinige Fahrgästin im autonomen Shuttle könnte damit begegnet werden, auch wenn für diesen Fall keine vollends zufriedenstellende Lösung in der Fokusgruppe erarbeitet werden konnte. Als essenziell für das Gefühl von Sicherheit an Bord wurden zudem Notfalleinrichtungen (z. B. Notfallknopf als Türöffner) genannt. Basal für das Sicherheitsgefühl wurde die technische Funktionalität der Shuttles aufgeführt, gerade mit der Herausforderung spezieller winterlicher Wetterbedingungen im Erzgebirge. Grundsätzlich herrschte die Meinung vor, dass das Shuttle während des Testbetriebs in Gelenau über (ausreichend) hohe Sicherheitsstandards verfügt haben *muss*, was mit der erteilten Betriebszulassung begründet wurde. Dieses institutionelle Vertrauen und die damit assoziierte hohe Sicherheitsorientierung sollte bei der Gestaltung des autonomen Shuttlebetriebs berücksichtigt werden, was die Relevanz von Vertrauen als wichtiges Konstrukt in diesem Kontext unterstreicht.

Im zweiten Themenkomplex wurden Maßnahmen diskutiert, die dazu beitragen können, das Vertrauen in autonome Shuttle (weiter) zu steigern. Die Zertifizierung und (regelmäßige) Instandhaltung der Fahrzeuge wurde als eine solche Maßnahme genannt, wurde allerdings zugleich als Grundbedingung für Vertrauen angesehen. Wichtig war den Teilnehmenden, dass derartige Vorgänge transparent gestaltet werden, ggf. auch negative Vorkommnisse wie die Beteiligung autonomer Shuttles an Unfällen. Aufklärung allgemein wurde als zentral für die Steigerung des Vertrauens genannt. Diese könnte verschiedentlich umgesetzt werden, z. B. über mediale und wissenschaftliche Beiträge oder (positive) Erfahrungsberichte von Nutzenden. Umso breiter autonome Shuttlebetriebe (erfolgreich) eingesetzt würden, umso mehr würde das Vertrauen bei der Bevölkerung steigen. Auch das Angebot von Testfahrten autonomer Shuttles, wie in Gelenau erfolgt, wurde in diesem Zuge genannt. Sichergestellt werden sollte dabei, dass sich die User-Experience positiv gestaltet. Nur auf diese Weise können mögliche anfängliche Bedenken der Nutzenden abgebaut und das Vertrauen in die Automatisierung gefördert bzw. erhalten werden (Hoff & Bashir, 2015). Unter einem anderen Blickwinkel aber trotzdem als hochrelevant für das Vertrauen in autonome Shuttlebusse, wurde die Verlässlichkeit der Fahrzeuge genannt. Diese müsse sowohl von technischer Seite, als auch im Hinblick auf das Einhalten von Ankunfts- bzw. Abfahrtszeiten gewährleistet sein. Als vertrauensfördernd wurde zudem die adäquate Kommunikation mit den Fahrgästen während der Fahrt genannt. Wie auch der dritte Themenkomplex Kommunikation zeigte, ist dabei nicht unbedingt eine Vielzahl möglicherweise komplexer Informationen erwünscht. Im Hinblick auf Vertrauen wurde z. B. eine eher einfache Statusleuchte im Innenraum als vorteilhaft erachtet, um den Passagier\*innen z. B. über eine grüne Lichtfarbe anzuzeigen, dass der Fahrbetrieb aktuell einwandfrei läuft.

Im dritten Themenkomplex Kommunikation wurden Präferenzen für bereitzustellende Informationen im Shuttle, an der Haltestelle sowie digital über das Smartphone erfragt und diskutiert. Aktuell üblicherweise angezeigte Informationen in Bussen wie der nächste Haltepunkt oder via Smartphone, etwa Anschlussmöglichkeiten, Fahrzeugverfügbarkeit sowie Ticketbuchungen sollten ebenfalls bei autonomen Shuttles beibehalten werden. Allerdings wurden auch Anpassungswünsche deutlich. Beispielsweise könnten bei der Ankündigung der nächsten Haltestelle im Shuttle auch touristische Informationen angezeigt und auf Sehenswürdigkeiten hingewiesen werden. Für Informationen der Umgebungswahrnehmung wie bspw. von der Automation erkannte andere Verkehrsteilnehmende besteht nach Meinung der Teilnehmenden allerdings eher kein Bedarf. Es würde ausreichen, wenn diese Prozesse im Hintergrund ablaufen. Die Echtzeit-Anzeige der Shuttlegeschwindigkeit wurde hingegen erwünscht. Die persönliche, bei On-Demand-Betrieb individuelle, Ankunftszeit sollte ebenfalls zugänglich sein, idealerweise über das Smartphone. Neben ggf. einem Fahrplan sollten an Haltestellen vor allem Informationen über Anschlüsse und Störungen bzw. Verspätungen akustisch per Durchsage oder Bedarfsknopf wiedergegeben werden. Als optimal wurde am Haltepunkt eine Echtzeit-Anzeige der Shuttleposition vorgeschlagen.

Auf Basis der durchgeführten Begleiterhebungen und den daraus extrahierten wichtigsten Ergebnissen lassen sich für die Perspektive der Nutzenden einige zentrale Maßnahmen und

Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von autonomen Shuttleservices im ländlichen Erzgebirgsraum ableiten:

- Aspekte der User-Experience bei der Fahrt mit einem autonomen Shuttle wie wahrgenommene Sicherheit, Vertrauen, Transparenz, Kommunikation und Zufriedenheit wurden positiv bewertet. Positive Erfahrungen im Rahmen des Testbetriebs autonomer Shuttles z. B. auch im Rahmen von Reallaboren tragen zur Bekanntmachung und Vertrauensbildung bei, gerade bei Personen ohne bisherige Nutzungserfahrung (potenzielle Nutzende), was sich u. a. durch die vermehrt positiv übertroffenen Erwartungen der Nutzenden bestätigte. Dadurch wird auch die generelle Einstellung gegenüber autonomen Shuttles verbessert, was als Prädiktor für die Nutzungsintention gilt (Kostorz et al., 2019; Nordhoff et al., 2018).
- Unter der Voraussetzung einer breiten, flächendeckenden Verfügbarkeit autonomer Shuttles sind hohe Nutzungszahlen zu vermuten. Die Akzeptanz und damit die Nutzungsintention autonomer Shuttles ist allerdings maßgeblich an die Komponente der zeitlichen und örtlichen Verfügbarkeit der Fahrzeuge geknüpft. Diesbezüglich müssen im ländlichen Raum im Vergleich zum aktuellen ÖPNV innovativere und flexiblere Betriebskonzepte erarbeitet werden. Andernfalls werden Personen, die über die Möglichkeit der Nutzung des Individualverkehrs verfügen, das erweiterte ÖPNV-Angebot inklusive autonomer Shuttles voraussichtlich nicht verstärkt wahrnehmen.
- Besonders in ländlichen Regionen wie dem Erzgebirge kommt erschwerend hinzu, dass die Akzeptanz autonomer Shuttles von potenziellen Nutzenden durch vorherrschende Veränderungsmüdigkeit und Vorurteile beeinträchtigt ist. Zur Akzeptanzförderung muss daher vermehrt Aufklärung betrieben werden, z. B. über Informationskampagnen in unterschiedlichen Medienkanäle oder vor Ort im Erzgebirge.
- Eine weitere Herausforderung besteht darin, die aktuell hohen Werte bzgl. der User-Experience Nutzender beizubehalten, wenn der Einsatz autonomer Shuttles sukzessive ausgebaut wird, z. B. bei der Implementation eines höheren Automationsgrads ohne Operator an Bord, höherer Geschwindigkeiten oder des On-Demand-Betriebs. Dieser Ausbau sollte entsprechend behutsam erfolgen, um bestehende Vertrauenswerte nicht zu gefährden bzw. erwartungskonforme Sicherheitsstandards nicht zu verletzen.

#### e) Arbeitspaket 5

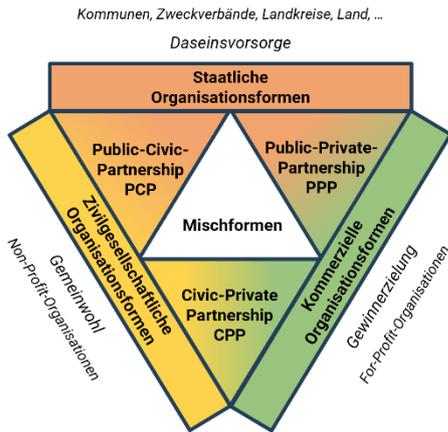
Im Rahmen einer vorangehenden Stakeholderanalyse wurde der Projektpartner DLR durch die Planung und Ausrichtung des Stakeholderworkshops am 23.08.23 in Gelenau unterstützt. Dabei wurden Zwischenergebnisse bzw. erlangte Erkenntnisse (auch aus Vorgänger- und Parallelprojekten) kommunalen bzw. regionalen Entscheidungs- und Einflussträger, insbesondere Bürgermeister\*innen umliegender Kommunen präsentiert und in einer Podiumsdiskussion Herausforderungen, Bedarfe und Lösungsansätze für On-Demand-Dienste im Erzgebirge erarbeitet. Diese inhaltlichen Grundlagen und sich aus dem Workshop ergebenden Kontakte wurden für die Stakeholderbeteiligung in den Unterarbeitspaketen der TU Chemnitz 5.2 und 5.5 weitergenutzt.

Das AP 5.2 zielte auf die Identifizierung von geeigneten Shuttlezonen im regionalen Mobilitätskonzept ab. Hierfür wurde am 02.02.24 eine Expertendiskussion mit regionalen Erfahrungsträgern durchgeführt. Dabei wurden auch die grundlegenden Wirkungszusammenhänge zwischen der räumlichen und zeitlichen Verortung der On-Demand-Angebote zu den vom DLR parallel erarbeiteten Betriebs- und Umsetzungskonzepten mit den Experten diskutiert und die Ergebnisse an den Projektpartner weitergegeben. Von zentraler Bedeutung für die Schaffung entsprechender Angebote in einem Bedienungsgebiet ist eine eigene Finanzierungsbereitschaft bei Kommunen (Zurverfügungstellung von Geldern aus Fachbudgets oder die Schaffung einer eigenen Haushaltsposition). Auch wenn Fördermittel (z. B. für Fahrzeuge) akquiriert werden können, ist zumindest in der Etablierungsphase zeitweise eine finanzielle Mehrbelastung (z. B. Personalmittel für Aufbau und Implementierung) zu erwarten. Zu den wichtigsten weiteren

Faktoren der regionalen Auswahl von Kommunen für erste Pilot- und Regelangebote (autonomer) On-Demand-Shuttles zählen lokaler Handlungsdruck (z. B. Einwohnerunzufriedenheit mit der Erreichbarkeit), das Interesse, die Aufgeschlossenheit und die Kooperationsbereitschaft der öffentlichen Verwaltungsträger, das lokale Innovationsklima (auch bürger- und unternehmerseitig) sowie die topologische Anordnung der Siedlungsstrukturen und Flächennutzungen, vor allem die räumliche Verteilung sozialer Infrastrukturen. In Abhängigkeit von diesen Faktoren sind unterschiedlich stark ausgeprägte Qualitätsverbesserungen des Mobilitätsangebots erwartbar. Auch werden alternative oder miteinander kombinierbare Angebotsmodule (für bestimmte Zielgruppen und Wegezwecke mit Auswirkungen auf Fahrzeuggrößen, Bedienzeiten und -gebiete) für die jeweils betrachteten Shuttlezonen zur Diskussion stehen, die es zu bewerten und auszuwählen gilt. Für die konkret mit Halte- und Verknüpfungspunkten zu erschließenden Gebiete einer Shuttlezone sind die Fahrgastpotenziale unter Zuhilfenahme verschiedener Datenquellen für das Mobilitätsverhalten zu prognostizieren. Verteilung und Dichte sollten sich insbesondere mit Blick auf die Akzeptanz der Bürger aber nicht allein an diesen Kennzahlen orientieren (z. B. kein Komplettausschluss von Ortsteilen, keine zu langen Wege zu Haltepunkten).

Das AP 5.5 fokussierte auf die Entwicklung alternativer Betreiberkonzepte. Zur Entwicklung und Evaluierung dieser Konzepte wurde – basierend auf Literaturrecherchen und Abstimmungen unter den Projektpartnern – ein Workshopformat inhaltlich und methodisch vorbereitet und am 29.11.23 in Annaberg-Buchholz durchgeführt. Teilnehmer waren u. a. Vertreter von Kommunen, der IHK, der Wissenschaft, von Mobilitätsdienstleistern und Technologieunternehmen. Methodisch wurde in den Workshops auf Kleingruppendiskussionen mit vorbereiteten Schaubildern, beschreibbaren Postern und Flipcharts zurückgegriffen sowie mittels des Einsatzes farbiger Klebepunkte eine abschließende Gesamtevaluation der Gruppenergebnisse vorgenommen. In den Kleingruppen lag der Fokus zunächst auf der Diskussion verschiedener denkbarer Konfigurationen von Wertschöpfungskette(n) (selbstfahrender) On-Demand-Shuttles bzw. der Markttrollen darin mit dahinterstehenden Motivationen. Nach einer Priorisierung von zwei plausibel erscheinenden Konfigurationen wurden für die jeweils identifizierten Markttrollen mögliche Trägerschäften (differenziert nach kommerziell, öffentlich, zivilgesellschaftlich sowie Mischformen) präsentiert, deren Vor- und Nachteile diskutiert und abgewogen und schließlich die passendsten Trägermodelle für die einzelnen Markttrollen ausgewählt. Dabei wurden die Ansprüche an die identifizierten Markttrollen in den verschiedenen Konfigurationen von den einbezogenen Stakeholdern gruppenübergreifend als zu herausfordernd für zivilgesellschaftliche Organisationsformen (z. B. Sport-, Kultur- und Freizeitvereine, Bürgerinitiativen) angesehen. Dies liegt vor allem an den zu gering eingeschätzten rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Fachkenntnissen für ein Agieren als Verkehrsbetrieb und an der sehr hohen Abhängigkeit von (Einzel-)Personen und deren Engagement.

Die möglichen Trägermodelle mit ihren generellen Vor- und Nachteilen sind in folgender Abbildung 3 dargestellt.



Trägermodell (Grundform)	Vorteile	Nachteile
Staatliche Organisationsformen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verfolgung gesamtgesellschaftlicher Ziele für alle auch ohne Profitabilität</li> <li>Öffentliche Verantwortung und Rechenschaftspflicht</li> <li>Hohe Planbarkeit/Stabilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trägheit, Bürokratie, Ineffizienzen</li> <li>Budgetbeschränkungen und Subventionsbedarf</li> <li>Politische Einflussnahme/ Abhängigkeiten</li> <li>Know-How-Mangel (Plattform, ...)</li> </ul>
Kommerzielle Organisationsformen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wettbewerb und Effizienz</li> <li>Flexibilität, Kundenorientierung, Marktanpassung, Innovationsanreize</li> <li>Kapitalmarktzugang und gute Finanzressourcen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sozialer Ausschluss von Angeboten durch Cherry Picking</li> <li>Negative externe Effekte (ökologische/soziale Kosten)</li> <li>Marktmachtmissbrauch und Marktversagen (z. B. Qualität)</li> </ul>
Zivilgesellschaftliche Organisationsformen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verfolgung gemeinwohlorientierter (z. B. sozialer, ethischer) Zielsetzungen auch ohne Profitabilität</li> <li>Partizipation auf Basis von Freiwilligkeit, Solidarität und lokaler Verwurzelung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Abhängigkeit von (Einzel-) Personen und deren Engagement</li> <li>Finanzierungsprobleme und -unsicherheiten (Fundraising)</li> <li>Mangel an Fachkenntnissen (Recht, Wirtschaft, Technik, ...)</li> <li>Mangelnde Skalierbarkeit</li> </ul>

Abbildung 3: Trägermodelle im Spektrum zwischen Daseinsvorsorge, Gemeinwohl und Gewinnerzielung

Anschließend an die Gruppenarbeit erfolgte eine Kurzzusammenfassung der Gesamtergebnisse (gemeinsam mit dem zum gleichen Workshoptermin stattgefundenen Erörterungen von Betriebskonzept-Parametern) vor dem gesamten Teilnehmerkreis. Im Nachgang wurden die Workshopergebnisse konsolidiert und mittels Experteninterviews tiefergehend evaluiert und leicht angepasst. Im Ergebnis konnten vier plausible Varianten von Wertschöpfungskonfigurationen mit jeweils den zugehörigen Marktrollen zugeordneten Trägerschaften erarbeitet werden. Darunter finden sich sowohl in der Praxis bereits umgesetzte, aber noch nicht als ideal angesehene Varianten als auch noch nicht existierende Konfigurationen. Abbildung 4 gibt einen Überblick zu den vier Wertschöpfungskonfigurationen mit den zugeordneten Trägerschaften.

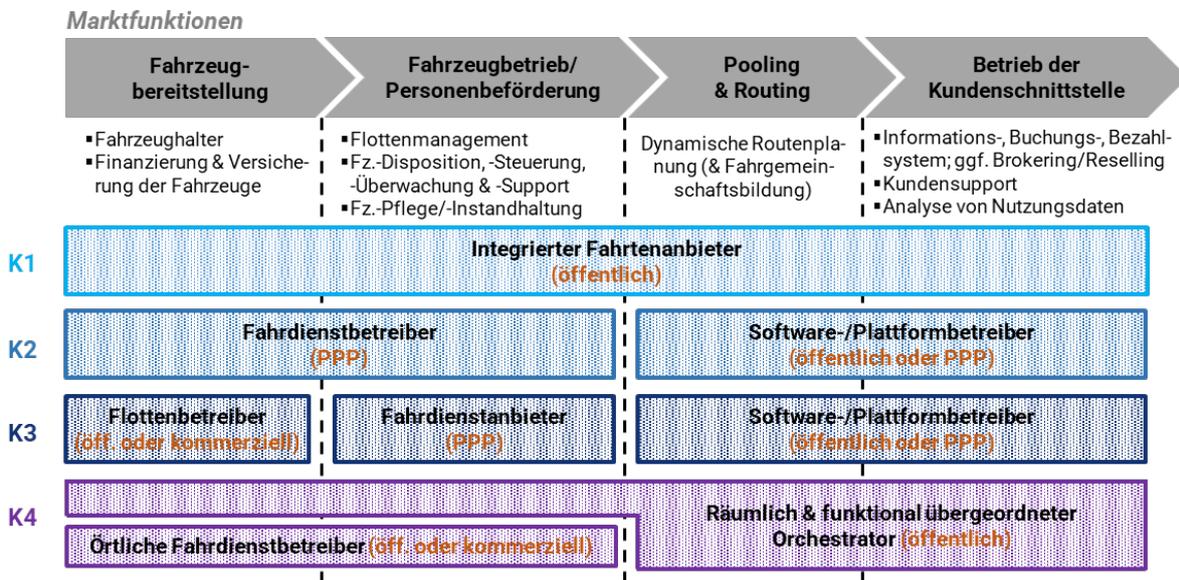


Abbildung 4: Wertschöpfungskonfigurationen (K1 bis K4) für Betreibermodelle (automatisierter) On-Demand-Shuttles

Die Konfiguration K1 repräsentiert ein Betreibermodell, bei dem ein von der öffentlichen Seite getragener integrierter Fahrtenanbieter die gesamte Wertschöpfungskette von der Bereitstellung der benötigten Fahrzeuge, über den eigentlichen Fahrzeugbetrieb (und die damit realisierte Personenbeförderung) bis hin zum Pooling und Routing und den Betrieb der Kundenschnittstelle über entsprechende Softwareplattformen abdeckt und aus einer Hand anbietet. Die Konfiguration entspricht dem mit dem „ERZmobil“ in der Stadt Zwönitz bereits in der Praxis realisierten Betreibermodell. Sie wurde aber von den eingebundenen Stakeholdern aufgrund von als hohe Einstiegshürde wirkenden Investitionen in Fahrzeuge und den Aufbau und Betrieb einer eigenen

Softwareplattform als nicht ideal angesehen. Es lassen sich deutschlandweit daher kaum weitere Vertreter dieser Variante finden.

Die Konfiguration K2 versucht dieses Defizit zu beheben, indem mehrere örtliche Fahrdienstbetreiber (idealerweise getragen von einer Public Private Partnership) von spezialisierten Dienstleistern Zugriff auf deren existierende große Plattform für das Pooling und Routing bzw. für die Kundenschnittstelle erhalten. Eine Mitnutzung bereits existierender und etablierter Plattformen verspricht Kosteneinsparungen durch Skaleneffekte und ggf. Synergien. Die Plattformbetreiber sollten idealerweise entweder von der öffentlichen Seite oder von einer Public Private Partnership getragen werden.

In der Konfiguration K3 wird der Gedanke einer Mitnutzung bereits existierender Ressourcen auch auf die Fahrzeugflotten übertragen. Ein öffentlicher oder kommerziell getragener Flottenbetreiber übernimmt in dieser Variante alle Aufgaben im Zusammenhang mit der Fahrzeugbereitstellung.

Die Konfiguration K4 sieht eine besondere Marktrolle eines räumlich und funktional übergeordneten Orchestrators für viele örtliche Fahrdienstbetreiber vor. Dieser sollte idealerweise öffentlich getragen sein und im Interesse der Allgemeinheit und der Daseinsvorsorge für eine verkehrsraumweite Koordinierung, Qualitätssicherung und Optimierung der örtlichen Angebote sorgen. Zudem unterstützt er die örtlichen Fahrdienstbetreiber bei ihrer Aufgabenwahrnehmung auch im Bereich der Fahrzeugbereitstellung und des Fahrzeugbetriebs, z. B. durch das Vorhalten von Ersatzfahrzeugen und -personal oder die Übernahme von Fahrzeugsupport- und Fahrzeuginstandhaltungsaufgaben.

Für die Wahrnehmung der Markttrollen in den verschiedenen Betreibermodellvarianten wurden gemeinsam mit den eingebundenen Stakeholdern auch potenzielle regionale Akteure identifiziert, die in Abbildung 5 dargestellt sind.

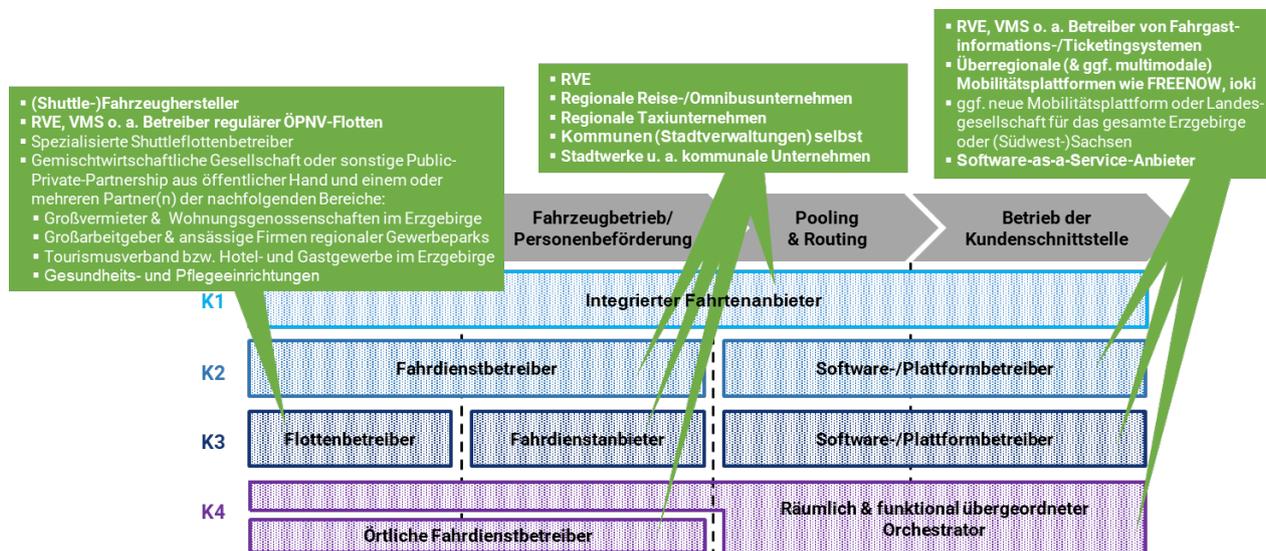


Abbildung 5: Wertschöpfungskonfigurationen (K1 bis K4) für Betreibermodelle (automatisierter) On-Demand-Shuttles

Ausschlaggebend für die Wahl einer Betreibermodellvariante wird letztlich das zugrunde liegende Finanzierungsmodell sein (und damit die Interessen der mitfinanzierenden/mitprofitierenden Akteure), welches schon in der frühen Phase der Willensbildung und Ideenfindung eingehend mit den relevanten Stakeholdern zu diskutieren und in den folgenden Phasen schrittweise zu konkretisieren ist. Insgesamt sollten nach Einschätzung der regionalen Stakeholder nicht zu viele Einzelakteure für die Bereitstellung der On-Demand-Shuttle-Angebote zuständig sein (maximal drei).

Im Abschlussworkshop des Projektes UseXs am 21.03.24 wurden einem breiten Teilnehmerkreis die wesentlichen Projektergebnisse vorgestellt und vor allem die Schnittstellen eines Umsetzungskonzepts (in mehreren Phasen und mit primären Handlungsfeldern) zu den Elementen des Betriebskonzepts und des auszuwählenden Betreibermodells diskutiert. Insbesondere das gemeinsame Vordenken und Vorbewerten von realistisch erscheinenden Finanzierungsoptionen bei verschiedenen Betreibermodellen in einer frühen Willensbildungs- und Ideenfindungsphase noch vor einem eigentlichen Projekt-Kick-Off wurde hier als erfolgsentscheidend gesehen. Weitere wichtige Schritte liegen vor allem in der grundlegenden Überzeugungsarbeit gegenüber und dem Austausch mit Kommunal- und Landkreisvertretern (v. a. Bürgermeister und Gemeinde-/Ortschaftsräte, Vereine, Bürgerinitiativen, Land- und Kreisräte) hinsichtlich erreichbarer Potenziale vor Ort und existierender Best Practices. Zudem ist ein Bewusstsein dafür zu entwickeln, dass lange Transformationsprozesse auch Förderungen für lange Anlaufphasen von Regelleistungen erfordern.

## 2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das Projekt wurde an der TU Chemnitz durch die Forschungsgruppe Allgemeine & Arbeitspsychologie sowie das Zentrum für Wissens- und Technologietransfer durchgeführt. Die im Rahmen des Projektes entstandenen Ausgaben betragen insgesamt 237.326,47 € (zzgl. Projektpauschale i. H. v. 47.465,29 €). Sie liegen damit 2.275,93 € (ohne Projektpauschale) unter der bewilligten Zuwendung. Die Ausgaben wurden im Wesentlichen für Personalausgaben zur Beschäftigung wissenschaftlicher Mitarbeiter (109.202,69 €) und die Vergabe von Aufträgen (120.130,50 €) verwendet. Weiterhin sind Ausgaben für die Beschäftigung von Hilfskräften (4.921,08 €), für sonstige allgemeine Verwaltungsausgaben (2.032,60 €) sowie für die Durchführung von Dienstreisen (1.039,60 €) entstanden.

Wesentliche Abweichungen gegenüber den ursprünglich geplanten Ausgaben sind nicht aufgetreten. Das Projekt wurde um einen Monat kostenneutral verlängert. Damit wurde auch die Präsentation wesentlicher Ergebnisse auf einer renommierten Fachkonferenz vor Expertenpublikum ermöglicht.

## 3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die durchgeführten Forschungsarbeiten im Projekt „UseXS“ und die dafür aufgewendeten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der Planung laut Projektantrag entsprachen. Alle wesentlichen im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet. Es waren trotz Verlängerung der Projektlaufzeit um einen Monat keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt notwendig.

## 4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das Thema hat eine hohe Relevanz, daher wurden und werden Pilotprojekte zu autonomen Shuttles in mehreren Regionen in Deutschland durchgeführt, z. B.:

- Im Projekt KelRide werden ab Januar 2024 autonome Shuttles auf einem 30 Kilometer umfassenden Straßennetz im Landkreis Kelheim flexibel eingesetzt. Dadurch entsteht die bisher größte, zusammenhängende Abdeckung eines hochautomatisierten Verkehrs im öffentlichen Raum in Europa. Bisher liegen noch keine Veröffentlichungen aus dem Projekt vor. (<https://kelride.com/europas-groesstes-zusammenhaengendes-betriebsgebiet-fuer-hochautomatisierte-shuttles-startet-in-kelheim/>)
- Das ALIKE Projekt beschäftigt sich seit Oktober 2023 mit dem Einsatz autonomer Shuttle im städtischen Raum in Hamburg. (<https://www.hochbahn.de/resource/blob/65498/33eb1512c8691c9512ecbd5f4159ec28/projektsteckbrief-alike-data.pdf>)

- Im Projekt AutBus ist im Sommer 2023 ein autonomer Bus in einer ländlichen Region in den Einsatz gegangen, der bis zu 70/80 km/h fährt. (<https://roding-research.avl-functions.com/foerderprojekte/autbus/>)
- Im Projekt Absolut II wird der ÖPNV für die Stadtrandgebiete Leipzigs durch den Einsatz autonomer On-Demand-Shuttles individualisiert. (<https://absolut-projekt.de>)
- Die Sächsische Energieagentur (SAENA) startete am 21.08.24 in Dresden mit einem ersten Fachaustausch eine sächsische Initiative für einen gebündelten Förderantrag von aufeinander abgestimmten Teilvorhaben mit automatisierten Shuttles in urbanen, suburbanen und ländlichen Räumen Sachsens, für den unter anderem die Förderrichtlinien RL Mobilität EFRE/JTF 2021 bis 2027 und RL EFRE/JTF Technologieförderung 2021 bis 2027 genutzt werden könnten.

Die Projektpartner haben in den letztgenannten Fachaustausch ihre Ideen und Vorschläge für Testfelder im Erzgebirge eingebracht und werden die sich ergebenden Chancen für über kurze Pilotphasen hinausgehende Einsätze automatisierter On-Demand-Shuttles in der Region nutzen. Auch die anderen neuen Projekte bieten Potenziale zum Austausch und zur besseren Vernetzung. Für die Erschließung von Umsetzungspotenzialen autonomer Shuttles im Erzgebirgsraum über Folgeprojekte (im Rahmen der sächsischen Initiative und auch jenseits davon) bilden die Projektergebnisse von UseXS eine sehr gute Ausgangsbasis.

## 5 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

Im Rahmen des Projektes erfolgten zwei Veröffentlichungen. Die erstgenannte Veröffentlichung zeigt im Wesentlichen die Ergebnisse der Nutzendenbefragungen auf. Die zweite Veröffentlichung gibt Ergebnisse aus den AP 5 wieder und ist in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner DLR entstanden.

- Hess, S., Rauh, N., Mohr, L., Springer-Teumer, S., Krems J. F. (Accepted). The potential of highly automated shuttle buses in rural areas—Results from short test drives in the Ore Mountains region. In D. de Waard, [more]. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2024 Annual Conference*. HFES.
- Kolarova, V.; Stark, K.; Rehme, M.; Langer, V., Rother, S.: (Autonome) On-Demand-Shuttles für den ländlichen Raum – Entwicklung von Betriebskonzepten und Betreibermodellen am Beispiel der Region Erzgebirge, in: *Internationales Verkehrswesen*, 76. Jg., Heft 3, September 2024, S. 32-37.

Die Projektinhalte waren und sind außerdem in die Lehre eingebunden. Es wurden ein Forschungspraktikum und zwei Abschlussarbeiten jeweils mit allgemeinspsychologischem Thema vergeben, die parallel zu Kurzvorstellungen des Projekts im Forschungskolloquium der Professur Allgemeine Psychologie und Human Factors der TU Chemnitz präsentiert und diskutiert wurden.

## Literaturverzeichnis

- Avermann, N., & Schlüter, J. (2019). Determinants of customer satisfaction with a true door-to-door DRT service in rural Germany. *Research in Transportation Business and Management*, 32(100420). <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2019.100420>
- Barthelmes, L., Wilkes, G., Kagerbauer, M. & Vortisch, P. (2022). Ein On-Demand- und Level 4-Kleinbus auf dem Testfeld Autonomes Fahren BW–Erkenntnisse aus der begleitenden Haushaltsbefragung zu EVA-Shuttle. *Journal für Mobilität und Verkehr*, 12, 36–46. <https://doi.org/10.34647/jmv.nr12.id83>
- Brink, M., Mathieu, S., & Rüttener, S. (2022). Lowering urban speed limits to 30 km/h reduces noise annoyance and shifts exposure-response relationships: Evidence from a field study in Zurich. *Environment International*, 170, 107651. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107651>
- Gertz, C., Maaß, J.B., Grote, M., Diebold, T., Mantel, R., Röntgen, O., Stargardt, J., Werner, L., & Wolf, J. (2021). *Endbericht des Projektes TaBuLa*. <https://doi.org/10.15480/882.3611>
- Hoff, K.A., & Bashir, M. (2015). Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust. *Human Factors*, 57(3), 407-434. <https://doi.org/10.1177/0018720814547570>
- Jittrapirom, P., van Neerven, W., Martens, K., Trampe, D., & Meurs, H. (2019). The Dutch elderly's preferences toward a smart demand-responsive transport service. *Research in Transportation Business and Management*, 30, 100383. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2019.100383>
- Kostorz, N., Hilgert, T., & Kagerbauer, M. (2019). Automatisierte Kleinbusse im Öffentlichen Personennahverkehr–Akzeptanz und Nutzungsintentionen in Deutschland. *Journal für Mobilität und Verkehr*, (2), 23–32. <https://doi.org/10.34647/jmv.nr2.id14>
- Lidynia, C., Liehner, G.L., & Ziefle, M. (2021). Put some drive in your country–Need for and acceptance of autonomously operating services in rural areas of Germany. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 348–364). Cham, Switzerland: Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-80012-3\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-030-80012-3_41)
- Linke-Wittich, R., Schäper, C., Arndt, W.H., Busch, J., van der Wel, E., & Stelter, S. (2023). Akzeptanzuntersuchung von hochautomatisierten Shuttlebussen im Realbetrieb in Berlin-Tegel–Erkenntnisse zu Einstellung und Nutzung. *Journal für Mobilität und Verkehr*, 17, 14–26. <https://doi.org/10.34647/jmv.nr17.id107>
- Monsuur, F., Enoch, M., Quddus, M., & Meek, S. (2017). Impact of train and station types on perceived quality of rail service. *Transportation Research Record*, 2648(1), 51-59. <https://doi.org/10.3141/2648-06>
- Nordhoff, S., de Winter, J., Madigan, R., Merat, N., van Arem, B., & Happee, R. (2018). User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: A questionnaire study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 843–854. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.024>
- Rehme, M., Rauh, N., Döring, J., Wehner, U., Mach, S., & Götze, U. (2023). Nutzerevaluation eines vernetzten, multimodalen Mobilitätskonzeptes für ländliche Räume–Erkenntnisse aus Befragungen in der Erzgebirgsregion. In H. Proff (Ed.), *Towards the New Normal in Mobility: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte* (pp. 355–375). Wiesbaden, Germany: Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-39438-7\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-658-39438-7_22)
- Schasché, S. E., & Sposato, R. G. (2021). Systematic literature review of demand-responsive transport services. *Klagenfurt: University of Klagenfurt*.
- Stiegemeier, D., Bringeland, S., Kraus, J., & Baumann, M. (2022). “Do I really need it?": An explorative study of acceptance and usage of in-vehicle technology. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 84, 65-82. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.11.011>

Wintersberger, P., Frison, A. K., & Riener, A. (2018). Man vs. machine: comparing a fully automated bus shuttle with a manually driven group taxi in a field study. In *Adjunct Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 215–220). <https://doi.org/10.1145/3239092.3265969>